

UNIVERSITAS TERBUKA

OPTIMALISASI PERAN
SAINS
& **TEKNOLOGI**
UNTUK MEWUJUDKAN
SMART CITY



Editor:
Nurmala Pangaribuan
Inggit Winarni
Mohamad Toha
Sri Utami

UNIVERSITAS TERBUKA

OPTIMALISASI PERAN
SAINS
& **TEKNOLOGI**
UNTUK MEWUJUDKAN
SMART CITY

Editor:
Nurmala Pangaribuan
Inggit Winarni
Mohamad Toha
Sri Utami

Optimalisasi Peran Sains & Teknologi untuk Mewujudkan *Smart City*

Editor:Nurmala Pangaribuan,Inggit Winarni, Mohamad Toha, Sri Utami

Penelaah: Sri Harijati, Ida Malati Sadjati, Sri Kurniati Handayani, Nurul Huda, Agnes Puspitasari Sudarmo, Hurip Pratomo, Diki, Anak Agung Made Sastrawan Putra, Sri Listyarini, Lina Warlina, Ernik Yuliana, Pramono Sidi, Tengku Eduard Azwar Sinar, Bambang Deliyanto, Tina Ratnawati, Sitta Alief Farihati, Sumartono, Susi Sulistiana, Diarsi Eka Yani, Ludivica Endang Setijorini, Elizabeth Novi Kusumaningrum, Ribut Alam Malau, Agung Prabowo

ISBN: 978-602-392-155-3

e-ISBN: 978-602-392-158-4

Perancang Cover dan Ilustrasi: Faisal Zamil

Penata Letak : Nono Suwarno

Gambar : Dokumentasi UT dan Foto Google

Penerbit:

Universitas Terbuka

Jalan Cabe Raya, Pondok Cabe, Pamulang, Tangerang Selatan - 15418

Banten – Indonesia

Telp.: (021) 7490941 (hunting); Fax.: (021) 7490147

Laman: www.ut.ac.id.

Edisi kesatu

Cetakan pertama, Oktober2017

©2017 oleh Universitas Terbuka

Hak cipta dilindungi Undang-Undang ada pada Penerbit Universitas Terbuka

Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi



*Buku ini dibawah lisensi *Creative commons* Atribut Nonkomersial*

Tanpa turunan 3.0 oleh Universitas Terbuka, Indonesia.

Kondisi lisesi dapat dilihat pada [Http: //creativecommons.or.id/](http://creativecommons.or.id/)

Katalog Dalam Terbitan (KDT)

Optimalisasi peran sains & teknologi untuk mewujudkan *smart city*/BNBB/ editor

Nurmala Pangaribuan [et al.]. – Cet. 1; ed. 1-- . Tangerang Selatan: Universitas Terbuka, 2017. (407hal: 21 cm).

Termasuk daftar referensi.

ISBN: 978-602-392-155-3e-ISBN:978-602-392-158-4

1. *sains dan teknologi* 2. *smart city*

1. Pangaribuan, Nurmala [et al.]

600—ddc23

201700055

PENGANTAR DEKAN FMIPA

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Terbuka (FMIPA UT) kembali menyelenggarakan Seminar Nasional pada 12 Oktober 2017. Pada tahun 2017, forum ilmiah tahunan ini memilih tema “Optimalisasi Peran Sains dan Teknologi untuk Mewujudkan *Smart City*”. Bersamaan dengan penyelenggaraan Semnas, FMIPA UT juga meluncurkan buku dengan judul yang sama dengan tema Semnas. Pemilihan tema didasari oleh kebutuhan membantu mewujudkan *Smart City* atau kota cerdas, yaitu kota atau kawasan yang dikelola secara cerdas dalam penggunaan sumberdayanya. Kota cerdas adalah kota, kawasan, dan lingkungan yang memberikan rasa aman, nyaman, dan ramah bagi penghuninya secara berkelanjutan.

Buku dengan judul “Optimalisasi Peran Sains dan Teknologi untuk Mewujudkan *Smart City*” ini ditulis oleh para dosen FMIPA UT sebagai sumbangan gagasan, pemikiran, hasil kajian, dan hasil penelitian tentang berbagai hal terkait dengan upaya mewujudkan kota, kawasan, dan lingkungan yang aman, nyaman, ramah secara berkelanjutan tersebut. Ragam isi dan sudut pandang penulis buku ini mencerminkan ragam bidang ilmu dan bidang kajian para dosen FMIPA UT; antara lain bidang ilmu Biologi, Ilmu Teknologi Pangan, Agribisnis, Perencanaan Wilayah dan Kota, Statistika, serta Matematika. Ragam kajian penulis yang beragam dan dikemas secara terpadu semoga dapat memberikan sumbangan pemikiran yang bermanfaat dalam upaya mewujudkan kota cerdas.

Dukungan pimpinan UT pada semua lapisan menjadi penyemangat kami dalam mewujudkan buku ini. Ucapan terimakasih khususnya kami sampaikan kepada Rektor UT dan para Pembantu Rektor UT atas segala bentuk dukungannya kepada FMIPA UT dalam mewujudkan buku ini. Buku ini juga terwujud atas komitmen yang luar biasa dari Tim Buku yang terdiri atas para Penulis, Pereviu, Editor, serta Layouter dan Desainer. Tim telah bekerja cerdas, tidak mengenal lelah, tidak memikirkan waktu, dan tetap penuh semangat untuk menuntaskan buku ini. Terimakasih yang tidak terhingga dan penghargaan yang

setinggi-tingginya kami sampaikan kepada para penulis materi, pereviu materi dan editor sehingga berhasil membuahkan karya akademik yang isinya dapat dipertanggungjawabkan; serta kepada para *layouter* dan desainer dari P2M2 UT yang telah mengemas buku ini sehingga berpenampilan menarik. Terakhir, ucapan terima kasih dan penghargaan kami sampaikan juga kepada semua pihak yang tidak dapat disebut satu per satu atas bantuannya telah mendukung terwujudnya buku ini. Semangat, kerjasama, kerja keras, dan kerja cerdas telah membuahkan karya akademik ini. Kami yakin pengalaman yang diperoleh dari pengembangan buku ini dapat menjadi bekal yang akan menjadi pemantik (*trigger*) bagi hadirnya karya-karya akademik lainnya dari dosen FMIPA UT. Kami sadar, tulisan ini masih sangat minim jika diukur kontribusinya dalam mewujudkan kota cerdas. Namun, kami berharap tulisan karya dosen-dosen FMIPA UT ini dapat memberi manfaat dan menginspirasi pembaca untuk ikut peduli dan berupaya melakukan pengelolaan sumberdaya yang makin terbatas ini dalam menciptakan kota, kawasan, dan lingkungan yang aman, nyaman, dan ramah secara berkelanjutan.

Tangerang Selatan, 12 Oktober 2017

Dekan FMIPA UT

DAFTAR ISI

| | |
|---|------------|
| PENGANTAR DEKAN FMIPA | i |
| DAFTAR ISI | iii |
| DAFTAR TABEL | v |
| DAFTAR GAMBAR | vii |
| DAFTAR GRAFIK | xi |
| | |
| Optimalisasi Peran Sains dan Teknologi untuk Mewujudkan <i>Smart City</i> | |
| Tim Editor | 1 |
| <i>Smart Education</i> dan <i>Smart City</i> | |
| Ida Malati Sadjati | 11 |
| Reintroduksi Spesies Fauna ke Hidupan Alami Liar | |
| Budi Prasetyo..... | 35 |
| Menjinakkan Gambut untuk Pertanian | |
| Nurmala Pangaribuan..... | 61 |
| Pengelolaan Ekowisata Bahari di Kawasan Konservasi Perairan Taman Nasional Karimunjawa. | 89 |
| Ernik Yuliana..... | |
| Pengembangan Kapasitas Nelayan Menuju Perikanan Tangkap Berkelanjutan | |
| Rinda Noviyanti..... | 117 |
| Model <i>Green Building</i> di Indonesia Berbasis Konsep Kualitas <i>Dmaic Six Sigma</i> | |
| Sri Enny Triwidiastuti..... | 141 |
| Peranan Kimia Hijau (<i>Green Chemistry</i>) dalam Mendukung Tercapainya Kota Cerdas (<i>Smart City</i>) Suatu Tinjauan Pustaka | |
| Dina Mustafa..... | 167 |
| Meningkatkan <i>Water Resilience</i> untuk Menunjang <i>Smart City</i> | |
| Agus Susanto..... | 189 |
| Ketersediaan Air Bersih untuk Kesehatan: Kasus Dalam Pencegahan Diare pada Anak | |
| Sri Utami & Sri Kurniati Handayani..... | 211 |

| | |
|--|----------------|
| Pemanfaatan Tanaman Obat untuk Pencegahan dan Pengobatan Penyakit Degeneratif | |
| Mutimanda Dwisatyadini | 237 |
| Penggunaan Sel Punca Untuk Terapi Sel Jantung | |
| Diki & Soraya Habibi | 271 |
| <i>Smart City</i> Mandiri Pangan | |
| Ariyanti Hartari | 295 |
| Pemanfaatan Ilmu Aktuaria Dalam Mewujudkan Jaminan Risiko Banjir di Dalam Konsep <i>Smart City</i> | |
| Pramono Sidi | 315 |
| Implementasi <i>e-Government</i> untuk Mendorong Pelayanan Publik Yang Terintegrasi di Indonesia | |
| Vita Elysia, Ake Wihadanto, Sumartono | 353 |
| DAFTAR RIWAYAT HIDUP | 381 |

DAFTAR TABEL

Reintroduksi Spesies Fauna Ke Hidupan Alami Liar

Budi Prasetyo

| | |
|---|----|
| Tabel 1. Jenis-jenis Fauna yang Menjadi Jenis Prioritas Konservasi Nasional..... | 41 |
| Tabel 2. Kenaikan Individu pada 14 Jenis Prioritas Nasional..... | 44 |

Menjinakkan Gambut untuk Pertanian

Nurmala Pangaribuan

| | |
|--|----|
| Tabel 1. Pemanfaatan gambut berdasarkan ketebalan lapisan bawah gambut dan hidrologi..... | 66 |
| Tabel 2. Sifat Beberapa Varietas Tanaman Padi di Lahan Gambut..... | 79 |

Pengelolaan Ekowisata Bahari di Kawasan Konservasi Perairan Taman Nasional Karimunjawa

Ernik Yuliana

| | |
|--|-----|
| Tabel 1. Pembagian zona di TNKJ | 93 |
| Tabel 2. Definisi dan peruntukan setiap zona di TNKJ | 94 |
| Tabel 3. Kondisi fisika kimia perairan TNKJ | 100 |
| Tabel 4. Persentase Tutupan Karang Keras, Karang Lunak, Komponen Abiotik, dan Lainnya | 101 |

Model *Green Building* di Indonesia Berbasis Konsep Kualitas *Dmaic Six Sigma*

Sri Enny Triwidiastuti

| | |
|---|-----|
| Tabel 1. Contoh Satuan Alat Ukur Greenship pada Tahap Desain | 153 |
|---|-----|

Meningkatkan *Water Resilience* untuk Menunjang *Smart City*

Agus Susanto

| | |
|---|-----|
| Tabel 1. Ukuran Sumur Resapan Berdasarkan tipe rumah Beserta Alternatifnya | 205 |
|---|-----|

Ketersediaan Air Bersih untuk Kesehatan: Kasus Dalam
Pencegahan Diare Pada Anak

Sri Utami & Sri Kurniati Handayani

| | |
|---|-----|
| Tabel 1. Persyaratan Kualitas Air Bersih | 219 |
| Tabel 2. Persentase Rumah Tangga dengan Sumber Air Bersih yang Layak menurut Provinsi Tahun 2012-2015 | 222 |

DAFTAR GAMBAR

Menjinakkan Gambut Untuk Pertanian

Nurmala Pangaribuan

| | |
|--|----|
| Gambar 1. Pengelolaan Lahan Gambut di Ulin Kalimantan Selatan..... | 62 |
| Gambar 2. Lahan Gambut Terbakar, Ketebalan >1m..... | 71 |
| Gambar 3. Usahatani sayuran di lahan gambut wilayah Kalimantan Selatan..... | 75 |

Pengelolaan Ekowisata Bahari di Kawasan Konservasi Perairan
Taman Nasional Karimunjawa

Ernik Yuliana

| | |
|---|-----|
| Gambar 1. Kepulauan Karimunjawa dan Zonasinya..... | 93 |
| Gambar 2. Salah satu pantai di Karimunjawa..... | 98 |
| Gambar 3. Perairan Karimunjawa..... | 99 |
| Gambar 4. Kelimpahan lima famili utama ikan karang pada 2010 dan 2013..... | 102 |
| Gambar 5. Ekosistem mangrove di Pulau Kemujan..... | 105 |
| Gambar 6. Tutupan karang (%) periode 2006-2013 | 108 |

Model *Green Building* di Indonesia Berbasis Konsep Kualitas
Dmaic Six Sigma

Sri Enny Triwidiastuti

| | |
|--|-----|
| Gambar 1. Bangunan Hijau di Jakarta | 155 |
| Gambar 2. Model Konsep Six Sigma | 160 |

Meningkatkan *Water Resilience* untuk Menunjang *Smart City*

Agus Susanto

| | |
|--|-----|
| Gambar 1. Integrasi Pembangunan Perkotaan yang Berkelanjutan dan Pengelolaan Air Perkotaan yang Berkelanjutan | 195 |
| Gambar 2. Salah Satu Model <i>Smart City</i> | 198 |

| | | |
|------------------|--|-----|
| Gambar 3. | Jalan Menuju <i>Water Smart City</i> untuk mendukung <i>Smart City</i> | 200 |
| Gambar 4. | Retention Pound Daerah Perkotaan | 202 |
| Gambar 5. | Detention Pound Daerah Perkotaan | 203 |
| Gambar 6. | Penampang Sungai dan Posisi Pengembangan Dam Parit yang Letaknya di Hulu DAS | 203 |
| Gambar 7. | Salah Satu Cara Penampungan Air Hujan (PAH) Lewat Atap | 204 |

Pemanfaatan Tanaman Obat untuk Pencegahan dan Pengobatan Penyakit Degeneratif

Mutimanda Dwisatyadini

| | | |
|------------------|--|-----|
| Gambar 1. | Sosialisasi oleh Puskesmas Kecamatan Pasar Rebo dengan pergerakan Pembinaan Kesejahteraan Keluarga (PKK) | 249 |
| Gambar 2. | Hasil Hidroponik dan Apotik Hidup di beberapa rumah Warga RT 011, RW. 003, Kalisari, Pasar Rebo, Jakarta Timur | 249 |

Penggunaan Sel Punca Untuk Terapi Sel Jantung

Diki & Soraya Habibi

| | | |
|------------------|--|-----|
| Gambar 1. | Diagram Alat Sensor Internet of Bio-Nano Things dan Contoh Sebuah Sel Mahluk Hidup | 274 |
| Gambar 2. | Perbedaan Kemampuan Regenerasi Sel Jantung Neonatus dan Sel Jantung Tikus Dewasa | 278 |
| Gambar 3. | Contoh Penerapan IBNT dalam Tubuh Manusia | 285 |

Smart City Mandiri Pangan

Ariyanti Hartari

| | | |
|------------------|---|-----|
| Gambar 1. | Unsur Ketahanan Pangan dan Indikatornya | 298 |
| Gambar 2. | Fungsi Pertanian Kota | 305 |

Implementasi E-Government untuk Mendorong Pelayanan
Publik Yang Terintegrasi di Indonesia

Vita Elysia, Ake Wihadanto, Sumartono

- Gambar 1.** Berbagai Aplikasi yang Dikembangkan oleh
Pemerintah Kota Bandung 371
- Gambar 2.** Tahapan Pengembangan *Smart City* 376

DAFTAR GRAFIK

Pemanfaatan Tanaman Obat untuk Pencegahan dan Pengobatan Penyakit Degeneratif

Mutimanda Dwisatyadini

- Grafik 1.** Penyakit degeneratif yang diderita warga Rt 011, Rw 003, Kalisari, Jakarta Timur. 250
- Grafik 2.** Data Deskriptif Usia Warga Rt 011, Rw 003, Kalisari, Jakarta Timur, yang Menderita Penyakit Degeneratif. 251
- Grafik 3.** Data Deskriptif Jenis Kelamin Warga Rt 011, Rw 003, Kalisari, Jakarta Timur, yang Menderita Penyakit Degeneratif. 252
- Grafik 4.** Pendidikan warga Rt 011, Rw 003, Kalisari, Jakarta Timur, yang Menderita Penyakit Degeneratif. 253
- Grafik 5.** Pengetahuan warga Rt 011, Rw 003, Kalisari, Jakarta Timur, yang Menderita Penyakit Degeneratif Terhadap Tanaman Obat Keluarga. 254
- Grafik 6.** Sumber Informasi yang didapatkan warga RT 011, Kalisari, Jakarta Timur, yang Menderita Penyakit Degeneratif Mengenai Tanaman Obat Keluarga. 255
- Grafik 7.** Jenis Tanaman Obat Keluarga (TOGA) yang digunakan warga RT 011, Kalisari, Jakarta Timur, yang Menderita Penyakit Degeneratif Mengenai Tanaman Obat Keluarga. 256

OPTIMALISASI PERAN SAINS DAN TEKNOLOGI UNTUK MEWUJUDKAN *SMART CITY*

Tim Editor

Kualitas hidup yang baik, menyenangkan dan membahagiakan adalah dambaan semua orang. Salah satunya dapat difasilitasi dengan pemanfaatan teknologi informasi dan komunikasi yang tepat guna. Pemanfaatan teknologi tepat guna ini menjadi dambaan manusia perkotaan untuk mewujudkan kota sebagai tempat yang nyaman huni dan sehat. Sebagaimana diketahui, sebagian besar (56,7%) penduduk Indonesia saat ini hidup di perkotaan dan angka ini akan mencapai 60.0% pada tahun 2025 (Badan Pusat Statistik, 2017). Mereka dihadapkan pada beragam permasalahan perkotaan yang mengganggu kualitas hidup dan kehidupan, yang muncul akibat keberadaan lingkungan yang padat, kumuh, tidak terawat; transportasi yang padat dan tidak beraturan; lingkungan sosial yang kurang aman dan kondusif; serta situasi ekonomi yang tidak menentu. Berbagai masalah ini apabila dibiarkan dan tidak ditangani dengan baik akan berdampak pada kualitas hidup sehat dalam arti luas. Bagaimana cara mewujudkan kualitas hidup di perkotaan yang layak huni, nyaman, dan sehat? Konsep *smart city* merupakan salah

satu alternatif solusi yang dapat dicoba untuk dapat diimplementasi dalam merintis dan mewujudkan kualitas hidup perkotaan yang layak huni, nyaman, dan sehat.

Smart city (kota cerdas) adalah kota yang masyarakatnya mampu mengelola sumber daya dengan efisien, dalam arti “mampu memaksimalkan investasi sumberdaya manusia, transportasi, dan infrastruktur teknologi informasi untuk meningkatkan pertumbuhan ekonomi dan kenyamanan hidup” (Caragliu, Del, & Nijkamp, 2009). *Smart city* memiliki enam karakteristik, yaitu *smart economy*, *smart mobility*, *smart environment*, *smart people*, *smart living*, dan *smart governance* (Albino, Berardi, and Dangelico, 2015). *Smart economy* adalah pengembangan ekonomi kota yang berorientasi pada upaya untuk menyejahterakan masyarakat melalui upaya meningkatkan kegiatan-kegiatan kewirausahaan, membangun dan meningkatkan semangat produktifitas, melakukan dan meningkatkan upaya-upaya promosi produk-produk lokal, dan melakukan inovasi budaya terkait dengan *e-commerce* dan *e-business*. *Smart mobility* terkait dengan upaya perbaikan dan peningkatan kualitas infrastruktur, yang lebih menekankan pada aspek aksesibilitas transportasi berbasis telekomunikasi dan informatika sebagai faktor utama untuk meningkatkan efisiensi dan daya saing sebuah kota. *Smart living* terkait dengan paradigma yang mengacu pada efisiensi, efektivitas, dan kepraktisan dalam gaya hidup. *Smart people* adalah infrastruktur sosial yang terdiri atas modal intelektual dan modal sosial yang sangat diperlukan *smart city* karena mereka memiliki kemampuan belajar sepanjang hayat, bersikap plural secara sosial dan etnis, fleksibel, kreatif, berfikiran terbuka, dan selalu terlibat dan berpartisipasi dalam kegiatan kemasyarakatan (Nam and Pardo, 2011). *Smart governance* atau tata kelola pemerintahan yang cerdas merupakan komponen *smart city* yang sangat penting karena merupakan muara inisiatif kebijakan pengembangan *smart city*. Aspek-aspek esensial dalam *smart governance* antara lain adalah keterlibatan publik dalam pengambilan keputusan dan transparansi pemerintahan serta ketersediaan layanan publik (Ministry of Environment, Sustainable, Development, and Disaster, and Beach Management, 2015). Menurut Prihadi (2016)

standar *smart city* yang sedang dikembangkan di Indonesia mengacu pada standar internasional tersebut.

Sebagai wujud kepedulian FMIPA UT dalam mengoptimalkan peran sains dan teknologi, khususnya untuk mewujudkan *smart city*, para dosen menampilkan tulisan yang relevan dengan konsep *smart city* tersebut. Buku ini merupakan kontribusi hasil eksplorasi pemikiran para penulis dari Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Terbuka (UT) yang terkait dengan elemen-elemen *smart city*. Dalam kaitannya dengan tema Seminar “Optimalisasi Peran Sains dan Teknologi untuk Mewujudkan *Smart City*”, berbagai aspek yang berhubungan dengan upaya untuk mewujudkan *smart city* tercermin dalam judul-judul bab buku ini.

Secara umum, isi buku ini menggambarkan adanya berbagai sudut pandang dalam membangun *smart city*. Sudut pandang yang pertama adalah pengembangan prasarana dan sumberdaya alam. Dalam sudut pandang ini, topik yang dibahas adalah penerapan ilmu aktuaria dalam pencegahan banjir, pengembangan lahan gambut, kemandirian pangan, ekowisata perairan, penyediaan air bersih, *water resilience* (ketahanan air), reintroduksi satwa liar, model bangunan hijau, dan *green chemistry* (kimia hijau). Sudut pandang kedua adalah pengembangan kesehatan. Beberapa tulisan yang termasuk dalam sudut pandang ini adalah penggunaan sel punca untuk terapi sel jantung dan pemanfaatan tanaman obat untuk menjaga dan meningkatkan kesehatan masyarakat. Selain itu, ada juga pembahasan *smart city* terkait dengan pengembangan sistem. Sudut pandang ini berupa implementasi *smart government*, *smart education*, dan pengembangan kapasitas nelayan dalam *smart city*.

Tulisan Ida Malati Sadjati, *Smart Education* dan *Smart City*, membahas tentang upaya-upaya yang perlu dilakukan dalam bidang pendidikan untuk mendukung terciptanya *smart city*. Penulis menawarkan konsep *smart education*, yaitu program pendidikan yang memanfaatkan keterampilan abad ke-21 dalam proses pembelajarannya; yaitu proses pendidikan yang mengintegrasikan aspek kehidupan sebagai sumber belajar (*learning sources*), materi belajar (*learning material*), dan tujuan pembelajaran (*learning objectives*); sehingga proses pembelajaran menjadi “lebih hidup”,

bermakna dan kontekstual dengan lingkungannya. Pada tataran praktis, penulis menggarisbawahi perlu adanya perubahan “mindset” dari para pengambil kebijakan di bidang pendidikan, para pengelola pendidikan, para guru, para siswa, dan para orang tua serta masyarakat umum terhadap adanya pergeseran paradigma pendidikan ini.

Dalam perspektif *smart environment*, *smart city* juga memerlukan adanya hidupan liar yang mendukung kelestarian alam. Adanya hidupan liar, khususnya hewan, membantu menjaga kestabilan ekosistem dan berfungsi menjaga keindahan kota. Velpuri & Pidugu (2015) mengemukakan pentingnya keragaman hayati atau biodiversitas di lingkungan kota. Adanya biodiversitas ini berguna dalam berbagai hal, misalnya penyediaan sumber air, fungsi rekreasi, maupun dalam penyediaan sumberdaya biologi. Tulisan Budi Prasetyo menjelaskan bahwa reintroduksi hewan liar di lingkungan kota dapat dilakukan untuk memajukan ekosistem kota.

Tidak hanya di dalam wilayah kota saja, suatu *smart city* perlu didukung ekosistem penyangga yang menjamin kesehatan lingkungan kota. Disamping itu, suatu *smart city* harus mempertimbangkan dampak aktivitasnya bagi kelestarian lingkungan di luar wilayah kota itu. Tulisan Nurmala Pangaribuan tentang pengolahan lahan gambut menjelaskan fungsi pertanian lahan gambut yang berada di luar wilayah kota. Pemanfaatan lahan gambut perlu memperhatikan dampaknya, seperti pembakaran untuk mengolah lahan. Hal ini dapat mengakibatkan polusi udara akibat asap dari pembakaran. Pengelolaan lahan gambut yang tidak tepat juga dapat menambah emisi gas rumah kaca, sehingga merusak kelestarian lingkungan, termasuk di wilayah perkotaan yang berlokasi jauh dari lahan gambut tersebut. Upaya-upaya yang dapat dilakukan untuk menjinakkan lahan gambut ini agar tercipta lingkungan yang sehat, bebas polusi, dan polutan (*smart environment*) adalah dengan melakukan konservasi dan optimalisasi pemanfaatan lahan gambut yang dilakukan melalui penyiapan lahan, pengelolaan air, pemilihan komoditas, dan pengaturan pola tanam sesuai dengan karakteristik dan penyebarannya.

Di sisi lain, aktivitas manusia juga dapat memberikan pengaruh terhadap perwujudan *smart city*, terutama aktivitas yang berdampak langsung dan merusak lingkungan. Untuk daerah pantai misalnya, perlu ada perhatian atas pengaruh polutan dan aktivitas manusia bagi kelestarian obyek wisata bahari. Partisipasi masyarakat sangat penting untuk keberhasilan suatu lokasi pariwisata (Idajati, Pamungkas, dan Kukinul, 2015). Ernik Yuliana menulis tentang pemanfaatan wilayah ekowisata di Karimun Jawa. Penulis menjelaskan perlunya pemahaman atau kesadaran para wisatawan yang datang terhadap kelestarian pesisir dan laut, serta konsep ekowisata. Sementara itu, perikanan berkelanjutan (*sustainable fisheries*) mulai dijadikan agenda dunia pada tahun 1995 dan dicapai melalui pengelolaan perikanan yang tepat dan efektif. Kondisi tersebut umumnya ditandai dengan meningkatnya kualitas hidup dan kesejahteraan manusianya (*smart living*) serta juga terjaganya kelestarian sumber daya ikan dan kesehatan ekosistemnya (*smart environment*). Nelayan merupakan salah satu aktor utama dalam perikanan tangkap. Kapasitas nelayan dipengaruhi oleh keterampilan mereka dalam melakukan operasi penangkapan ikan. Tulisan Rinda Noviyanti ini menjelaskan tentang perumusan strategi yang perlu dilakukan untuk terwujudnya kapasitas nelayan yang dapat menunjang pengelolaan perikanan tangkap berkelanjutan, seperti pengembangan kemitraan dan pengembangan sarana prasarana pendidikan formal dan non-formal, peningkatan manajemen usaha, peningkatan profesionalisme SDM, serta peningkatan sistem kontrol dan sistem jual-beli.

Masih dalam konteks *smart environment*, buku ini juga mengulas tentang permodelan *green building*, *green chemistry*, ketahanan dan ketersediaan air. *Green building* merupakan suatu konsep yang mengutamakan perencanaan, konstruksi, dan pengelolaan bangunan yang hemat energi yang menjamin kesehatan penghuninya. Bangunan yang sehat bagi penghuninya sangat penting karena menurut WHO, 30% bangunan di dunia mengalami masalah dalam kualitas udaranya. Artikel yang ditulis oleh Sri Enny Triwidiastuti menjelaskan penerapan konsep DMAIC Six Sigma untuk perancangan *green building*. Sedangkan dalam perspektif *green chemistry*, proses pengolahan zat-zat kimia secara efektif dan aman merupakan salah

satu alternatif yang dapat diterapkan dalam suatu *smart city*. Artikel yang ditulis oleh Dina Mustafa dalam buku ini memaparkan peranan kimia hijau dalam mendukung tercapainya kota cerdas. Keuntungan dari penerapan kimia hijau adalah manajemen perkotaan menjadi lebih berkelanjutan dengan pemanfaatan energi lebih efisien dan pemanfaatan anggaran menjadi lebih efektif. Hal-hal yang disoroti dalam kimia hijau dalam tulisan ini meliputi, infrastruktur, transportasi, energi, limbah, konsumsi bahan mentah, dan sistem pengelolaan air. Berkaitan dengan pengelolaan air, ketahanan dan ketersediaan air menjadi salah satu komponen vital yang merupakan parameter pencapaian keberhasilan *smart environment*. Untuk mencapai ketahanan air, Agus Susanto dalam tulisannya menjelaskan bahwa prinsip yang digunakan adalah ketersediaan (*availability*), aksesibilitas (*accessibility*), berkelanjutan (*sustainability*), dan keamanan (*security*). Konsep pengembangan *water resilience* merujuk pada konsep *Smart Water City*. Konsep ini mencakup penyediaan sumber air, drainase, pengolahan air limbah, dan daur ulang air.

Di sisi lain, krisis air bersih masih menjadi permasalahan global, termasuk di perkotaan Indonesia. Rendahnya ketersediaan air bersih memberikan dampak buruk pada semua sektor terutama di sektor kesehatan. Tulisan Sri Utami dan Sri Kurniati dalam buku ini akan mengkaji tentang pentingnya ketersediaan air bersih untuk kesehatan, khususnya dalam kasus pencegahan diare pada anak. Keberadaan inovasi teknologi modern seperti *grey water* bio rotasi, desalinasi air laut ataupun sistem reverse osmosis diharapkan mampu menjadi alternatif solusi permasalahan air bersih dan sehat di perkotaan.

Smart living yang merupakan salah satu dimensi dari *smart city*, dapat diwujudkan dalam bentuk peningkatan kualitas kesehatan baik yang bersifat preventif dan kuratif. Dampak dari pertumbuhan kota yang besar berisiko membuat masyarakat rentan terhadap penyakit degeneratif. Tulisan Mutimanda Dwisatyadini dalam buku ini membahas pemanfaatan tanaman obat untuk mengatasi penyakit degeneratif. Penggunaan tanaman obat sudah disosialisasikan oleh pemerintah dalam program *Primary Health Care* dan *Smart Government*. Tanaman obat yang ada di sekitar warga, yang dapat ditanam di pekarangan diharapkan dapat dengan mudah

dimanfaatkan sebagai pengobatan alternative. Secara spesifik tulisan ini berisi paparan tentang persentase penyakit yang diderita masyarakat di Jakarta Timur, persentase tanaman obat yang digunakan warga untuk mengobati penyakit yang diderita, penyediaan fasilitas kesehatan yang menyediakan informasi tentang layanan obat, dan upaya mengubah pola pikir masyarakat perkotaan dalam memanfaatkan tanaman obat (*smart living*) untuk mengatasi penyakit degeneratif.

Berkaitan dengan penyakit degeneratif, infark jantung diperkirakan menjadi penyebab kematian terbesar di dunia pada tahun 2030. Salah satu alternatif pengobatan infark jantung adalah dengan sel punca (*smart healthcare/smart living*). Sel punca merupakan sel yang menyerupai sel embrio dalam tubuh manusia dewasa, yang dapat meregenerasi sel tubuh yang sudah rusak. Tulisan Diki dan Soraya Habibi menggambarkan upaya penggunaan teknologi informasi, terutama yang berbasis internet of things (IoT) dalam menunjang penelitian tentang penggunaan sel punca untuk mengganti jaringan jantung yang rusak. *Internet of Things* berarti peralatan sensor elektronik yang terkoneksi satu sama lain melalui internet dan dapat berhubungan secara otonom satu sama lain.

Untuk menjaga kualitas hidup di perkotaan, peran pangan juga perlu mendapat perhatian. Ariyanti Hartari membahas kemandirian pangan dalam persepektif *smart city*. Tulisannya mengupas tentang kewajiban negara mewujudkan ketersediaan, keterjangkauan, dan pemenuhan konsumsi pangan yang cukup, aman, bermutu, dan bergizi seimbang, baik pada tingkat nasional maupun daerah hingga perseorangan yaitu dengan memanfaatkan sumber daya, kelembagaan, dan budaya lokal. Pertanian kota (*urban agriculture*) merupakan salah satu solusi yang ditawarkan untuk membangun ketahanan dan kemandirian pangan masyarakat perkotaan, baik secara kuantitas, kualitas, dan keberlanjutannya. Pertanian kota dapat dilakukan secara vertikal maupun horisontal, di lingkungan perkotaan maupun pinggiran kota, di sektor pertanian, perikanan, peternakan maupun sinergi ketiganya.

Selain komponen-komponen di atas, penerapan ilmu aktuaria juga menjadi salah satu solusi alternatif pendukung dalam pencapaian

smart city. Pembuatan model untuk penjaminan risiko banjir bagi penduduk yang tinggal di perkotaan merupakan salah satu contohnya. Tulisan Pramono Sidi mengkaji penggunaan ilmu aktuaria yang dapat membantu penjaminan risiko terjadinya bencana ini. Tulisan tentang model untuk penjaminan risiko banjir ini diawali dengan pemahaman konsep risiko dan asuransi, kemudian menampilkan permodelan matematika berdasarkan Muskingum (Hendri & Inra, 2007). Metode Muskingum digunakan untuk memperkirakan potensi terjadinya banjir berdasarkan data pengukuran debit pada bagian hulu dan hilir sungai pada waktu bersamaan. Permodelan matematika juga digunakan untuk menganalisis model evaluasi premi asuransi terhadap risiko kerusakan bangunan akibat banjir. Dengan adanya kepastian jaminan melalui penerapan ilmu aktuaria ini, masyarakat diharapkan merasa aman dalam menjalani kehidupan.

Terakhir, buku ini juga mengkaji peran penting keterlibatan pemerintah dalam pencapaian *smart city*. Implementasi konsep *e-government* untuk mendorong pelayanan publik yang terintegrasi di Indonesia merupakan topik yang ditulis oleh Vita Elysia, Ake Wihadanto, dan Sumartono. Isi tulisan ini mengenai pengertian dan manfaat *e-government*. Penulis menjelaskan tahapan dan kriteria dalam pengembangan *e-government* serta memberikan contoh berupa studi kasus *e-government* di Bandung dan Surabaya. Adanya berbagai perspektif dalam buku ini, terutama berkaitan dengan peran sains dan teknologi, diharapkan mampu mengoptimalkan pencapaian *smart city* khususnya di perkotaan Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Albino, V., Berardi, U. and Dangelico, R.M. (2015). Smart cities: definitions, dimensions, performance, and initiatives. *Journal of Urban Technology*, 22 (1), pp. 3-21.
- Badan Pusat Statistik (2017). Persentase penduduk daerah perkotaan menurut provinsi, 2010-2035. Diakses tanggal 04 Oktober 2017, dari <https://www.bps.go.id/linkTabelStatis/view/id/1276>.
- Caragliu, A., Del, B. C., & Nijkamp, P. (2009). Smart cities in Europe. Amsterdam: Vrije Universiteit, Faculty of Economics and Business Administration.
- Hendri, A., & Inra, M. S. (2007). *Pemodelan penelusuran banjir dengan Metode Muskinghum*. Paper. Riau: Lembaga Penelitian Universitas Riau.
- Idajati, H., Pamungkas, A., & Vely, K. S. (2016). The Level of participation in mangrove ecotourism development, Wonorejo Surabaya. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 227, 515-520.
- Ministry of Environment, Sustainable Development, and Disaster and Beach Management (2015). Environmental guideline for smart cities. Diakses tanggal 04 Oktober 2017, dari <http://www.investmauritus.com/media/302490/Environmental-Guideline-for-smart-citiesdocx-July-2015.pdf>
- Nam, T. & Pardo, T. A. (2011). Conceptualizing smart city with dimensions of technology, people, and institutions. *The Proceedings of the 12th Annual International Conference on Digital Government*. Albany, NY: Research Center for Technology in Government University at Albany, State University of New York.
- Prihadi, S. D. (2016). *Mencari standar definisi smart city*. Diakses tanggal 6 September 2017, dari

<https://www.cnnindonesia.com/teknologi/20161130134019-185-176347/mencari-standar-definisi-smart-city/>.

Velpuri, M. & Pidugu, A. (2015). Enabling smart and sustainable cities through realstate and city biodiversity indices. FIG Working week 2015. Paper presented at From the Wisdom of the Ages to the Challenges of the Modern World, Sofia, Bulgaria, 17-21 May 2015.

SMART EDUCATION DAN SMART CITY

Ida Malati Sadjati

PENDAHULUAN

Perkembangan Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) sangat berpengaruh dalam kehidupan kita, terutama telah mengubah cara kita bekerja, belajar dan membangun relasi sosial. Dalam bidang pekerjaan, TIK telah banyak membantu kita dalam mengambil keputusan bersama, berbagi informasi, berkolaborasi, dan melakukan inovasi. Hal ini menyebabkan pekerjaan dapat dilakukan dengan cepat dan efisien. Konsekuensi logisnya adalah para pekerja masa kini dituntut tidak saja memahami pekerjaan yang harus dilakukannya, tetapi juga terampil menggunakan TIK dan menguasai kompetensi-kompetensi tersebut di atas. Sehingga, sekarang ini indikator kesuksesan seseorang dilihat dari kemampuannya dalam berkomunikasi, berbagi informasi dan pengetahuan, dan menggunakan informasi yang tepat dalam memecahkan masalah yang kompleks; kemampuan beradaptasi dan berinovasi dalam menanggapi

tantangan baru dan perubahan keadaan, serta memanfaatkan dan memperluas kekuatan teknologi untuk penciptaan pengetahuan baru (Pacific Policy Research Center, 2010). Sebagaimana kita ketahui, industri berbasis manufaktur yang semula bersifat padat karya telah bergeser menjadi industri jasa yang digerakkan oleh informasi, pengetahuan dan inovasi. Jenis pekerjaan juga telah bergeser dari industri manufaktur ke pekerjaan berbasis layanan, terutama layanan informasi. Hal ini menyebabkan pekerja masa kini perlu memiliki keterampilan yang dapat mempersiapkan mereka memasuki dunia kerja berbasis layanan dan pengetahuan (IBM, 2012). Dengan demikian, agar para pekerja dapat bertahan di dunia kerja yang semakin bersaing, maka mereka perlu menyesuaikan dan meningkatkan keterampilan dan kompetensi bekerjanya dengan tuntutan jaman sekarang. Jika sebelumnya, mereka cukup memiliki pengetahuan dan keterampilan terbatas untuk menyelesaikan pekerjaan yang dapat dilakukannya seorang diri, sekarang hal tersebut tidak cukup. Karakteristik pekerjaan sekarang lebih bersifat kolaboratif. Keterampilan menggunakan TIK, salah satunya, menjadi kompetensi yang penting dikuasai para pekerja, karena untuk menyelesaikan pekerjaan diperlukan data, informasi dan berkomunikasi dengan pihak terkait lainnya. Tanpa menggunakan TIK, sulit semua kebutuhan data, informasi, dan komunikasi, dapat diperoleh dengan segera. Akibatnya, penyelesaian pekerjaan akan terhambat.

Dalam kehidupan sehari-hari, pemanfaatan TIK untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi hidup manusia di perkotaan telah banyak dipraktekkan, salah satunya melalui pengembangan konsep kota cerdas (*smart city*). *Smart city* adalah tempat di mana orang ingin hidup, bekerja, berkreasi, dan bermain dengan nyaman dan aman (IBI, 2017). Dalam *smart city*, TIK dimanfaatkan untuk meningkatkan daya saing ekonomi dan kualitas hidup penghuninya, meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya, dan menjaga kelestarian lingkungan. Sebagai contoh, TIK dimanfaatkan untuk mengoptimalkan mobilitas manusia dan manajemen jaringan berdasarkan kondisi *real-time*; merancang kamar rumah sakit yang mengedepankan upaya percepatan pemulihan pasien dan

pengurangan penularan penyakit; mengoptimalkan pengoperasian infrastruktur penting untuk menganalisis permintaan energi dan prakiraan cuaca.

Pada hakikatnya, ketersediaan dan kualitas infrastruktur TIK bukan satu-satunya karakteristik *smart city*. Hal lain yang lebih penting dari TIK adalah peran manusia (*smart people*) dan pendidikan dalam pembangunan perkotaan. *Smart people*, dalam hal ini adalah mereka yang memiliki kemampuan belajar sepanjang hayat, bersikap plural secara sosial dan etnis, fleksibel, kreatif, berpikiran terbuka, dan selalu terlibat dan berpartisipasi dalam kegiatan kemasyarakatan (Nam & Pardo, 2011). Sebagai warga negara, *smart people* sebetulnya merupakan subjek terpenting dari *smart city*, namun mereka sering diabaikan. Oleh karenanya, keberhasilan membangun *smart city* tidak boleh hanya dinilai dari kesuksesan dalam memanfaatkan TIK untuk pembangunan infrastruktur, tetapi perlu dilihat bagaimana teknologi tersebut bermanfaat sebanyak-banyaknya untuk kepentingan publik (Dameri, 2013).

Smart city menghargai kemampuan warganya untuk belajar, beradaptasi, dan berinovasi. Hal ini dapat dilakukan melalui penyediaan layanan pendidikan cerdas (*smart education*). Konsep *smart education* memainkan peran penting dalam meningkatkan kinerja fisik kota, sementara pada saat yang sama juga mempersiapkan sumber daya manusia (SDM) masa kini untuk hidup di dunia yang semakin kompleks dan semakin berorientasi pada teknologi masa depan. Mempersiapkan SDM dengan kompetensi dan kualifikasi seperti itu tidaklah mudah dan sederhana, karena menyangkut perbaikan dan peningkatan berbagai aspek pendidikan yang sangat kompleks, yang terkait satu sama lain.

Pada tataran mikro, untuk membekali para SDM dengan keterampilan baru dibutuhkan strategi/metode pembelajaran baru. Oleh karenanya, diperlukan upaya pembenahan sistem pendidikan yang komprehensif, terutama melakukan pergeseran paradigma pendidikan, dari konsep pendidikan yang pada umumnya menitikberatkan pada penguasaan pengetahuan sebanyak-banyaknya, ke konsep pendidikan abad 21, yang menekankan pada kemampuan berpikir kritis, kemampuan bekerja sama dalam tim, kemampuan

menggunakan TIK sebagai alat kerja, dan kemampuan hidup bersama di dunia yang semakin kompetitif (Griffin, Mc.Graw, & Core, 2012). Melakukan pergeseran paradigma pendidikan semacam ini tidaklah mudah dan sederhana, karena dibutuhkan perubahan pola berpikir dan pola bertindak dari semua pihak terkait, seperti pengambil kebijakan di bidang pendidikan, para guru, para siswa, para pengelola pendidikan, dan masyarakat. Oleh karenanya, agar konsep *smart education* dapat diimplementasikan, khususnya di Indonesia, maka secara makro perlu dilakukan penataan sistem pendidikan yang sistematis dan komprehensif, dari mulai pendidikan dasar, pendidikan menengah, sampai dengan pendidikan tinggi. Pada tataran mikro, perlu juga dilakukan penataan proses pendidikan, terutama proses pembelajaran, dari yang semula hanya menekankan pada penguasaan pengetahuan sebanyak-banyaknya oleh siswa; yang ditandai dengan waktu mengajar guru yang banyak untuk ceramah; menjadi proses pembelajaran yang lebih mengaktifkan siswa untuk mencari dan menemukan ilmu pengetahuan, teknologi dan seni, serta memecahkan masalah serta membangun pengetahuan secara aktif.

SMART EDUCATION

Abad ke-21 menuntut keterampilan dan kompetensi dari orang-orang agar dapat hidup secara efektif, baik di kala bekerja maupun di kala senggang. *Smart education* perlu dirancang, dikembangkan, dan diimplementasikan agar dapat memfasilitasi pengembangan SDM di *smart city*. Konsep *smart education* didefinisikan secara beragam oleh berbagai pihak, tergantung dari maksud dan tujuan masing-masing. Gunawan (2013) mengajukan konsep *SMART Education* sebagai akronim dari *Socio-Multicultural-Art-Reality-Technology*. Dalam konteks ini, *SMART Education* merupakan konsep dan gagasan mengenai integrasi aspek kehidupan sebagai sumber belajar (*learning sources*), materi belajar (*learning material*), dan tujuan pembelajaran (*learning objectives*). Melalui implementasi konsep *SMART Education* ini, para siswa diharapkan mampu menjadi subjek sekaligus objek pendidikan. Mereka dijamin untuk bebas berpikir dan bereksplorasi terhadap lingkungan dimana dia hidup dan menjalani kehidupan.

Dengan demikian, melalui *SMART Education* yang dilaksanakan dengan baik diharapkan setiap orang menjadi individu yang bermanfaat bagi kehidupan dan menjadi individu yang berusaha terus belajar dan menggali potensi untuk kehidupan yang lebih baik. Disamping itu, lingkungan sosial, multikultural, kesenian, realita dan teknologi yang dikemas sedemikian rupa diharapkan dapat menjadi bahan bakar yang dapat digunakan untuk meningkatkan performa pendidikan di masa datang, dimana dunia telah bergeser menjadi dunia tanpa batas, *cyberworld*, *networkinglife*, dan *conectingworld*.

Pemerintah Korea juga menggunakan istilah *SMART Education*. Di Korea, *SMART* merujuk pada *self-directed* (terkait dengan kemampuan mengarahkan diri sendiri dalam belajar), *interest* (terkait dengan minat dan motivasi dalam belajar), *adaptif* (terkait dengan bakat dan kemampuan dalam menyesuaikan diri), *enriched learning resources* (terkait dengan pemanfaatan bahan pembelajaran yang kaya informasi) dan *technology utilization* (terkait dengan pemanfaatan TIK) (Kim, Cho, & Lee, 2012). Pada tataran praktisnya, *SMART Education* di Korea ini merupakan sistem pendidikan yang dirancang untuk memperkuat kemampuan siswa abad ke-21 dengan menawarkan solusi pembelajaran cerdas sesuai tuntutan keadaan, yang bertujuan menjadi inovasi sistem pendidikan termasuk lingkungan, metode, dan evaluasi pendidikan. Di sisi lain, Rothman (2007) seorang pakar pendidikan berpendapat bahwa *smart education* merupakan sistem pendidikan yang lincah, adaptif, dan efisien karena mampu memfasilitasi dan memberikan dukungan yang beragam kepada kelompok siswa yang beragam pula kebutuhannya.

Jika ditarik benang merahnya dari beberapa konsep *smart education* di atas, maka *smart education* dapat diartikan sebagai program pendidikan yang memanfaatkan keterampilan abad ke-21 dalam proses pembelajarannya; proses pendidikan yang mengintegrasikan aspek kehidupan sebagai sumber belajar (*learning sources*), materi belajar (*learning material*), dan tujuan pembelajaran (*learning objectives*); sehingga proses pembelajaran menjadi “lebih hidup”, bermakna dan kontekstual dengan lingkungannya; serta merupakan suatu inovasi sistem pendidikan yang komprehensif, meliputi inovasi terhadap lingkungan, metode dan evaluasi

pendidikannya. Dengan demikian, melalui *smart education* diharapkan mampu diciptakan sistem pendidikan “kekinian”, yang mampu menghantar SDM menjadi manusia yang terdidik dan terampil dalam mencipta, berbagi, menyebarkan dan memanfaatkan pengetahuan secara efektif. Disamping itu, melalui *smart education* juga diharapkan dapat dihasilkan SDM yang memiliki kemampuan belajar sepanjang hayat (*life-long learners*), yang mampu berkontribusi secara positif bagi kehidupan, menjadi pebelajar abad ke-21 yang cerdas dan terampil menyesuaikan diri; serta menjadi SDM yang memiliki keterampilan global berkualitas tinggi (Batagan & Boja, 2012), yang tentunya sangat dibutuhkan untuk membangun *smart city*.

KETERAMPILAN ABAD 21 (21ST CENTURY SKILLS)

Dunia ilmu pengetahuan, bisnis dan organisasi sosial sama-sama membutuhkan orang-orang yang memiliki “keahlian dan kompetensi abad kedua puluh satu” (OECD dalam Noweski *et al.*, 2012). Namun, dalam prakteknya “keahlian dan kompetensi abad kedua puluh satu” diartikan beragam oleh berbagai institusi (Dede, 2009). *The Organization for Economic Cooperation and Development/OECD* mengidentifikasi karakteristik pendidikan abad ke-21 ke dalam empat kemampuan, yaitu cara berpikir, alat bekerja, cara kerja, dan cara hidup di dunia (Ananiadou & Claro, 2009). *Partnership for 21st Century Learning*; di lain pihak, mengusulkan sebuah kerangka kerja untuk pembelajaran abad ke-21, yaitu bahwa siswa kelas 12 harus menguasai pengetahuan dan keterampilan yang mencakup subjek dan tema kunci abad ke-21; keterampilan belajar dan inovasi; keterampilan memanfaatkan teknologi, informasi, dan media; serta keterampilan hidup dan berkarir. Institusi lainnya, yaitu *The North Central Regional Education Laboratory/NCREL* mengidentifikasi keterampilan abad ke-21 yang mencakup melek digital (*digital literacy*), pemikiran inventif (*inventive thinking*), komunikasi efektif dan produktivitas tinggi (*high and effective communication and productivity*) (Burkhardt *et al.*, 2003). Di samping itu, beberapa penulis memberikan pengertian yang lebih konseptual tentang keterampilan abad 21 ini. Misalnya, Wagner (2011) dalam bukunya yang berjudul

The Achievement Global Gap mengidentifikasi tujuh keterampilan abad 21 yang diperlukan siswa masa kini untuk bertahan hidup dalam karir, kuliah, dan sebagai warga negara, yaitu keterampilan berpikir kritis dan pemecahan masalah, kolaborasi, adaptasi, inisiatif dan wiraswasta, komunikatif, akses dan analisis informasi, serta rasa ingin tahu dan imajinasi. Sementara Daniel Pink, seorang penulis dan pengamat politik Amerika Serikat, melalui bukunya "*A Whole New Mind*" menjelaskan enam kemampuan penting yang perlu dikuasai oleh para profesional masa kini untuk sukses di abad 21, yaitu kemampuan mendeteksi pola dan peluang, mencipta keindahan artistik dan emosional, meramu gagasan yang tampaknya tidak terkait menjadi sesuatu yang baru, empati dengan orang lain dan memahami seluk beluk interaksi antar manusia, sukacita dalam diri dan menularkannya pada orang lain, serta merentangkannya dalam mengejar tujuan dan makna. Terakhir, Howard Gardner (2008), seorang profesor dari Harvard, dalam bukunya "*Five Minds for Futures*" menjelaskan kemampuan kognitif spesifik yang akan dicari dan dibutuhkan para pemimpin masa depan, yaitu pikiran terkait dengan disiplin, sintesa, mencipta, kehormatan, dan etika.

Dengan beragamnya indikator dari konsep keterampilan abad 21 di atas, sangat masuk akal jika sampai saat ini para pendidik masih kebingungan mengimplementasikan konsep tersebut pada tataran praktis di kelas-kelas mereka. Jika membaca sejarahnya, gerakan 21st *Century Skills* ini telah berlangsung selama lebih dari satu dekade. Sepuluh tahun yang lalu, misalnya, *National Education Association (NEA)* di Amerika Serikat membantu mendirikan *Partnership for 21st Century Skills (P21)* dan memfasilitasi pengembangan "Kerangka Pembelajaran Abad 21" yang menyoroti 18 keterampilan yang berbeda. Keterlibatan NEA sejak awal dalam pengembangan konsep dan kerangka pembelajaran abad 21 ini, membuatnya empati terhadap kesulitan para pendidik dalam mengimplementasikan konsep keterampilan abad 21 tersebut dalam praktek pembelajaran sehari-hari. Oleh karenanya, NEA berusaha mengidentifikasi aspek-aspek penting dan utama dari keterampilan abad 21. Hal ini dilakukan dengan cara melakukan jajak pendapat kepada semua pemangku kepentingan dan instansi terkait. Akhirnya diperoleh kesepakatan

tentang keterampilan khusus dan paling penting dalam pendidikan abad 21 yang perlu dikuasai siswa masa kini, yang dikenal dengan sebutan "Empat C", yaitu *Critical Thinking and Problem Solving* (berpikir kritis dan memecahkan masalah), *Communication* (komunikasi), *Collaboration* (kolaborasi), dan *Creativity and Innovation* (kreativitas dan inovasi). Hal ini dikuatkan pula oleh Ondrashek (2017) yang merangkum keterampilan abad 21 sebagai kemampuan kolaborasi (*collaboration*), melek digital (*digital literacy*), berpikir kritis (*critical thinking*) dan kemampuan memecahkan masalah (*problem solving*); serta oleh Binkley *et al.*; Dede; Mishra dan Kereluik dalam Voogt, Erstad, Dede, dan Mishra (2013) yang menyatakan bahwa terdapat konsensus tentang kompetensi abad 21 yang dianggap kritis, yang sangat penting untuk hidup dan berkontribusi pada masyarakat kita saat ini, yaitu kemampuan kolaborasi, komunikasi, melek digital, kewarganegaraan, pemecahan masalah, pemikiran kritis, kreativitas, dan produktivitas. Dengan demikian, dari paparan di atas dapat disimpulkan bahwa kemampuan berpikir kritis dan memecahkan masalah; berkomunikasi; berkolaborasi; dan kreativitas serta inovasi; merupakan karakteristik utama dari keterampilan abad 21 yang perlu dimiliki SDM masa kini. Keterampilan-keterampilan tersebut sangat dibutuhkan oleh jenis pekerjaan masa kini yang menekankan pada pelayanan jasa.

PEMBELAJARAN KETERAMPILAN ABAD 21

Keterkaitan antara kemampuan berpikir kritis dan proses pendidikan sangatlah jelas. Seseorang tidak dapat belajar dengan baik tanpa mampu berpikir dengan baik. Kemampuan berpikir kritis bukan hanya berkontribusi pada kesuksesan karir seseorang, tapi juga kunci sukses belajar di pendidikan tinggi dan *smart city*. Oleh karenanya, membekali siswa menjadi *smart people*, yang mampu berpikir kritis dan memecahkan masalah secara efektif dalam proses pembelajaran, sangatlah penting. Mengajarkan berpikir kritis kepada siswa bukan berarti kita hanya memberi mereka alat tetapi membantu mereka menemukan cara berpikir di luar media yang biasa mereka gunakan. Memberi siswa pemahaman tentang bagaimana memahami statistik,

misalnya, memungkinkan mereka menafsirkan data tentang berita, mencari bias dari berita-berita tersebut, dan mengeksplorasi bagaimana data digunakan untuk mendukung pendapat yang mungkin benar, atau mungkin salah. Secara praktis, indikator kemampuan berpikir kritis yang perlu dikuasai siswa masa kini meliputi kemampuan memberikan alasan secara efektif, berpikir secara sistem, mengemukakan pendapat dan terampil mengambil keputusan, serta mampu memecahkan masalah.

Dalam hal komunikasi, siswa tidak hanya dituntut untuk terampil menyampaikan informasi atau data secara lisan dan tertulis, tetapi mereka pun harus mampu menganalisa dan mengolah informasi yang berlimpah secara efektif. Hal tersebut dapat dilakukan dengan cara mengajari mereka memilah dan memilih antara sumber informasi yang akurat dengan yang tidak, dan menentukan bagaimana informasi tersebut dimanfaatkan secara efektif. Mengekspresikan pikiran dengan jelas, mengartikulasikan pendapat dengan cerdas, menyampaikan arahan secara koheren, dan memotivasi orang, merupakan keterampilan-keterampilan komunikasi yang dibutuhkan siswa masa kini dan selalu dinilai di dunia kerja dan di masyarakat. Para siswa perlu menguasai keterampilan berkomunikasi seperti itu jika ingin menjadi *smart people* yang mampu “survive” di dunia kerja yang sangat kompetitif, yang merupakan salah satu ciri dari *smart city*. Berikut beberapa cara pembelajaran keterampilan komunikasi yang efektif bagi para siswa yang ditawarkan Crockett (2017), yaitu a) ajak siswa menonton film yang memodelkan keterampilan bercakap-cakap; b) ajak siswa mendengarkan dan menyimak cara seseorang mengucapkan kata-kata dalam frasa yang berbeda, melalui *audiobook*, misalnya; c) tugaskan siswa belajar kelompok dan presentasi; belajar kelompok mempertajam kemampuan siswa berkomunikasi lisan dan tulisan, serta memberi kesempatan kepada siswa untuk mengasah keterampilannya beradu pendapat dengan teman-temannya secara bergiliran, sementara presentasi melatih para siswa untuk berani tampil berbicara di depan umum dan mengemukakan buah pikirannya secara sistematis; d) ajukan pertanyaan terbuka; hal ini memberikan kesempatan kepada siswa untuk memberikan jawaban secara lisan dengan demikian kemampuan komunikasi lisannya dapat diasah.

Disamping itu, kemampuan menjawab pertanyaan secara lisan sangat penting dalam diskusi dan menunjukkan pada siswa bahwa ada banyak cara untuk memahami dan menjawab sebuah pertanyaan, atau menyanggah suatu pendapat; e) berikan tugas dan aktivitas yang menumbuhkan pemikiran kritis; hal ini dapat dilakukan secara verbal atau melalui tugas tertulis yang memberi siswa kesempatan untuk menjawab pertanyaan secara kreatif dengan menggunakan kata-kata dan ungkapan mereka sendiri; f) minta siswa melakukan refleksi terhadap proses pembelajaran komunikasi yang telah dilakukannya; merekam cara siswa membaca atau sekelompok siswa berpresentasi, merupakan metode yang sangat baik untuk menilai kekuatan dan kelemahan keterampilan komunikasi mereka; beri kesempatan siswa untuk mengkritik cara berkomunikasi siswa lainnya, dengan demikian mereka terbiasa menerima kritik yang membangun; dan g) pilih waktu belajar yang tepat untuk belajar komunikasi, misalnya jika seorang siswa menjawab pertanyaan dengan cara yang rumit, coba minta mereka mengulangi kata-kata mereka, atau jika ditemukan kata asing dalam buku pelajaran, berhenti sejenak, lalu minta siswa mencari arti kata tersebut dalam kamus. Jika dirangkum, maka indikator keterampilan komunikasi yang perlu dikuasai siswa masa kini, sebagaimana yang dituntut oleh perusahaan-perusahaan, lembaga-lembaga pemerintah dan swasta dalam *smart city* meliputi mendengar secara efektif untuk menguraikan makna, pengetahuan, nilai, sikap, dan niat; menggunakan komunikasi untuk berbagai tujuan, misalnya untuk menginformasikan, menginstruksikan, memotivasi, dan membujuk; menggunakan beragam media dan teknologi, dan mampu menilai efektivitas dan dampak dari komunikasi yang dilakukan; serta mampu berkomunikasi secara efektif dalam beragam lingkungan.

Kolaborasi adalah keterampilan lainnya yang perlu dikuasai siswa masa kini karena hal tersebut nantinya melekat dengan sifat pekerjaan yang banyak dituntut oleh *smart city*. Lima puluh tahun yang lalu, banyak pekerjaan yang dapat dilakukan seorang diri, tapi tidak sekarang. Pada umumnya, sekarang ini pekerjaan dikerjakan oleh tim, dan kolaborasi dianggap sebagai keterampilan yang penting untuk dimiliki oleh siapa pun untuk mampu bekerja dalam tim.

Kolaborasi adalah kemampuan bekerja secara efektif dan penuh rasa hormat dalam tim yang beragam. Kolaborasi akan berjalan dengan baik dan efektif jika kelompok orang yang terlibat di dalamnya bersikap fleksibel, saling membantu, bersedia kompromi untuk mencapai tujuan bersama, dan sepakat atas tanggung jawab dan kontribusi masing-masing individu dalam menyelesaikan pekerjaan.

Keterampilan abad 21 terakhir yang perlu dikuasai siswa agar dapat berkiprah secara optimal dalam pekerjaan yang pada ujung-ujungnya berkontribusi positif terhadap pembangunan *smart city* adalah kreativitas dan inovasi. Pada hakikatnya ke dua kata tersebut tak asing di telinga kita, namun tidak semua orang dapat menjelaskan indikator dari kreativitas atau inovasi tersebut. Torrance dalam Craft (2001) melihat kreativitas sebagai kemampuan seseorang dalam melakukan penginderaan masalah, pencarian alternatif solusi, pengajuan hipotesis, pengujian dan evaluasi, serta pengkomunikasian hasilnya kepada orang lain. Sedangkan Vernon (1984) berpendapat bahwa kreativitas merupakan kapasitas seseorang untuk menghasilkan atau menata ulang wawasan, ide, temuan atau benda seni yang asli, yang diterima oleh para ahli sebagai ilmu pengetahuan, estetika, sosial, dan atau bernilai teknologi. Di lain pihak, Piirto (2011) memberikan ciri-ciri tentang orang kreatif, yaitu yang memiliki disiplin diri dan motivasi tinggi ketika berkarya; terbuka terhadap pengalaman; berani mengambil risiko; toleran terhadap ketidakjelasan; dan percaya pada kelompok. Trilling dan Fadel dalam Kivunja (2014) menjelaskan cara mengajarkan berpikir kritis kepada siswa, yaitu dengan mendorong siswa melakukan penalaran induktif dan deduktif, berpikir secara sistem, dan mengajari mereka melakukan penilaian, melalui kegiatan analisis, interpretasi, refleksi dan evaluasi. Dari beberapa penjelasan tentang kreativitas di atas, konsep kreativitas yang paling jelas indikatornya dalam arti dapat diamati secara kasat mata adalah konsep kreativitas yang dikemukakan oleh Piirto. Disamping itu, dalam kehidupan kita sehari-hari juga kita sering melihat bahwa orang dikatakan “kreatif” jika orang tersebut banyak menghasilkan karya, baik karya akademik, karya seni, atau karya-karya lainnya yang membuat orang tercengang, terkagum-kagum, atau bahkan tidak percaya, karena pada umumnya

karya yang dihasilkannya tidak terpikirkan sebelumnya oleh orang kebanyakan.

Lalu, bagaimana caranya mendorong siswa untuk memiliki keterampilan inovasi yang juga sangat diperlukan dalam membangun *smart city*? Keterampilan belajar dan berinovasi telah diakui sebagai keterampilan yang dapat membedakan siswa yang siap dan siswa yang tidak siap dalam menghadapi kehidupan dan lingkungan kerja yang terus bertambah musykil. Kreativitas dan keterampilan inovasi terlihat dalam kemampuan siswa menunjukkan orisinalitas dan temuan dalam karya, selain kemampuan mengembangkan dan mengomunikasikan gagasan baru kepada orang lain. Indikator lain dari keterampilan kreativitas dan inovasi diantaranya sikap terbuka dan tanggap terhadap perspektif baru yang beragam, serta memanfaatkan gagasan kreatif guna membuat kontribusi yang berguna bagi ranah yang tempat inovasi itu terjadi. Pembelajaran inovatif diharapkan mampu membuat siswa yang mempunyai kapasitas berpikir kritis dan terampil dalam memecahkan masalah. Selain itu, pembelajaran yang inovatif tercermin dari hasil yang diperlihatkan siswa yang komunikatif dan kolaboratif seperti tercermin dalam kemampuannya mengartikulasikan pikiran dan gagasan secara jelas dan efektif melalui tuturan dan tulisan. Begitu juga siswa dengan karakteristik ini dapat menunjukkan kemampuan untuk bekerja secara efektif dengan tim yang beraneka, fleksibel dan terampil berkompromi dalam mencapai tujuan bersama.

Sebagaimana telah dijelaskan di atas, perkembangan TIK, selain mengubah jenis dan sifat pekerjaan, juga mengubah cara orang hidup, cara orang bekerja, cara orang berpikir, dan cara orang menggunakan alat dalam bekerja. Hal ini membutuhkan sistem pendidikan baru yang sesuai dengan perubahan tersebut (Griffin, Mc.Graw, & Core, 2012). Pendapat ini didukung oleh Rotherham dan Willingham (2010) yang menyatakan bahwa jika mengharap SDM sesuai tuntutan abad 21, maka ada tiga hal yang perlu dibenahi pada sistem pendidikan, yaitu kurikulum, proses pembelajaran, dan proses penilaian hasil belajar. Terkait kurikulum, terdapat dua *misconceptions* yang perlu dibenahi. Pertama, pemahaman yang kurang tepat bahwa keterampilan berpikir dan pengetahuan merupakan dua hal yang terpisah. Pada hakikatnya,

keduanya saling terkait dan saling melengkapi dalam proses belajarnya. Kedua, pemahaman bahwa dengan memberi siswa pengalaman sebanyak-banyaknya pada saat belajar kelompok, maka keterampilan mengarahkan diri sendiri, berkolaborasi, belajar kreatif dan inovasi; akan tumbuh dengan sendirinya. Dalam praktiknya, mendapat pengalaman berlainan dengan mempraktekkan langsung. Pengalaman hanya mengajari siswa keterampilan tertentu saja, sementara praktik, selain mengalami, juga memberi kesempatan kepada siswa untuk mengamati apa saja yang masih kurang dalam melakukan keterampilan tersebut, lalu merumuskan strategi untuk memperbaikinya. Disamping itu, pada umumnya ketika melakukan praktik, guru akan memberikan umpan balik, sementara ketika memberi siswa pengalaman, guru jarang memberi umpan balik. Dengan demikian, keterampilan-keterampilan tersebut di atas perlu diajarkan kepada SDM dengan sungguh-sungguh melalui konsep *smart education* dalam *smart city*. Hal ini sangat penting, agar mereka menjadi modal intelektual dan modal sosial yang kompeten, yang siap bekerja dan berpartisipasi secara positif dalam membangun kotanya.

Selanjutnya, pada tataran praktis dan mikro, salah satu perubahan yang terjadi pada proses pembelajaran abad 21 adalah terjadinya pergeseran paradigma pendidikan, khususnya pembelajaran, dari konsep mengajar (*instruction*) ke konsep belajar (*learning*). Dalam konsep mengajar, guru menjadi aktor utama dalam mentransfer ilmu pengetahuan sebanyak-banyak kepada peserta didik, sementara dalam konsep belajar, proses pembelajaran diartikan sebagai proses transformasi melalui penciptaan lingkungan belajar yang memungkinkan peserta didik melakukan penemuan dan pengembangan ilmu pengetahuan. Proses pembelajaran abad 21 juga ditandai dengan pembelajaran yang berpusat pada siswa (*student centered learning/SCL*). SCL adalah sebuah disiplin yang melibatkan interaksi tim siswa yang mengalami pembelajaran kreatif untuk digunakan di dunia nyata (Thornburg, 1995); tujuan sistem (sekolah) harus memenuhi tujuan siswa (Harmon & Hirumi, 1996); dan pelajar memiliki beberapa kontrol dalam jenis instruksi yang diberikan. Weimer dalam Wright (2011) menyatakan bahwa terjadi pergeseran peran guru dan siswa dalam SCL. Pada pembelajaran yang berpusat

pada guru (*Teacher Centered Learning/TCL*), guru berperan sebagai "satu-satunya pemeran utama di kelas" (*sage on the stage*), lalu dalam SCL bergeser menjadi "pemandu siswa dalam proses pembelajaran" (*guide on the side*) (Overby, 2011). Dalam SCL, guru memandang siswa sebagai pencari pengetahuan yang perlu dibimbing dalam perjalanan pengembaraan intelektualnya, bukan sebagai saluran kosong yang siap diisi dengan informasi sebanyak-banyaknya. Weimer juga menyatakan dengan tegas bahwa siswa perlu dilibatkan secara aktif dalam proses pembelajaran, salah satunya dengan mengajak mereka belajar "melakukan" (*learning by doing*). Misalnya, siswa terlibat dalam presentasi materi perkuliahan, belajar antar sesamanya ketika menanggapi ajakan guru untuk memberi contoh, menerapkan konsep, atau membuat ringkasan, dan siswa mempunyai pengalaman belajar yang nyata ketika mereka ambil bagian dalam sesi pemecahan masalah. Dengan melibatkan siswa secara aktif dalam proses pembelajaran, memberikan kesempatan kepada guru untuk mengklarifikasi tingkat pemahaman siswa terhadap materi pembelajaran yang telah dibahas, serta guru dapat membantu membimbing para siswa dalam membuat keterkaitan antar materi secara bermakna. Berikutnya, dalam SCL tanggung jawab belajar secara alami beralih kepada siswa, bukan semata tanggung jawab guru. Oleh karenanya, siswa perlu diingatkan dan disadarkan tentang tanggung jawabnya ini. Di sisi lain, peran guru bergeser dari instruktur menjadi fasilitator pembelajaran. Sebagai fasilitator, tugas guru adalah mengelola proses pembelajaran, mengarahkan siswa dalam belajar, dan menunjukkan sumber-sumber belajar yang diperlukan siswa.

Di lapangan, perubahan proses pembelajaran dari yang semula berpusat kepada guru menjadi berpusat pada siswa, tidaklah mudah dan sederhana. Perlu upaya "pembiasaan" perubahan paradigma ini, baik kepada guru, siswa, pengelola sekolah, maupun orang tua siswa. Contohnya, bila sebelumnya dengan konsep belajar berpusat pada guru, guru menyiapkan bahan pembelajaran, lalu masuk ke kelas, langsung presentasi dan ceramah. Siswa-siswanya hanya duduk manis, mendengarkan, mencatat. Sesekali gurunya bertanya dan siswanya menjawab. Pembelajaran cenderung satu arah dari gurunya saja, siswa pasif hanya menerima saja materi yang diberikan gurunya.

Sebaliknya, dengan konsep belajar yang berpusat pada siswa, peran guru berubah, yakni harus menyiapkan bahan-bahan pembelajaran, tidak saja dalam bentuk materi untuk presentasi, tetapi yang lebih penting lagi bahan-bahan untuk curah pendapat, diskusi, tanya jawab, bahkan mungkin untuk simulasi, bermain peran, yang diperlukan untuk mengaktifkan siswanya melakukan “inquiry”, “discovery” dan “problem solving” dalam proses pembelajaran. Untuk mengubah tugas guru yang semula hanya menyiapkan bahan presentasi lalu mengajar dengan ceramah saja, kemudian menjadi fasilitator pembelajaran dengan tugas yang lebih banyak dan berat, ternyata tidak mudah karena perlu waktu, perlu pelatihan, perlu kebijakan yang mendukung, dan perlu ada kemauan dari semua pihak terkait untuk berubah. Itu baru satu sisi di pihak guru, belum lagi siswanya juga perlu disiapkan dengan metode pembelajaran baru tsb. Demikian pun para pengambil kebijakan di bidang pendidikan dan para pengelola sekolah perlu diberi tahu tentang konsekuensi dari perubahan paradigma pembelajaran ini, karena mereka bertanggung jawab mengatur pembiayaan dan menyediakan sarana prasarana pembelajaran yang sesuai, personalia yang akan mengelola masalah pendidikan dan administrasinya, serta yang menjadi pelaksana di lapangan tentang perubahan paradigma pembelajaran ini.

Secara teoritis, pelaksanaan SCL idealnya ditandai dengan hal-hal berikut: guru dan siswa secara aktif bersama-sama membangun pengetahuan; guru lebih berperan sebagai fasilitator, yang membimbing siswa belajar, bukan sekedar pemberi informasi; belajar bukan sekedar penguasaan materi pelajaran, tetapi lebih diarahkan kepada pengembangan karakter siswa agar menjadi pembelajar sepanjang hayat (*life-long learners*); proses pembelajaran difasilitasi dengan menggunakan multimedia; belajar dan evaluasinya dilakukan secara bertahap dan terintegrasi; belajar merupakan proses pengembangan pengetahuan dan jawaban salah terhadap suatu pertanyaan dianggap sebagai bagian dari belajar; proses belajar lebih kolaboratif, kooperatif, dan suportif; proses belajar dapat dilakukan dimana dan kapanpun; belajar diarahkan pada pencapaian kompetensi siswa melalui proses pencarian (*inquiry*), penemuan (*discovery*), dan pemecahan masalah (*problem solving*); belajar

diarahkan pada cara siswa memanfaatkan beragam sumber belajar, dan proses pembelajaran cenderung menggunakan pendekatan interdisiplin. Dengan karakteristik SCL seperti itu, maka peran yang harus dilakukan guru dalam pembelajaran SCL adalah memahami tujuan/kompetensi pembelajaran; menyediakan dan memberikan beragam pengalaman belajar yang sesuai dengan tuntutan kompetensi; menciptakan suasana pembelajaran yang kondusif dan menyenangkan; mengecek perkembangan belajar siswa secara pribadi; mendorong siswa untuk berpikir kritis, kreatif dan memiliki kemampuan memecahkan masalah; serta menjelaskan norma, aturan, standar, sistem nilai, etika dan etiket yang berkaitan dengan mata pelajarannya.

Implementasi SCL berimplikasi pada guru dan institusi. Implikasi SCL terhadap guru di antaranya adalah selain harus memperhatikan perkembangan bidang ilmunya, guru juga harus selalu membuka diri terhadap perbaikan dan peningkatan mutu pembelajaran yang dilaksanakannya; guru merupakan perancang pembelajaran yang secara terus menerus harus melakukan penilaian dan pencarian informasi untuk meningkatkan mutu pembelajarannya; guru juga secara terus menerus harus melakukan bimbingan, arahan, dan penilaian terhadap kegiatan belajar siswanya. Untuk itu, harus memastikan bahwa perencanaan dan keputusan pelaksanaan pembelajaran dibuat untuk memberi dampak terhadap belajar siswa; guru harus memimpin didalam menentukan capaian belajar siswa dan memilih cara terbaik agar capaian itu dapat diperoleh oleh lulusan; dan guru harus membuat belajar para siswanya sebagai prioritas.

Bagi institusi, implikasi SCL antara lain adalah misi institusi harus diletakkan pada belajar daripada mengajar siswa; institusi harus bertanggung jawab terhadap proses belajar siswa; memberikan dukungan dan meningkatkan mutu belajar siswa harus menjadi pekerjaan semua orang dan harus mengarahkan pada pengambilan keputusan di sekolah; dan efektivitas institusi harus dievaluasi berdasarkan capaian belajar siswanya bukan hanya sekedar dari pemanfaatan sumberdaya dan proses pembelajarannya saja.

Diskusi kelompok kecil (*small-group discussion*), bermain peran dan simulasi (*role-play and simulation*), studi kasus (*case study*),

belajar menemukan (*discovery learning*), belajar mandiri (*self-directed learning*), belajar kooperatif (*cooperative learning*), belajar kolaboratif (*collaborative learning*), pembelajaran kontekstual (*contextual instruction*), belajar berbasis proyek (*project-based learning*), dan belajar berbasis masalah (*problem-based learning*) adalah beberapa strategi dan metode pembelajaran yang dapat digunakan dalam SCL. Hal ini perlu terus menerus dilatihkan kepada para guru dan siswa, agar secara bertahap mereka terbiasa dan terampil terlibat dalam proses pembelajaran aktif seperti itu. Berikut salah satu contoh dari kelebihan pembelajaran berbasis proyek dan berbasis masalah, yang menuntun guru dan siswa melakukan proses pembelajaran secara aktif sebagaimana disampaikan oleh Linda Darling-Hammond, dalam karya terbarunya, *Powerful Learning – What Do We Know about Teaching for Understanding (2015)*. Hasil penelitiannya tentang pembelajaran berbasis proyek dan berbasis masalah mengilustrasikan manfaat yang signifikan bagi siswa yang bekerja sama dalam kegiatan belajar dibandingkan dengan siswa yang bekerja sendiri. Sebuah temuan penelitian tambahan menunjukkan bahwa siswa yang mengalami kesulitan dengan kelas/pembelajaran teks/ceramah, secara signifikan mendapat manfaat dari pengalaman belajar berbasis proyek yang lebih selaras dengan gaya belajar dan preferensi mereka (Baron *et al.*, 2008). Sementara pembelajaran berbasis masalah merupakan sebuah bentuk pembelajaran berbasis proyek, yang memungkinkan guru untuk mengembangkan masalah dunia nyata yang kompleks dengan menggunakan pendekatan studi kasus dan fokus pada siswa. Kapan siswa bekerja dalam kelompok kecil untuk meneliti dan mengajukan solusi untuk masalah, keduanya bersifat kolaboratif dalam lingkungan multifaset yang tercipta. Dalam lingkungan ini, siswa bisa menjelajah beberapa solusi dan praktik terbaik untuk menangani proyek. Studi dan meta-studi terhadap penelitian pembelajaran berbasis masalah telah menemukan bahwa untuk pembelajaran faktual, pembelajaran berbasis masalah memiliki dampak yang sama dengan metode pembelajaran tradisional, namun belajar berbasis masalah melebihi metode pembelajaran tradisional ketika keterampilan seperti berpikir kritis, komunikasi, kolaborasi, dan penerapan pengetahuan pada situasi dunia nyata diukur (Baron *et al.*, 2008).

Dengan bergesernya strategi dan metode pembelajaran abad 21 dari TCL ke SCL, maka sistem dan prosedur penilaian hasil belajarnya pun berubah. Pada proses pembelajaran yang sangat berpusat pada guru, di mana metode ceramah, diskusi, dan demonstrasi menjadi ciri utamanya, maka proses penilaian hasil belajar yang sering dilakukan adalah dengan tes. Tes ini dapat berupa pilihan ganda atau uraian. Proses penilaian hasil belajar seperti ini memang dominan untuk mengukur tingkat pemahaman siswa terhadap pengetahuan yang telah dipelajarinya. Namun dengan bergesernya proses pembelajaran menjadi lebih berpusat pada siswa dan menggunakan strategi dan metode pembelajaran yang beraneka ragam, maka proses penilaian hasil belajarnya pun lebih menggunakan *alternative assessment* dibanding *standardized assessment*. *Alternative assessment* adalah pemanfaatan pendekatan non-tradisional untuk memberi penilaian kinerja atau hasil belajar siswa. *Non-tradisional* artinya penilaian hasil belajar tidak dilakukan dengan pengukuran yang menggunakan kertas dan pensil (*paper and pencil test*), tetapi menggunakan *authentic assessment*, asesmen kinerja, dan asesmen portofolio. Cara penilaian seperti ini didukung oleh Teori Fleksibilitas Kognitif (Spiro, 1990) yang mengatakan bahwa belajar merupakan suatu kegiatan yang kompleks dan tidak terstruktur; kemampuan diperoleh secara spontan oleh siswa dengan cara melakukan restrukturisasi pengetahuan yang telah dimiliki, guna merespon perubahan atau kenyataan dan tuntutan yang dihadapi; dan proses belajar tidak pernah berakhir, yaitu merupakan proses penyesuaian terhadap situasi yang berubah-ubah (*learning is context-dependent*).

PENUTUP

Teknologi informasi dan komunikasi (TIK) bukan satu-satunya faktor yang menentukan keberhasilan pembangunan *smart city*, karena tanpa peran manusia dan pendidikan, keunggulan dan kemanfaatan TIK tidak mungkin dapat optimal dalam pembangunan perkotaan. Warga kota yang cerdas (*smart people*) perlu dipersiapkan dengan baik agar dapat berkiprah dalam membangun *smart city*. Hal

tersebut dapat dilakukan melalui penyediaan layanan pendidikan cerdas (*smart education*). *Smart education* memainkan peran penting dalam meningkatkan kinerja fisik kota, sementara pada saat yang sama juga mempersiapkan siswa masa kini untuk hidup di dunia yang semakin kompleks dan semakin berorientasi pada teknologi masa depan.

Smart education merupakan sistem pendidikan yang lincah, adaptif, dan efisien, karena mampu memfasilitasi dan memberikan dukungan beragam kepada kelompok siswa yang beragam kebutuhannya serta program pendidikan yang memanfaatkan keterampilan abad ke-21 dalam proses pembelajarannya; proses pendidikan yang mengintegrasikan aspek kehidupan sebagai sumber belajar (*learning sources*), materi belajar (*learning material*), dan tujuan pembelajaran (*learning objectives*). *Smart education* juga merupakan suatu inovasi sistem pendidikan yang komprehensif meliputi inovasi terhadap lingkungan, metode, dan evaluasi pendidikannya.

Keterampilan abad 21 yang merupakan salah satu ciri dari *smart education* perlu dikuasai siswa masa kini. Keterampilan abad 21 tersebut dikenal dengan sebutan "Empat C", yaitu *Critical Thinking and Problem Solving* (berpikir kritis dan memecahkan masalah), *Communication* (komunikasi), *Collaboration* (kolaborasi), dan *Creativity and Innovation* (kreativitas dan inovasi), dan hal ini dapat disampaikan atau diajarkan kepada para siswa salah satunya melalui pembelajaran yang berpusat pada siswa (*student-centered learning/SCL*). SCL adalah sebuah disiplin yang melibatkan interaksi tim siswa yang mengalami pembelajaran kreatif untuk digunakan di dunia nyata; kebalikan dari "berpusat pada guru"; tujuan sistem (sekolah) harus memenuhi tujuan siswa; siswa sebagai "mitra" dengan guru dalam pendidikan; "peserta didik mengendalikan pembelajaran", pelajar memiliki beberapa kontrol dalam jenis instruksi yang diberikan.

Implementasi SCL berimplikasi pada guru dan institusi. Implikasi SCL terhadap guru pada dasarnya adalah guru harus melakukan perbaikan secara berkesinambungan dalam hal perkembangan bidang ilmunya, mutu pembelajaran; pembimbingan, pemberian arahan, dan penilaian terhadap kegiatan belajar siswanya. Intinya, guru harus

memastikan belajar para siswanya sebagai prioritas. Bagi institusi, implikasi SCL antara lain adalah misi institusi harus diletakkan pada belajar dari pada mengajar siswa; institusi harus bertanggung jawab terhadap proses belajar siswa; memberikan dukungan dan meningkatkan mutu belajar siswa harus menjadi pekerjaan semua orang dan harus mengarahkan pada pengambilan keputusan di sekolah; dan efektivitas institusi harus dievaluasi berdasarkan capaian belajar siswanya bukan hanya sekedar dari pemanfaatan sumberdaya dan proses pembelajarannya saja.

Pada akhirnya, melalui *smart education* diharapkan mampu dibangun SDM, yaitu *smart people* yang terdidik dan terampil dalam mencipta, berbagi, menyebarkan, serta mampu memanfaatkan pengetahuan dan keterampilan secara efektif; *smart people* yang memiliki kemampuan belajar sepanjang hayat (*life-long learners*), *smart people* yang bermanfaat bagi kehidupan; pembelajar abad ke-21 yang cerdas dan dapat menyesuaikan diri; serta *smart people* penghuni *smart city* yang memiliki keterampilan global berkualitas tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Ananiadou, K. & Claro, M. (2009). 21st century skills and competences for new millennium learners in OECD countries. *OECD Education Working Papers, No. 41*. OECD Publishing.
- Barron, B., & Darling-Hammond, L. (2008). *Teaching for Meaningful Learning: A Review of Research on Inquiry-Based and Cooperative Learning*. Book Excerpt. George Lucas Educational Foundation.
- Bătăgan, L. & Boja, C. (2012). *Smart solutions for educational systems - case study. Procedia - Social and Behavioral Sciences 46 (2012) 4834 – 4838*.
- Burkhardt, G., Monsour, M., Valdez, G., Gunn, C., Dawson, M., Lemke, C., Coughlin, E., Thadani, V., & Martin, C. (2003). *enGauge 21st century skills: Literacy in the digital age*. Naperville, IL: NCREL.
- Crockett, L. W. (2017). *8 methods for effectively improving student communication skills*. Global digital citizen foundation.
- Dameri, R. P. (2013). Searching for smart city definition: a comprehensive proposal. *International Journal of Computers & Technology, 11(5)*, 2544-2551.
- Darling-Hammond, L. (2006). Constructing 21st-century teacher education. *Journal of Teacher Education, 57(3)*, 300-314.
- Darling-Hammond, L., Barron, B., Pearson, P. D., Schoenfeld, A. H., Stage, E. K., Zimmerman, T. D., & Tilson, J. L. (2015). *Powerful learning: What we know about teaching for understanding*. John Wiley & Sons.
- Dede, C. (2009). *Comparing Frameworks for “21st Century Skills*. Boston: Harvard Graduate School of Education.

- Gardner, H. (2008). The five minds for the future. *Schools*, 5(1/2), 17-24.
- Giffinger, R., Fertner, C., Kramar, H., Kalasek, R., Pichler-Milanovi, N., & Meijers, E. (2007). *Smart cities: Ranking of European medium-sized cities*. Vienna, Austria: Centre of Regional Science (SRF), Vienna University of Technology. Retrieved from http://www.smartcities.eu/download/smart_cities_final_report.pdf.
- Giffinger, R., & Gudrun, H. (2010). Smart cities ranking: An effective instrument for the positioning of cities? *ACE: Architecture, City and Environment*, 4(12), 7-25. Retrieved from http://upcommons.upc.edu/revistes/bitstream/2099/8550/7/A_CE_12_SA_10.pdf.
- Griffith, P., McGaw, B., & Care, E. (ed.) (2012). *Assessment and teaching of 21st century skills*. Springer Science+Business Media B.V.
- Gunawan, A. (2013). *Tinjauan socio-multicultural-art-reality-technology "SMART"*. Disampaikan dalam Diskusi Sains Yogyakarta.
- Harmon, S. W., & Hirumi, A. (1996). A systemic approach to the integration of interactive distance learning into education and training. *Journal of Education for Business*, 71(5), 267-271.
- IBI (2017). *Defining of the cities of tomorrow*. Retrieved from <http://www.ibigroup.com/new-smart-cities-landing-page/introduction-smart-cities>
- IBM (2012). *Smarter education: Building the foundations of economic succes*. Somers, NY: IBM Corporation.

- Jerald, C. D. (2009). Defining a 21st century education. *Center for Public education*, 16.
- Kim, T., Cho, J. Y. & Lee, B. G. (2012). *Evolution to smart learning in public education: A case study of Korean public education*. Seoul, Korea: Korea Communications Agency.
- Kivunja, C. (2014). Do you want your students to be job-ready with 21st century skills? Change pedagogies: A pedagogical paradigm shift from Vygotskyian social constructivism to critical thinking, problem solving and Siemens' digital connectivism. *International Journal of Higher Education*, 3(3), 81.
- Nam, T. & Pardo, T. A. (2011). Conceptualizing smart city with dimensions of technology, people, and institutions. *The Proceedings of the 12th Annual International Conference on Digital Government*. Albany, NY: Research Center for Technology in Government University at Albany, State University of New York
- National Education Association. (2012). *Preparing 21st century students for a global society: An educator's guide to the "four Cs"*. Alexandria, VA: National Education Association.
- Noweski, C., Scheer, A., Bu"ttner, N., von Thienen, J., Erdmann, J., & Meinel, C. (2012). *Towards a paradigm shift in education practice: Developing twenty-first century skills with design thinking*. Potsdam, Germany: Hasso-Plattner-Institute,
- Ondrashek, N. (2017). *21st century learning*. Orange City: Northwestern College.
- Overby, K. (2011) "Student-Centered Learning," *ESSAI: Vol. 9, Article 32*. Retrieved from <http://dc.cod.edu/essai/vol9/iss1/32>
- Pacific Policy Research Center (2010). *21st Century Skills for Students and Teachers*.

- Honolulu: Kamehameha Schools Research & Evaluation Division.
- Partnership for 21st Century Skills (2008). *21st Century skills, education & competitiveness*. A Resource and Policy Guide.
- Pearlman, B. (2006) *Designing new learning environments to support 21st century skills*, chapter 6. 21st Century Skills.
- Piirto, J. (2011). *Creativity for 21st century skills. How to embed creativity into the curriculum*. Rotterdam , Netherland: Sense Publishers
- Rotherham, A. J. & Willingham, D.T. (2010). “21st century skills”-not new but a worthy challenge. *American Educators*.
- Rotherham, A. J., & Willingham, D. T. (2010). “21st-Century” Skills. *American Educator*, 17.
- Rothman, R. (2007). *Building ‘smart education system’*. Retrieved from <http://www.edweek.org/ew/articles/2007/08/01/44rothman.h26.html>
- Seo, J. (2012). *SMART education in Korea: Digital textbook initiative*.
- Spiro, R. J., & Jehng, J. C. (1990). Cognitive flexibility and hypertext: Theory and technology for the nonlinear and multidimensional traversal of complex subject matter. *Cognition, Education, and Multimedia: Exploring Ideas in High Technology*, 205, 163-205.
- Thornburg, D. (1995). Student-centered learning. *Electronic Learning*, 14(7), 18-19.
- Voogt, J, Erstad, O., Dede, C., & Mishra, P. (2013). Challenges to learning and schooling in the digital networked world of the 21st century. *Journal of Computer Assisted Learning*, 29, 403–413.
- Zu, Z. T., Yu, M. H., & Riezebos, P. (2016). *A research framework of education*. Smart Learning Environment. Springer Open.

REINTRODUKSI SPESIES FAUNA KE HIDUPAN ALAMI LIAR

Budi Prasetyo

PENDAHULUAN

Pada abad modern ini, Pemerintah Indonesia (kabupaten, kota, provinsi, dan pemerintah pusat) seringkali menerbitkan peraturan perundangan untuk melindungi spesies dan habitat di daerahnya dari ancaman kepunahan maupun kerusakan oleh manusia. Berbagai bentuk pelanggaran hukum secara sadar maupun tidak, terjadi dalam kehidupan sosial masyarakat Indonesia, baik masyarakat yang tinggal di pedesaan maupun di perkotaan dan dilakukan oleh yang berpendidikan tinggi sampai yang tidak berpendidikan. Di samping itu, upaya penegakan hukum terhadap para pelaku kejahatan satwa liar yang dilindungi terlalu lemah pula, kondisi tersebut tercermin dari rendahnya hukuman yang diberikan bagi para pelaku kejahatan, sehingga tidak memberikan efek jera dan berpotensi untuk terulangnya kembali pelanggaran yang sama (Widodo, 2007).

Perilaku masyarakat perkotaan untuk mengurangi beban psikologis yang ditimbulkan oleh kompetisi bisnis yang berat dan beban stress (Allen *et al.*, 2001) akibat keruwetan transportasi dalam kota setiap hari, salah satunya dengan memelihara hewan-hewan unik, langka, indah fisik

ataupun suara, dan mahal, meskipun untuk mendapatkannya dilakukan dengan tidak benar secara prosedural. Fenomena ini diperkuat dengan adanya pemberitaan di televisi telah ditangkap oleh aparat keamanan beberapa masyarakat yang mengeksport anakan penyu belimbing (tukik), *Dermochelys coriacea* secara ilegal. Walaupun secara hukum hewan tersebut termasuk spesies dilindungi dan untuk keperluan ekspor harus dilengkapi dengan dokumen perizinan dari Kementerian Kelautan dan Perikanan. Contoh lain beberapa warga gemar memelihara hewan-hewan yang status konservasinya termasuk spesies langka bahkan terancam punah tanpa dilengkapi dengan dokumen resmi, misalnya memelihara burung Curik Bali (*Leucopsar rothschildii*), Kakatua jambul-kuning (*Cacatua sulphurea*), Trulek Jawa (*Vanellus macropterus*), dan burung Sikatan-biru Rueck dari Sumatera Utara (*Cyornis rueckii*). Kondisi demikian sangatlah memprihatinkan terutama bagi kalangan peneliti maupun pemangku kepentingan seperti para ahli biologi konservasi, praktisi konservasi, dan LSM yang bergerak di bidang konservasi untuk ikut serta membenahi dan mencari solusi (Nyhus *et al.*, 2003)

Eksplorasi hewan-hewan langka terus terjadi, sehingga upaya keras untuk penanggulangan ancaman kepunahan hewan langka harus dilakukan. Tujuan penulisan adalah menjelaskan kepada publik program-program pembentukan populasi baru khususnya reintroduksi untuk hewan yang status konservasinya telah terancam punah dan menghimbau kepada semua pihak agar lebih peduli kepada kelestarian keanekaragaman hayati Indonesia.

Beragam pendekatan dan metode untuk menyelamatkan berbagai spesies dari kepunahan telah dilakukan oleh para ahli biologi konservasi. Salah satunya, dengan mengupayakan dan mendorong pembentukan dan peningkatan populasi, baik spesies liar maupun separuh liar, khususnya untuk spesies-spesies yang berstatus langka dan terancam punah (Bowles & Whelan, 1994).

KEKAYAAN BIOTA INDONESIA

Indonesia dikenal sebagai salah satu negara yang memiliki *mega diversitas* spesies hayati dan merupakan *mega center* biodiversitas dunia. Kekayaan biodiversitas Indonesia sebanding dengan Negara Brasil yang memiliki luasan daratan lebih dari 5 kali besarnya (Mac Kinnon, 1992;

Indrawan *et al.*, 2012). Pada saat ini, telah tercatat keanekaragaman jenis flora sebagai berikut: 1.500 jenis alga, 80.000 jenis tumbuhan berspora berupa jamur, 595 jenis lumut kerak, 2.197 jenis paku-pakuan, dan 30.000-40.000 jenis tumbuhan berbiji. Sementara itu, data diversitas faunanya terdapat 8.157 spesies vertebrata (mamalia, burung, herpetofauna, dan ikan) dan 1.900 spesies kupu-kupu (Widjaja *et al.*, 2014). Di samping itu, karena keunikan geologi Indonesia menyebabkan tingginya endemisitas flora, fauna, dan mikroba. Indonesia memiliki endemisitas tertinggi di dunia untuk beberapa kelompok fauna, di antaranya 270 jenis mamalia, 386 jenis burung, 328 jenis reptil, 204 jenis amphibian, dan 280 jenis ikan (Widjaja *et al.*, 2014).

Indonesia sebagai negara dengan *mega biodiversitas* perlu terus disosialisasikan, karena secara realitas sumber daya hayati ini telah memberikan basis kehidupan yang sangat diperlukan dan bermanfaat bagi Bangsa Indonesia maupun dunia. Ketimpangan hubungan antara manusia dengan lingkungan berdampak pada terjadinya kerusakan habitat. Kerusakan habitat, baik secara langsung maupun tidak, berpengaruh terhadap penurunan populasi dan punahnya berbagai jenis biota. Pengurangan populasi katak genus *Rana* yang berhabitat di persawahan akibat perburuan untuk konsumsi dan cemaran kimiawi perairan habitat tempat bertelurnya telah meningkatkan populasi hama pertanian seperti wereng dan lalat penghisap penular penyakit tanaman (Pratomo, 2004). Selain karena rusaknya habitat, kehilangan jenis biota juga disebabkan oleh pengaruh masuknya jenis asing invasif, pencemaran, eksploitasi yang berlebihan, dan perubahan iklim (Widjaja *et al.*, 2014). Sementara ini menjadi semakin jelas bahwa hilangnya keanekaragaman hayati cenderung mengurangi produktivitas dan ketahanan ekosistem secara keseluruhan, dan bukti semakin kuat bahwa dalam memelihara proses ekosistem ganda membutuhkan sejumlah besar spesies (Naeem *et al.*, 2009).

Spesies-spesies yang sementara ini hanya hidup di penangkaran diupayakan agar dapat kembali memainkan peranannya dalam ekologi dan evolusi pada komunitas biologi. Apabila dibandingkan dengan populasi tangkaran yang hidup dengan kondisi terbatas, maka populasi-populasi alami liar dipastikan memiliki kemampuan yang lebih baik dalam menghadapi berbagai bencana yang disebabkan oleh manusia, misalnya epidemi dan peperangan. Risiko kepunahan yang akan terjadi pun

diharapkan relatif lebih kecil apabila terjadi peningkatan jumlah dan ukuran populasi suatu spesies.

Reintroduksi memiliki makna yang sempit dalam suatu studi evaluasi terhadap program ini, yaitu sebagai suatu kegiatan melepaskan hewan yang lahir dalam penangkaran dan dikembalikan pada wilayah sebaran alaminya. Di era pembangunan yang mengutamakan ekonomi hijau, dan selaras dengan program *Sustainable Development Goals* (SDGs) yang bertujuan untuk meningkatkan kesejahteraan manusia dengan mengurangi resiko kerusakan terhadap lingkungan, maka kekayaan biota Indonesia merupakan sumber yang berpotensi untuk lebih dikembangkan dan digali manfaatnya (Beck *et al.*, 1994; Meijaard, 2001; IUCN/SSR, 2013). Pemahaman yang sangat mendasar terhadap keberagaman program edukasi tentang pentingnya pemanfaatan beragam fauna secara bijak dan berkelanjutan, dapat diwujudkan di dalam kurikulum pendidikan untuk seluruh strata pendidikan di Indonesia, sehingga harapan untuk tetap terjaganya kelestarian hewan-hewan yang status konservasinya mengkhawatirkan akan berubah menjadi berisiko rendah.

EKSPLOITASI FAUNA SECARA BERLEBIHAN

Pada saat ini eksploitasi berlebihan yang dilakukan oleh manusia diprediksi telah mengancam sepertiga jumlah mamalia dan burung yang status konservasinya genting dan rentan kepunahan (Hilton-Taylor, 2000). Keberadaan manusia agar tetap bertahan hidup perlu adanya bahan makanan, dan untuk mendapatkannya dilakukan dengan cara berburu, memanen, serta mengambil sumber daya alam hayati lainnya. Selama populasi manusia masih sedikit dan selama pemanfaatan sumber daya alam masih menggunakan metode sederhana/tradisional maka manusia secara kontinyu dapat berburu hewan dan memanen tumbuhan di lingkungan alam sekitarnya. Namun semakin bertambahnya populasi manusia, pemanfaatan sumber daya alam dan lingkungan meningkat pesat, didukung pula cara-cara pemanenan yang semakin efisien, begitu pula dengan kemajuan teknologi di bidang persenjataan maupun perkapalan, menjadikan karakter manusia berubah drastis sehingga di beberapa daerah nyaris menghabiskan hewan-hewan besar dari berbagai komunitas biologi (Indrawan *et al.*, 2012; Angulo & Courchamp, 2009).

Pada banyak daerah di dunia, daging hewan liar (*bushmeat*) merupakan sumber protein yang sangat penting bagi pertumbuhan manusia. Menurunnya populasi hewan akibat perburuan hewan secara intensif dikenal dengan istilah *krisis bushmeat*, hal tersebut menjadi perhatian paling utama bagi para pejabat pengambil kebijakan terkait di bidang *wildlife* di Indonesia. Berikut beberapa solusi penyelesaian masalah *bushmeat* di antaranya dengan pembatasan penjualan dan pengangkutan *bushmeat*, pembatasan penjualan senjata api dan amunisi, penutupan akses jalan menuju jalur penebangan kayu, perluasan perlindungan bagi spesies kunci yang terancam punah, pembentukan cagar alam yang melarang adanya perburuan, dan menyediakan alternatif sumber protein untuk mengurangi permintaan *bushmeat* (Robinson *et al.*, 1999).

Di Indonesia, perdagangan *bushmeat* jarang ditemukan, namun aktivitas ini berlangsung cukup intensif di beberapa daerah bagian utara Pulau Sulawesi (Lee, 1999). Tidak kurang dari 27 spesies satwa diketahui bahwa diburu untuk dijadikan bahan makanan, termasuk berbagai mamalia endemik dan terancam punah seperti kuskus kerdil (*Strigocuscus celebensis*), tiga spesies monyet endemik Sulawesi yakni *Macaca hecki*, *M. nigra*, dan *M. nigrescens*, Anoa (*Bubalus spp.*), dan babirusa (*Babyrousa babyrousa*). Keberadaan daging satwa-satwa liar tersebut merupakan makanan penting (menu tradisional) bagi penduduk setempat. Barangkali permasalahan ini tidak akan terlalu besar bila perburuan dilakukan pada tingkat subsistensi, dan bila kepadatan penduduk yang mengkonsumsinya tidak tinggi. Realitanya, *bushmeat* tersebut telah memasuki ekonomi pasar, dan telah menjadi komoditas perdagangan yang sesungguhnya, sehingga penangkapan pun semakin meluas dan mencapai daerah Gorontalo bahkan sampai wilayah Sulawesi Tengah (Lee, 1999).

Adakalanya informasi data eksploitasi beberapa jenis hewan tidak begitu jelas jumlahnya sehingga sulit untuk memprediksi besaran populasi di habitatnya seperti yang terjadi pada katak dan curik/jalak Bali. Perdagangan lengan katak di seluruh dunia, setiap tahun Indonesia mengekspor lengan katak sekitar 94-235 juta katak ke beberapa negara Eropa Barat untuk dikonsumsi sebagai makanan mewah. Tidak ada informasi bagaimana pengambilan yang intensif ini memberikan dampaknya pada populasi katak, ekologi hutan, dan pertanian. Tidaklah

mengherankan, nama spesies katak dalam label pengiriman seringkali salah, sehingga menambah kesulitan untuk memperhitungkan seberapa besar masalahnya (Veith *et al.*, 2000).

Contoh tentang perburuan dan perambahan curik Bali atau burung jalak Bali (*Leucopsar rothschildi*) oleh manusia hingga menyebabkan status konservasi spesies ini termasuk dalam kategori 'kritis' menurut IUCN dan Birdlife International (Shannaz *et al.*, 1995). Curik Bali ditemukan oleh seorang biolog, Erwin Stresemann secara kebetulan pada tahun 1911. Burung endemik Pulau Bali tersebut memiliki habitat di daerah hutan musim dan komunitas padang rumput-akasia. Pada zaman dahulu, curik dapat dijumpai di sepertiga bagian Pulau Bali, namun kini hanya terdapat di Taman Nasional Bali Barat, dan di ujung barat laut Pulau Bali. Bahkan menurut informasi penduduk setempat sekitar tahun 1960-an sebaran curik Bali mencapai ujung bagian barat dan ujung barat daya Pulau Bali bagian barat. Namun, pada pertengahan tahun 1980-an, sebaran jenis ini telah menyusut, dari sekitar 300 km persegi pada saat ditemukan pertama kali hingga sekitar 60 km persegi pada pertengahan tahun 1980-an. Menurut Jepson *et al.* (1997), pada pertengahan tahun 1990-an burung tersebut ditemukan berbiak hanya di lokasi yang luasnya sekitar 2,5-3 km persegi di Teluk Kelor dan Teluk Brimbun. Penurunan yang sangat drastis terhadap populasi burung yang tergolong paling langka serta terancam punah ini, lebih disebabkan oleh penebangan hutan di masa lampau dan tingginya intensitas perburuan secara liar (ilegal) untuk diperdagangkan sebagai satwa peliharaan (Indrawan *et al.*, 2012).

Pada umumnya masyarakat tradisional memiliki aturan-aturan tertentu untuk mencegah terjadinya eksploitasi sumber daya alam hayati secara berlebihan. Beberapa contoh yang dapat digunakan sebagai rujukan pembandingan bagi masyarakat Indonesia antara lain: izin memanen suatu spesies tertentu dikontrol dengan ketat dan larangan melakukan perburuan atau pemanenan pun diberlakukan pada daerah-daerah tertentu. Terkadang ada pula larangan untuk mengambil betina, anak-anak hewan atau hewan yang masih kecil ukuran tubuhnya. Beragam aturan tersebut memungkinkan masyarakat tradisional memanfaatkan sumber daya milik bersama dalam jangka panjang dan secara berkelanjutan (Indrawan *et al.*, 2012).

PRIORITAS KONSERVASI NASIONAL

Biologi konservasi merupakan ilmu lintas-disiplin yang dikembangkan untuk menghadapi berbagai tantangan demi melindungi spesies dan ekosistem. Terdapat tiga tujuan konservasi yaitu *pertama*, menyelidiki dampak manusia terhadap keberadaan dan kelangsungan hidup spesies, komunitas, dan ekosistem; *kedua*, mengembangkan pendekatan praktis untuk mencegah kepunahan spesies, menjaga variasi genetik dalam spesies, serta melindungi dan memperbaiki komunitas biologi dan fungsi ekosistem terkait; dan *ketiga*, mempelajari serta mendokumentasi seluruh aspek keanekaragaman hayati di bumi (Wilson, 1992).

Informasi berharga tentang jenis biota yang dikoleksi dan bagaimana keadaan habitatnya pada saat sekarang merupakan hal yang sangat diperlukan, dengan demikian untuk mengetahui status konservasi suatu spesies langka perlu dilakukan upaya sensus di lapangan, selanjutnya secara berkala dilakukan pemantauan populasi-populasi dari spesies tersebut. Adapun untuk memperkirakan ukuran populasi, perlu diterapkan metode sensus dengan cara mendata semua individu yang ada. Berikut disajikan data beberapa jenis fauna yang status konservasinya menjadi jenis prioritas konservasi berskala nasional (Tabel 1).

Tabel 1. Jenis-jenis Fauna yang Menjadi Jenis Prioritas Konservasi Nasional

| No | Jenis | Nama Ilmiah | Status Perlindungan | | |
|----|----------------------|---------------------------------|---------------------|-------|------|
| | | | PP7 th 1999 | CITES | IUCN |
| 1 | Harimau Sumatra | <i>Panthera tigris sumatrae</i> | Dilindungi | I | EN |
| 2 | Gajah Sumatra | <i>Elephans maximus</i> | Dilindungi | I | EN |
| 3 | Badak Jawa | <i>Rhinoceros sondaicus</i> | Dilindungi | I | CR |
| 4 | Banteng | <i>Bos javanicus</i> | Dilindungi | I | EN |
| 5 | Owa Jawa | <i>Hylobates moloch</i> | Dilindungi | I | EN |
| 6 | Orangutan Kalimantan | <i>Pongo pygmaeus</i> | Dilindungi | I | EN |
| 7 | Bekantan | <i>Nasalis larvatus</i> | Dilindungi | I | EN |

| | | | | | |
|----|-------------|---------------------------------|------------|-----|----|
| 8 | Komodo | <i>Varanus komodoensis</i> | Dilindungi | I | VU |
| 9 | Curik Bali | <i>Leucopsar rothschildi</i> | Dilindungi | I | CR |
| 10 | Bluwok | <i>Nycteria cinerea</i> | Dilindungi | I | EN |
| 11 | Surili Jawa | <i>Presbitys comata</i> | Dilindungi | I | EN |
| 12 | Bilou | <i>Hylobates klosii</i> | Dilindungi | Non | EN |
| 13 | Cendrawasih | <i>Paradisaea rubra</i> | Dilindungi | Non | NT |
| 14 | Siamang | <i>Symphalangus syndactylus</i> | Tidak | Non | EN |

Sumber: Kementerian Kehutanan Republik Indonesia (2008).

Keterangan:

EN : *Endangered* (genting)

CR : *Critically endangered* (kritis)

VU : *Vulnerable* (rentan)

NT : *Near Threatened* (nyaris atau mendekati terancam punah)

IUCN : *International Union Conservation for Nature*

CITES : *Convention on International Trade in Endangered Species.*

Pembuatan kategori keterancaman akan membantu menarik perhatian para pihak terhadap spesies yang langka dan terancam punah, serta memudahkan upaya memprioritaskan perlindungan spesies dan keanekaragaman hayati pada umumnya, baik pada tingkat nasional maupun internasional. Pada tingkat internasional, daftar dan perlindungan spesies terancam punah diatur melalui kesepakatan internasional seperti CITES. Spesies terancam punah akan didaftarkan dalam *Red Data Book* dan *Red List*.

CITES dibentuk tahun 1973 berpusat di Swiss, perjanjian ini telah diratifikasi oleh lebih dari 150 negara (Saterson, 2001). Indonesia meratifikasi CITES pada tahun 1978 melalui Keputusan Presiden No.43. Tugas CITES secara umum adalah menyusun daftar (dikenal sebagai *Appendix* atau lampiran) spesies perdagangan yang dipantau. Negara-negara anggota CITES telah menyetujui untuk membatasi perdagangan dan eksploitasi yang merusak dari spesies tersebut. Appendix I terdiri atas 827 spesies hewan dan tumbuhan yang dilarang untuk diperdagangkan. Appendix II terdiri atas sekitar 4.400 spesies hewan dan 28.000 spesies tumbuhan yang perdagangannya diatur dan dipantau (Indrawan *et al.*, 2012).

Apabila merujuk pada paparan Tabel 1 tekanan terhadap keanekaragaman fauna di Indonesia semakin tinggi. Hal ini disebabkan oleh adanya peningkatan populasi manusia, bencana alam, perubahan iklim, dan kegiatan antropogenik lainnya, sehingga berdampak pada berbagai perubahan lingkungan, yang secara langsung berpengaruh terhadap status konservasi beberapa fauna unik yang langka mengalami gradasi menurun menuju status genting (*endangered*).

Berdasarkan IUCN *Red Data List* tahun 2013, jumlah flora dan fauna Indonesia tercatat sebanyak 6.906 jenis yang terdiri atas 1.172 jenis flora dan 5.734 fauna. Jumlah tersebut lebih besar daripada yang sudah tercatat pada tahun 2011, yaitu sebanyak 755 jenis flora dan 4.640 fauna (Widjaja *et al.*, 2011). Jumlah fauna yang punah ada dua jenis, yaitu *Coryphomys buehleri* dari ordo Rodentia dan *Macrobrachium leptodactylus* dari ordo Decapoda (Widjaja *et al.*, 2014). Fauna Indonesia yang memiliki status konservasi dalam IUCN berasal dari 18 kelas, yaitu kelompok ikan Actinopterygii, Chondrichthyes dan Sarcopterygii; kelompok terumbu karang dan ubur-ubur: Anthozoa dan Hydrozoa; kelompok Moluska: Bivalvia, Cephalopoda, dan Gastropoda; kelompok udang-udangan: Malacostraca dan Maxillopoda; Aves (burung); Amfibi; Reptilia; Mamalia; Holothuroidea (Echinodermata/timun laut); Insecta (serangga), Merostomata (belangkas); dan Polychaeta (cacing) (Widjaja *et al.*, 2014).

Tantangan yang sangat realitis adalah bagaimana upaya konservasi dapat menekan laju kepunahan spesies dengan kemampuan sumber daya manusia dan dana yang sangat terbatas. Terdapat tiga kriteria dalam menetapkan prioritas untuk konservasi, yakni *pertama, kekhasan*, suatu komunitas hayati diberi prioritas yang lebih tinggi bagi konservasi bila memiliki lebih banyak spesies langka dan endemik. Suatu spesies dapat bernilai lebih tinggi apabila secara taksonomis bersifat unik; *kedua, keterancamannya*, spesies yang menghadapi ancaman kepunahan membutuhkan penanganan lebih dibandingkan spesies yang tidak terancam kepunahan (Root *et al.*, 2003); *ketiga, kegunaannya*, spesies yang memiliki kegunaan nyata atau berpotensi bagi manusia seperti gandum dan kerabatnya perlu diberikan prioritas konservasi lebih tinggi dibandingkan spesies yang tidak memiliki kegunaan langsung bagi manusia.

Berdasarkan ketiga kriteria tersebut pemerintah telah menetapkan arah dan strategi pelestarian berbagai jenis biota, terutama pada jenis-jenis yang dilindungi dan terancam punah melalui Peraturan Menteri Kehutanan Nomor P.57/Menhut-II/2008 tentang Arahan Strategis Konservasi Spesies Nasional 2008-2018. Peraturan tersebut mencakup strategi konservasi jenis-jenis prioritas untuk kelompok flora dan fauna. Penerapan strategi konservasi dilakukan secara bertahap dengan target capaian kenaikan persentase populasi jenis yang diprioritaskan (Widjaja *et al.*, 2014). Pada saat ini, target pemerintah untuk kenaikan jumlah jenis difokuskan pada 14 jenis fauna prioritas sebagaimana tercantum dalam Tabel 2.

Tabel 2. Kenaikan Individu pada 14 Jenis Prioritas Nasional

| Nama Jenis Target | Rata-rata % kenaikan per jenis 2011 | Rata-rata % kenaikan per jenis 2012 | Rata-rata % kenaikan per jenis 2013 |
|-------------------|---|---|---|
| Banteng | 23,88 | 8,02 | 13,97 |
| Badak Jawa | -27,08 | 6,25 | 20,83 |
| Harimau Sumatra | 10,74 | 28,15 | 19,48 |
| Gajah Sumatra | 0,19 | 1,315 | -8,42 |
| Babirusa | 4,62 | 20,24 | 26,01 |
| Anoa | 0,37 | 19,51 | 22,67 |
| Owa Jawa | 0,58 | 1,75 | 2,33 |
| Orangutan | 1,07 | 1,81 | -26,44 |
| Bekantan | 105,48 | 126,18 | 286,86 |
| Komodo | 34,15 | 39,10 | 52,61 |
| Curik Bali | 17,85 | 11,90 | -4,76 |
| Maleo | 4,53 | 72,02 | 103,14 |
| Elang Jawa | 5,00 | 39,28 | 59,44 |
| Kakatua Kecil | 10,10 | 78,07 | 84,95 |
| Jambul Kuning | | | |
| Rata-rata | 13,68 | 32,40 | 46,62 |
| Peningkatan (%) | | | |

Sumber : Widjaja *et al.*, (2014)

PROGRAM REINTRODUKSI FAUNA

Terdapat tiga pendekatan utama bagi pembentukan populasi baru untuk jenis tumbuhan maupun hewan, yakni a) program penambahan (*augmentation*), b) program introduksi, dan c) program reintroduksi (Supriatna, 2008). Program reintroduksi fauna yang penting untuk dilakukan dijelaskan di bawah ini:

1. Program Penambahan (*Augmentation*) Populasi

Merupakan upaya melepas individu baru ke suatu populasi untuk meningkatkan ukuran populasi tersebut maupun kumpulan gennya. Individu yang dilepas tersebut dapat berupa hasil dari penangkaran maupun penangkaran. Salah satu contoh program penambahan populasi tersebut melalui pendekatan *headstarting*, yakni dengan cara membesarkan hewan dalam penangkaran hingga melewati masa mudanya yang relatif dalam kondisi berbahaya dan kemudian hewan tersebut dilepaskan kembali ke alam bebas (Supriatna, 2008). Misalnya bayi penyu yang dipelihara selama masa mudanya selanjutnya setelah melewati masa tersebut bayi penyu dilepas ke alam bebas. Di negara Indonesia contoh-contoh penambahan populasi dapat dilihat antara lain di Taman-taman Nasional Kepulauan Seribu dan Alas Purwo. Program *headstarting* juga dilakukan untuk burung Maleo (*Macrocephalon maleo*) di Cagar Alam Panua, Gorontalo.

2. Program Introduksi

Yaitu mencakup pemindahan satwa dan tumbuhan ke daerah di luar sebaran alaminya. Pendekatan demikian perlu dilakukan apabila lokasi alami tempat asal spesies telah mengalami kerusakan, sehingga spesies tersebut tidak akan mampu untuk bertahan hidup (Supriatna, 2008). Program introduksi mungkin dapat dilaksanakan apabila faktor penyebab penurunan populasi tidak dapat dihambat lagi sehingga tidak mungkin lagi dilakukan program reintroduksi spesies. Kemungkinan program introduksi dapat dilakukan apabila ketika lingkungan di daerah sebaran suatu spesies telah mengalami degradasi sehingga menyulitkan keberlangsungan hidup spesies tersebut. Program introduksi spesies ke lokasi baru harus dilakukan dengan penuh ketelitian dan sangat berhati-hati. Hal ini perlu dicermati karena risiko dari introduksi adalah spesies

tersebut dapat merusak ekosistemnya yang baru ataupun mengganggu populasi setempat yang sedang terancam kepunahan. Lebih lanjut, diperlukan upaya khusus untuk menjaga agar individu-individu yang dilepas tidak membawa ataupun terinfeksi penyakit yang dapat ditularkan ke populasi alam.

3. Program Reintroduksi

Merupakan upaya melepaskan hewan hasil penangkaran maupun tangkapan ke daerah sebaran asal yang pernah mengalami kepunahan spesies tersebut. Tujuan utama program reintroduksi adalah untuk menciptakan populasi baru di lingkungan asalnya dan memperbaiki ekosistem yang mengalami kerusakan (Supriatna, 2008). Contoh, pada tahun 1995 dilaksanakan pelepasan serigala abu-abu ke Taman Nasional Yellowstone, Amerika Serikat, dengan tujuan untuk mengembalikan keseimbangan antara pemangsa dan herbivor yang pernah terbentuk sebelum daerah tersebut dipengaruhi campur tangan manusia (Smith *et al.*, 2003; Soule *et al.*, 2003). Seringkali, untuk menjamin adaptasi genetik pada suatu lokasi, individu-individu hewan dilepas di tempat mana mereka dan induk mereka tertangkap. Terkadang individu-individu tersebut dapat dipindahkan dan dilepas ke lokasi perlindungan lain dalam kisaran geografis alaminya. Reintroduksi tersebut dilakukan bila populasi tersebut menghadapi ancaman baru di lokasi asalnya, atau bila terjadi rintangan fisik yang secara alami maupun buatan akan mengganggu kemampuan spesies itu untuk menyebar secara alami.

Upaya-upaya pembentukan populasi tersebut hanya dapat bekerja dengan efektif jika berbagai faktor penyebab penurunan populasi alaminya telah diketahui, dimusnahkan, atau sekurang-kurangnya dikendalikan (Tutin *et al.*, 2001). Contoh dapat dipelajari pada penyelamatan burung Kakapo (*Strigops habroptilus*) di Selandia Baru. Burung Kakapo merupakan sejenis burung nuri bertubuh besar yang hidup di lantai hutan, tidak bisa terbang, dan telah punah dari daratan atau pulau utamanya yaitu Selandia Baru. Penyebab utama kepunahannya karena pemangsaan oleh satwa karnivora yang berasal dari luar habitat alaminya seperti kucing, “weasel”, “stoat”, dan “ferret” (Merton, 2006).

Pembentukan populasi baru bagi burung Kakapo menemui kendala karena luasnya kawasan pulau utama sehingga untuk menyingkirkan

pemangsa yang diintroduksi dari seluruh kawasan dirasakan sangat sulit. Berbagai alternatif penyelesaian ditawarkan dan akhirnya disetujui, yakni dengan menempatkan Kakapo dalam pulau-pulau kecil yang tidak memiliki pemangsa. Pada tahun 1975 ditemukan tiga pulau kecil yang relatif aman dari predator mamalia, dan pulau-pulau tersebut sesuai sebagai habitat burung Kakapo. Secara komprehensif dilakukan upaya perlindungan dan pengelolaan Kakapo di dalam habitat alaminya ini selama kurang lebih 30 tahun. Tujuan pengelolaan tersebut meliputi: memaksimalkan kelangsungan hidup telur dan anakan yang dihasilkan secara alami, meningkatkan frekuensi berbiak pada Kakapo, dan mengelola keanekaragaman genetik untuk mengatasi masalah fekunditas dan penetasan yang rendah (Merton, 2006).

Sistem pengelolaan burung Kakapo akhirnya membuahkan hasil sejak dinyatakan statusnya kritis pada tahun 1990-an. Semenjak tahun 1995, jumlah burung Kakapo telah meningkat hingga 68% dan kini terdapat 86 individu yang bertahan hidup di alam (Merton, 2006). Kunci utama keberhasilan pembentukan populasi baru ini adalah menempatkan spesies tersebut pada habitat sesuai yang belum dihuni, atau bahkan menciptakan habitat yang baru sama sekali.

PERSYARATAN KEBERHASILAN PROGRAM REINTRODUKSI

Program-program yang berorientasi pada pembentukan populasi baru merupakan hal yang cukup sulit dan memerlukan biaya besar, karena pada kegiatan tersebut diperlukan komitmen penuh untuk kurun waktu yang relatif lama. Contoh, program untuk menangkap, membesarkan, memantau, dan melepas spesies langka seperti burung Condor dari California, “Peregrine falcon”, dan “Black footed ferrets” di Amerika Serikat, dan juga Orangutan di Sumatera dan Kalimantan telah menelan biaya jutaan dolar dan waktu kerja bertahun-tahun.

Keputusan memulai program reintroduksi seringkali membangkitkan emosi masyarakat luas, bahkan di Amerika Serikat sekalipun, program-program demikian sering mendapat kritikan karena dianggap menghamburkan uang jutaan dolar AS hanya untuk beberapa ekor burung yang jelek. Sementara alasan yang lain adalah keberadaan hewan tersebut tidak diperlukan lagi karena di tempat lain sudah banyak misalnya untuk kasus perlindungan serigala; dianggap program tersebut

selalu tidak berhasil karena setelah hewan dilepas kondisinya banyak yang mati; ada lagi yang beranggapan bahwa program tersebut dinilai tidak etis karena dengan menangkap hewan selanjutnya dipelihara di kebun binatang merupakan kegiatan yang tidak baik jika dibandingkan hewan tersebut dibiarkan hidup bebas dan tenang. Sebagai jawaban terhadap semua kritik tersebut yakni gabungan antara program reintroduksi dengan program penangkaran merupakan harapan terbaik untuk melestarikan spesies, baik yang hampir punah di alam maupun yang sedang mengalami penurunan drastis, meskipun program reintroduksi tidak selalu tepat untuk penyelamatan suatu spesies yang berstatus terancam.

Tantangan terpenting dalam program reintroduksi adalah adanya peranan masyarakat lokal di dalamnya, karena bagaimanapun masyarakat memiliki kepentingan terhadap keberhasilan penyelamatan suatu spesies. Keterlibatan langsung maupun tidak langsung oleh masyarakat sangatlah penting bagi setiap upaya konservasi. Suatu program harus dapat dijelaskan kepada masyarakat setempat agar mereka mau mendukung, atau setidaknya bersedia menerima program tersebut (Milton *et al.*, 1999). Pemberian insentif sebagai bagian dari program kepada masyarakat akan lebih sering membuahkan hasil dibandingkan dengan penegakan aturan dan hukum secara kaku. Contoh program reintroduksi serigala di Wyoming, Amerika Serikat, pemberian insentif berupa pembayaran tunai secara langsung kepada pemilik peternakan yang kehilangan satwanya. Sementara untuk mempertahankan dukungan masyarakat terhadap program tersebut, sejumlah kecil serigala yang kerap menyerang ternak masyarakat terpaksa tetap dibunuh (Nyhus *et al.*, 2003).

Persyaratan lain agar program reintroduksi, augmentasi, dan introduksi dapat berhasil maka perlu dipelajari dan dipertimbangkan organisasi sosial serta perilaku dari hewan yang akan dilepaskan (Festa-Bianchet & Apollonio, 2003). Secara naluri hewani, hewan-hewan sosial yang hidup dan dibesarkan di alam seperti mamalia dan beberapa jenis burung akan belajar menyesuaikan diri terhadap lingkungan dan sesama hewan lainnya agar tetap bertahan hidup. Termasuk di dalamnya kemampuan bersosialisasi dalam mencari makanan bersama, menyadari adanya bahaya, menemukan pasangan hidupnya, membesarkan anak, dan melakukan perpindahan. Menurut McPhee (2003), pada umumnya

hewan-hewan yang dibesarkan di dalam penangkaran belum tentu memiliki keahlian-keahlian sosial tersebut. Oleh karena itu, untuk mengatasi masalah sosialisasi tersebut, sebelum dan sesudah dilepaskan ke lingkungan di alam bebas, mamalia dan burung-burung dalam penangkaran membutuhkan pelatihan termasuk diantaranya juga menghindari pemangsa (Curio, 1996).

Pada program reintroduksi juga diperlukan pemantauan dan perawatan khusus selama proses pelepasan atau sesegera mungkin setelah pelepasan terutama untuk beberapa spesies satwa. Pelepasan secara bertahap dan dipantau atau didampingi manusia dikenal sebagai *soft release* (Kleiman, 1999). Barangkali sebelum mereka dapat hidup mandiri maka hewan-hewan tersebut perlu diberikan makanan dan tempat berlindung pada lokasi pelepasannya. Proses kegiatan ini bersifat sementara agar mereka dapat mengenali daerah pelepasan dengan baik dan mandiri secara perlahan (Castro *et al.*, 2003).

Program pemantauan merupakan unsur penting untuk melihat apakah upaya pembentukan spesies baru dengan berbagai tujuannya dapat tercapai (Hughes *et al.*, 2003). Bahkan dampak yang lebih besar dari program reintroduksi juga perlu diketahui, dengan demikian diharapkan para ilmuwan dan para peneliti juga harus memantau komponen penting lainnya dalam ekosistem. Contoh, ketika pemangsa dimasukkan ke dalam suatu ekosistem, secara langsung keberadaannya akan berpengaruh terhadap spesies pesaingnya dan spesies mangsa, namun secara tidak langsung akan berpengaruh terhadap tutupan vegetasi (Berger *et al.*, 2001). Seperti yang terjadi di Amerika Serikat, suatu program reintroduksi populasi berang-berang yang mendapat dukungan dari masyarakat umum, namun kecaman dan kritik keras datang dari para nelayan karena menurunkan populasi ikan dan udang (Fanshawe *et al.*, 2003).

Keberhasilan suatu program reintroduksi memiliki nilai pendidikan tersendiri. Di Timur Tengah dan Afrika, hasil penangkaran 'Arabian Oryx' (*Oryx leucoryx*) telah berhasil direintroduksi ke daerah-daerah padang pasir yang sebelumnya pernah dihuni oleh mereka. Seperti di negara Oman program reintroduksi 'oryx' merupakan hal penting karena merupakan lambang negara, serta menjadi sumber pekerjaan bagi masyarakat setempat Bedouin sebagai pelaksana program (Stanley-Price, 1989).

DISKUSI

Pada saat kualitas lingkungan mengalami penurunan maka keberadaan ekosistem akan terdegradasi sehingga berdampak pada terancamnya kelestarian sumber daya alam hayati dan diketahui secara pasti bahwa hampir setiap hari telah terjadi degradasi lingkungan, terutama pada ekosistem pulau kecil, hutan pamah, dan pegunungan tinggi. Permasalahan mendasar yang menjadi penyebabnya adalah tingginya laju pertumbuhan penduduk, kemiskinan, deforestasi, kebakaran hutan dan lahan, degradasi dan fragmentasi habitat, pengambilan yang berlebihan, persebaran jenis-jenis invasif, pencemaran, serta perubahan iklim (Widjaja *et al.*, 2014). Di samping itu, permasalahan besar juga terjadi di Indonesia yang memiliki skala kepentingan cukup tinggi adalah eksploitasi secara berlebihan terhadap sumber daya alam hayati termasuk di dalamnya berbagai fauna bernilai ekonomi tinggi dan eksotik sehingga dikhawatirkan akan mengancam status konservasinya maupun keberlanjutan produksinya pada masa yang akan datang.

Program reintroduksi satwa terancam punah yang sedang dilakukan pemerintah pada saat ini adalah rehabilitasi dan pelepas-liaran Orangutan (*Pongo pygmaeus*) ke habitat alaminya. Sebetulnya program pengembalian Orangutan ke habitatnya sudah dilakukan sejak tahun 1980-an baik yang ada di Sumatera maupun Kalimantan, terutama dari hasil program rehabilitasi. Bahkan pada tahun 1990 program rehabilitasi dan reintroduksi Orangutan sudah dimodifikasi berdasarkan pengalaman dan kebutuhan yang dipelajari sebelumnya, sehingga dilakukan melalui beberapa tahapan sebagai berikut: 1) penyitaan satwa peliharaan, 2) karantina dan pemeriksaan kesehatan, 3) kandang sosialisasi yang dilengkapi pengayaan (*enrichment*), 4) sosialisasi alam di lingkungan hutan, 5) pelepasliaran (*release*), 6) tetap dilakukan pemantauan setelah dilepasliarkan (Rijksen & Meijaard, 1999). Terdapat 5 faktor penentu keberhasilan yang teridentifikasi berhubungan atau berpengaruh pada keberhasilan proses reintroduksi orangutan, yaitu umur, jenis kelamin, perlakuan yang diberikan, riwayat hidup (latar belakang), dan lama proses tahapan yang dilalui orangutan (Santosa *et al.*, 2012)

Pada saat sekarang program rehabilitasi dan reintroduksi Orangutan menghadapi berbagai kendala di antaranya, *pertama* risiko penularan

penyakit baik berasal dari satwa yang dilepas ke populasi alami maupun berasal dari interaksi manusia dengan satwa peliharaan ke populasi alaminya. *Kedua*, biaya untuk rehabilitasi Orangutan sangat tinggi apabila menggunakan prosedur resmi terstandar dapat mencapai US\$ 195/bulan/Orangutan. *Ketiga*, tingkat keberhasilan pelepasan sulit untuk diketahui. Data yang ada dari Kalimantan menunjukkan bahwa satwa lepasan mengalami tingkat mortalitas yang tinggi setelah pelepasan, baik satwa tersebut dari generasi pertama yakni satwa yang lahir di alam namun sempat dipelihara manusia maupun generasi kedua yaitu satwa yang lahir di pusat-pusat rehabilitasi (Singleton *et al.*, 2004). Ditegaskan pula oleh Carel van Schaik (1996), bahwa bagaimanapun daya tampung hutan tropika humida dataran rendah sebagai habitat alami Orangutan akan terbatas dan bahkan menyempit akibat pembalakan yang berlangsung terus menerus, sehingga pelepasliaran ke kawasan dilindungi-pun tidak dapat menjamin penghentian laju kepunahan.

Berdasarkan hal tersebut serta pertimbangan kendala dan biaya maka perlu dipertanyakan kembali apakah upaya reintroduksi Orangutan masih perlu dilanjutkan? Sebagai jawaban atas pertanyaan tersebut perlu dipertimbangkan beberapa hal, *pertama* melalui berbagai kasus bahwa Orangutan seringkali telah menjadi sorotan ranah informasi utama media masa yang memiliki peranan penting sebagai perlambang penegakan hukum, di samping bernilai tinggi sebagai perwakilan pendidikan pelestarian spesies dan habitat hutan tropika humida di Indonesia. *Kedua*, pelepasan akan tetap diperlukan bila manusia ingin mengembalikan harkat individu (kualitas hidup) Orangutan yang dipelihara, dan pusat-pusat rehabilitasi itu sendiri memberikan kesempatan yang baik untuk mempelajari perilaku Orangutan (Singleton *et al.*, 2004).

Bukan hal baru lagi bahwa penanganan penyelamatan Orangutan di Indonesia telah lama dilakukan melalui kerjasama antara pemerintah dengan organisasi WWF, namun begitu ketercapaian program konservasi hewan tersebut terkesan lambat bahkan mengkhawatirkan untuk keberhasilannya. Penulis memberikan sumbangan pemikiran sebagai berikut:

- 1) Keberadaan hutan tropika humida dataran rendah sebagai habitat alami Orangutan merupakan sumber permasalahan utama yang harus dijaga serius dan dilestarikan keutuhan ekosistemnya oleh pemerintah dalam hal ini Kementerian KLH dan Kehutanan.

Komitmen pemerintah tersebut dapat diwujudkan melalui beberapa tindakan, seperti mengoptimalkan pengawasan hutan agar tidak terulang kembali pembalakan liar melalui pencitraan satelit, penggunaan drone, mengoptimalkan kerja polisi kehutanan agar lebih profesional, memberikan sanksi yang tegas dan maksimal terhadap pelaku illegal logging agar mampu memberikan efek jera supaya tidak terulang kembali kegiatan serupa.

- 2) Figur menteri KLH dan Kehutanan sebagai leader untuk keberhasilan program konservasi Orangutan diharapkan memiliki komitmen serius terhadap kelestarian primata tersebut melalui tindakan seperti turun langsung atau kunjungan kerja rutin ke tempat-tempat pemantauan keamanan wilayah hutan lewat pencitraan satelit atau penggunaan alat drone, namun adakalanya perlu juga turun kerja langsung ke lapangan untuk memotivasi kerja para polisi hutan agar lebih bertanggungjawab dan profesional akan tugas-tugas yang diembannya.
- 3) Dalam penanganan beberapa kasus pembalakan liar secara hukum maupun pemeliharaan Orangutan secara illegal oleh masyarakat, diharapkan menteri KLH dan Kehutanan memberikan perhatian khusus agar sanksi hukum yang diterapkan merupakan hukuman maksimal yang harus diberikan kepada pelanggar.
- 4) Apabila menteri KLH dan Kehutanan seringkali melakukan kunjungan kerja langsung ke lapangan diharapkan mampu membangun etos kerja jajaran staf dibawahnya untuk lebih profesional. Staf yang berkarya akan diapresiasi melalui kenaikan pangkat atau tunjangan lainnya, sebaliknya yang tidak produktif akan diusulkan untuk mengikuti pelatihan-pelatihan atau dimutasikan. Berbasis pada peningkatan etos kerja para stafnya, besar kemungkinan kerjasama pelestarian Orangutan dengan WWF semakin terukur keberhasilannya.
- 5) Kepala Balai Konservasi Sumber Daya Alam (BKSDA) untuk wilayah Kalimantan atau Sumatera yang merupakan kepanjangan tangan menteri KLH dan Kehutanan diharapkan memiliki komitmen yang serius pula dalam penyelamatan satwa primata ini. Sudah selayaknya Kepala Balai lebih mengutamakan kemampuan membangun kerjasama dan mengevaluasi program-program pelestarian

Orangutan yang telah dilakukan dengan WWF agar diperoleh kinerja yang sinergi dan profesional.

Kesan lambatnya penanganan program reintroduksi Orangutan tercermin pada Tabel 2, data pada tahun 2013 menunjukkan prosentase rata-rata kenaikan populasi Orangutan malah menurun sebesar -26,44%. Pada hal secara harfiah, makna penyelamatan Orangutan tidak lain juga penyelamatan manusia, karena keberadaan Orangutan dalam ekosistem hutan berfungsi sebagai penyebar biji-biji tanaman dari hasil kegiatan mencari dan mengunyah makanan. Aktivitas tidur Orangutan menjadikan tutupan kanopi hutan terbuka sehingga sebaran biji-biji di lantai dasar hutan mampu tumbuh sampai menjadi pohon. Proses fotosintesis yang terjadi pada vegetasi hutan mampu menyerap karbondioksida di udara dan menghasilkan oksigen yang diperlukan oleh manusia. Begitupula struktur komunitas hutan yang terjaga dengan baik akan mampu mengatur tatanan air bersih di lingkungan sekitarnya yang pada akhirnya untuk keperluan manusia.

Beberapa upaya lain untuk membangun pemahaman akan kepedulian dan pentingnya keberadaan Orangutan kepada masyarakat Indonesia dapat dilakukan dengan beragam cara pendekatan edukasi, salah satu di antaranya melalui perlombaan fotografi berskala nasional, berhadiah tropi dan uang jutaan rupiah dengan tema yang erat kaitannya terhadap dukungan eksistensi Orangutan. Sebagai daya tarik agar kekuatan lomba fotografi tersebut gaungnya senusantara, sebaiknya tempat penyelenggaraan dilakukan di Jakarta, kekuatan promosi diupayakan lewat media televisi dengan frekuensi penayangan berkategori sering, dapat pula lewat penyebaran leaflet di kampus-kampus mahasiswa ataupun sekolah-sekolah tingkat menengah, juga dapat lewat beragam media sosial online, dan dimungkinkan pula lewat media surat kabar. Hak cipta seluruh hasil karya foto menjadi hak milik panitia dan didokumentasikan untuk keperluan keberlanjutan kegiatan seperti penyelenggaraan pameran foto tentang eksistensi Orangutan. Bentuk edukasi yang diharapkan dari penyelenggaraan lomba fotografi tersebut kepada masyarakat agar tumbuh perasaan kasih sayang dan peduli terhadap satwa Orangutan, yakni berupa pemberian hadiah tropi berbentuk Orangutan kepada para pemenang, pemberian kaos bergambar Orangutan kepada seluruh peserta yang hadir, dan memuat

hasil karya fotografi para juara dalam media surat kabar yang beroplak nasional. Beragam bentuk apresiasi tersebut setidaknya mampu menjadi suatu kenangan yang membekas di pikiran masyarakat untuk berempati terhadap kondisi Orangutan yang status konservasinya kritis (Critically Endangered).

Pendekatan edukasi pada level anak-anak SD, SLTP, dan SLTA agar peduli dan kasih terhadap Orangutan yang status konservasinya kritis dilakukan melalui penyuluhan tentang pengenalan karakter Orangutan, pentingnya keberadaan Orangutan dalam ekosistem hutan, status konservasinya, program konservasi yang telah dilakukan oleh pemerintah, dan pada saat ini kondisi program konservasi tersebut sudah sampai dimana. Kegiatan edukasi lainnya pada tingkatan anak-anak SD dapat juga berbentuk lomba menggambar berhadiah piagam dan boneka Orangutan dengan tema lestarian Orangutan, atau berbentuk mendongeng (berceritera) tentang pentingnya melestarikan Orangutan dan agar lebih menarik ceritanya maka perlu dihadirkan pendongeng profesional. Seluruh rangkaian pelaksanaan kegiatan tersebut agar lebih menghayati tentang pentingnya peran Orangutan dalam ekosistem hutan sebaiknya dilaksanakan tepat pada hari Orangutan sedunia yang diperingati setiap tanggal 19 Agustus.

Pendekatan edukasi pada masyarakat sekitar habitat Orangutan, pusat-pusat rehabilitasi, dan kamp-kamp tempat pelestarian Orangutan agar masyarakat tersebut tidak memanfaatkannya maka perlu dibekali pemahaman akan pentingnya keberadaan Orangutan dalam ekosistem hutan dan pengenalan beragam karakter Orangutan sehingga menginspirasi untuk lebih menyayangi daripada melukai. Beberapa informasi penting tentang Orangutan tersebut disampaikan melalui penyuluhan secara rutin. Di samping itu, agar semakin peduli dan menyayangi satwa tersebut, sebaiknya masyarakat dilibatkan secara aktif dalam beberapa kegiatan positif berkaitan dengan Orangutan baik dalam bentuk penelitian ataupun pemandu wisata, sehingga secara tidak langsung masyarakat juga akan mendapat tambahan finansial ekonomi.

PENUTUP

Mengacu pada permasalahan dan penjelasan di atas, maka sudah merupakan kewajiban bagi pemerintah (Kementerian KLH dan Kehutanan) untuk terus membangun dan memfasilitasi para ahli dan praktisi biologi konservasi untuk bekerja sama dengan masyarakat lokal, pihak swasta yang berkepentingan, LSM terkait, pemerintah daerah setempat pada beberapa bidang konservasi antara lain pengelolaan, pelepas-liaran hewan, dan evaluasi program konservasi. Di samping itu, upaya meningkatkan kepedulian seluruh lapisan masyarakat perkotaan dan pedesaan terhadap kelestarian fauna perlu terus dibina dan digalakkan, kepedulian ini berdampak positif bagi aspek lain pada kehidupan masyarakat yaitu, aspek sosial ekonomi, budaya, dan sumberdaya alam.

DAFTAR PUSTAKA

- Allen, K., Shykoff, B.E., Izzo, Jr, J.L. (2001). Pet ownership, but not ACE inhibitor therapy, blunts home blood pressure responses to mental stress. *Hypertension*, 38, 815-820.
- Angulo. E. & Courchamp, F. (2009). Rare species are valued big time. *Plos One*, 4 (4), e5215.
- Beck, B.B., Rapport, L.G., Stanley Price, M.R., & Wilson, A.C. (1994). *Reintroduction of captive-born animals*. In P.J. Olney, G.M. Mace, A.T.C. Feistner (eds). *Creative Conservation: Interactive Management of Wild and Captive Animals*. London: Chapman and Hall.
- Berger, J, Stacey, P.B., Bellis, L., & Johnson, M.P. (2001). A mammalian predator-prey imbalance: Grizzly bear and wolf extinction affect Neotropical migrants. *Ecological Applications*, 11, 947-960.
- Bowles, M.L. & Whelan, C.J. (1994). *Restoration of endangered species: conceptual issues, planning and implementation*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Carel van Schaik, P. (1996). Social evolution in primates: the role of ecological factors and male behaviour. *Proceedings of the British Academy*, 88, 9–31.
- Castro, I., Brunton, D.H., Mason, K.M., Ebert, B., & Griffith, R. (2003). Life history traits and food supplementatation affect productivity in a translocated population of the endangered Hihi (Stritchbird, *Notiomystic cincta*). *Biological Conservation* 114, 271-280.
- Curio, E. (1996). Conservation needs ethology. *Trends in Ecology and Evolution*, 11, 260-263.

- Fanshawe, S., Vanblaricom, G.R., & Shelly, A.A. (2003). Restored top carnivores as detriments to the performance of marine protected areas intended for fishery sustainability: A case study with red abalones and sea otters. *Conservation Biology*, 17, 273-283.
- Festa-Bianchet, M. & Apollonio, M. (eds). (2003). *Animal behavior and wildlife conservation*. Washington DC: Island Press.
- Hilton-Taylor, C. (compiler). (2000). *2000 IUCN red list of threatened species*. Switzerland: IUCN/SSC, Gland.
- Hughes, J., Goudkamp, K., Hurwood, D., Hancock, M., & Bunn, S. (2003). Translocation causes extinction of a local population of the freshwater shrimp *Paratya australiensis*. *Conservation Biology*, 17, 1007-1012.
- Indrawan, M., Primack, R.B., & Supriatna, J. (2012). *Biologi konservasi*. Jakarta: Yayasan Pustaka Obor Indonesia.
- IUCN/SSC (2013). *Guidelines for reintroductions and other conservation translocations*. Version 1.0. Gland, Switzerland: IUCN Species Survival Commission, viiii + 57 pp.
- Jepson, P., van Balen, S., Soehartono, T.R., & Mardiasuti, A. (1997). *Species recovery plan: Bali Starling*. Bogor: PHPA-Birlife International-Indonesia Programme.
- Kementerian Kehutanan Republik Indonesia (2008). *Peraturan Menteri Kehutanan Nomor: P. 57/Menhut-II/2008*. Jakarta: Kementerian Kehutanan Republik Indonesia.
- Kleiman, D.G. (1999). Reintroduction of captive mammals for conservation. *BioScience*, 39, 152-161.
- Lee, R. (1999). Market hunting pressures in North Sulawesi, Indonesia. *Tropical Biodiversity*, 6 (1&2), 145-160.

- Mac Kinnon, K. (1992). *Nature's treasurehouse-the wildlife of Indonesia*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- McPhee, M.E. (2003). Generations in captivity increases behavioral variance: Considerations for captive breeding and reintroduction programs. *Biological Conservation*, 115, 71-77.
- Meijaard, E., Rijksen, D.H., & Kartikasari, N.S. (2001). *Di ambang kepunahan-kondisi Orangutan liar di awal Abad ke-21*. Jakarta (ID): The Gibbon Foundation Indonesia.
- Merton, D.V. (2006). The Kakapo: highlights and lessons learned from six decades of applied conservation. *Journal of Ornithology*, 147 (5) Suppl., 4.
- Milton, S.J., Bond, W.J., DuPlessis, M.A., Gibs, D., Hilton-Taylor, C., & Linder, H.P. (1999). A protocol for plant conservation by translocation in threatened lowlands fynbos. *Conservation Biology* 13, 735-743.
- Nyhus, P., Fischer, H., Madden, F., Osofsky, S. (2003). Taking the bite out of wildlife damage: The challenges of wildlife compensation schemes. *Conservation in Practice*, 4(2), 37-40.
- Pratomo, H. (2004). *Keanekaragaman serangga hama di persawahan sebagai makanan Kodok Rana sp.* (Proceeding, Seminar Nasional Biologi "Peran Biosistemika dalam Menunjang Pemanfaatan Keanekaragaman Hayati") Program Studi Biologi FMIPA-ITS.
- Robinson, J.G., Redford, K.H., & Bennet, E.L. (1999). Wildlife harvest in logged tropical forests. *Science*, 284, 595-596.
- Root, K.V., Akcaykaya, H.R., & Ginzburg, L. (2003). A multispecies approach to ecological valuation and conservation. *Conservation Biology*, 17(1), 196-206.

- Tutin, C.E.G., Ancrenaz, M., Paredes, J., Vaches-Vallas, M., Vidal, C., Goosens, B, *et al.* (2001). Conservation biology framework for the release of wild-born orphaned chimpanzees into the Conkouti Reserve, Congo. *Conservation Biology*, 15, 1247-1257.
- Santosa, Y., Julius, P.S., Dones, R., Dede, A.R. (2012). Faktor–faktor penentu keberhasilan pelepasliaran Orangutan Sumatera (*Pongo Abellii*) di Taman Nasional Bukit Tigapuluh. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI)*, 17 (3), 186–191.
- Saterson, K. (2001). Government legislation and regulation. In S.A. Levin (ed.). *Encyclopedia of Biodiversity*, vol.3. Sandiago: CA. Academic Press.
- Shannaz, J., Jepson, P., & Rudyanto (1995). *Burung-burung terancam punah di Indonesia*. Bogor: PHPA-Birdlife Indonesia Programme.
- Singleton, I., Wich, S.A., Husson, S., Stephens, S., Atmoko, S.S.U., Leighton, M., Rosen, N., Traylor-Holzer, K., Lacy, R., & Byers, O. (2004). *Final report Orangutan population and habitat viability assessment*, 15-18 January 2004. Jakarta.
- Smith, D.W., Peterson, R.O., & Houston, D.B. (2003). Yellowstone after wolves. *BioScience*, 53, 330-340.
- Soule, M.E., Estes, J.A., Berger, J., & Martinez del Rio, C. (2003). Ecological effectiveness: Conservation goals for interactive species. *Conservation Biology*, 17, 1238-1250.
- Stanley-Price, M.R. (1989). *Animal Re-introductions: The Arabian Oryx in Oman*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Supriatna, J. (2008). *Melestarikan alam Indonesia*. Jakarta: Yayasan Pustaka Obor Indonesia.

- Veith, M., Kosuch, J., Feldmann, R., Martens, H., Seitz, A. (2000). A test for correct species declaration of frog legs imports from Indonesia into the European Union. *Biodiversity and Conservation*, 9, 333-341.
- Widjaja, E.A., Maryanto, I., Wowor, D., Marwoto, R.M., Hadiati, R.K., Riyanto, A., Mumpuni, Irham, M., Hartini, S., Dwibadra, D., Purwaningsih, E., Dewi, K., Sutrisno, H., & Rofik, M. (2011). *Status Keanekaragaman Hayati Indonesia*. Bogor: Puslit Biologi-LIPI.
- Widjaja, E.A., Rahayuningsih, Y., Rahajoe, J.S., Ubaidillah, R., Maryanto, I., Walujo, E.B., & Semiadi, G. (2014). *Kekinian keanekaragaman hayati Indonesia 2014*. Jakarta: LIPI Press.
- Widodo, W. (2007). Profil dan persepsi para pedagang burung terhadap perdagangan Burung Perkici Pelangi (*Trichoglossus haematodus*) dan upaya pelestariannya. *Berkala Penelitian Hayati*, 13, 67 – 72.
- Wilson, E.O. (1992). *The diversity of life*. UK: The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, MA.

MENJINAKKAN GAMBUT UNTUK PERTANIAN

Nurmala Pangaribuan

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki lahan gambut yang sangat luas, yaitu 10% luas daratan Indonesia, berkisar 21 juta hektar. Lahan gambut salah satu sumber daya alam yang sangat penting dan berperan penting dalam perekonomian negara, diantaranya berupa ketersediaan berbagai produk hutan kayu maupun non-kayu. Di samping itu lahan gambut memberikan berbagai jasa lingkungan yang sangat penting bagi kehidupan masyarakat, diantaranya berupa pasokan air, pengendalian banjir, penyimpanan karbon, dan habitat bagi keanekaragaman hayati yang potensial dan unik.

Lahan gambut merupakan lahan yang berasal dari bentukan gambut beserta vegetasi yang terdapat di atasnya, terbentuk di daerah yang topografinya rendah, bercurah hujan tinggi atau di daerah yang suhunya sangat rendah. Tanah gambut mempunyai kandungan bahan organik yang tinggi (>12% C/karbon) dan kedalaman gambut minimum 50 cm. Tanah gambut diklasifikasikan sebagai Histosol yang mengandung bahan organik lebih dari 30 persen dengan ketebalan 40 cm atau lebih, di bagian 80 cm teratas profil tanah. Sebagai sumberdaya alam, gambut memiliki kegunaan untuk budidaya

tanaman pertanian maupun kehutanan, sebagai aquakultur, dapat digunakan sebagai bahan bakar, media pembibitan, ameliorasi tanah, dan untuk menyerap zat pencemar lingkungan (Osaki, 2016).

Lahan gambut yang terlantar (bongkor), akibat kebakaran, lahan tidak dapat diberdayakan/ditanami, dan cenderung semakin luas. Hal ini disebabkan lahan gambut yang terbakar, permukaan lahan tidak rata, mengalami *subsiden* (amblasan). Sudradjat (2006) melaporkan laju amblasan 0,36 cm/bulan pada tanah gambut Saprik di Barambai, Kalimantan Selatan selama 12-21 bulan setelah reklamasi, sedang untuk gambut Saprik di Talio, Kalimantan Tengah lajunya 0,178 cm/bulan, dan bahan gambut Hemik Saprik 0,9 cm/bulan. Demikian juga pada lokasi yang sama penurunan muka lahan di Desa Babat Raya dan Kolam Kanan Kecamatan Barambai, Kalimantan Selatan mencapai antara 75-100 cm dalam masa 18 tahun. Pengelolaan lahan gambut di Ulin Kalimantan Selatan terdapat pada Gambar 1.



Sumber: Tim Sintesis Kebijakan (2008)

Gambar 1. Pengelolaan Lahan Gambut di Ulin Kalimantan Selatan

Sayangnya, kegiatan pembangunan yang tidak terkendali acapkali menimbulkan dampak yang buruk bagi lahan gambut, dan pada akhirnya berimbas pula pada kehidupan masyarakat lokal yang hidupnya bergantung pada keberadaan lahan gambut. Pada tahun 2004-2011 (selama 7 tahun) lahan gambut di Sumatera berkurang 10,7%, di Kalimantan berkurang 17,2%, dan di Papua berkurang 28,8%. Lahan gambut dapat menyusut atau bahkan hilang, disebabkan

oleh pemanfaatan lahan gambut secara intensif tanpa mempertimbangkan kaidah konservasi tanah dan air (Naskah Peta Gambut Indonesia, 2011).

Berdasar sifat dari bahan gambut, hasil pengalaman, pembelajaran dalam pengelolaan lahan gambut, maka pengembangan lahan gambut Indonesia ke depan dituntut menerapkan beberapa kunci pokok pengelolaan yang meliputi aspek legal yang mendukung pengelolaan lahan gambut dengan *restorasi* gambut. Melalui berbagai tindakan seperti *rewetting*, *revegetasi*, *species adjustment*, penyesuaian zonasi. Tindakan *rewetting* meliputi pengelolaan air, penataan ruang berdasarkan satuan sistem hidrologi gambut sebagai wilayah fungsional ekosistem gambut.

Penyusutan lahan gambut di Indonesia, umumnya disebabkan oleh pemanfaatan lahan gambut yang dikelola secara intensif tanpa mempertimbangkan kaidah konservasi tanah dan air. Pada bagian lain, pemanfaatan hasil penelitian, pengembangan tanaman yang sesuai dengan karakteristik lahan gambut merupakan upaya *revegetasi* yang mudah, murah, dan ramah lingkungan. Pendekatan pengembangan berdasarkan karakteristik bahan tanah mineral di bawah lapisan gambut, peningkatan stabilitas, dan penurunan sifat toksik bahan gambut.

Kondisi dan sifat lahan gambut yang marginal, rapuh, maka dalam pengembangannya perlu kehati-hatian, keseriusan, dan pengetahuan yang cukup. Kesalahan dalam reklamasi, pengelolaan lahan mengakibatkan kerusakan lingkungan gambut yang permanen yang tidak dapat balik (*irreversible*). Tulisan ini juga akan mengupas hal yang harus menjadi perhatian semua pihak bila akan memanfaatkan gambut untuk pertanian.

LAHAN GAMBUT

1. Gambut Tropika di Indonesia

Lahan gambut tropika yang terdapat di Indonesia dicirikan oleh biodiversitas (keragaman hayati) yang khas dengan kekayaan keragaman flora dan fauna, fungsi hidrologisnya, yakni dapat menyimpan air tawar dalam jumlah yang sangat besar, satu juta lahan

gambut tropika setebal 2 m ditaksir dapat menyimpan 1,2 juta m³, gambut tropika bersifat rapuh (*fragile*) karena dengan pembukaan lahan dan drainase (reklamasi) akan mengalami pengamblesan (*subsidence*), percepatan peruraian dan resiko pengerutan tak balik (*irreversible*) serta rentan terhadap bahaya erosi, sifatnya yang praktis tidak terbarukan karena membutuhkan waktu 5000-10.000 tahun untuk pembentukannya sampai mencapai ketebalan maksimum sekitar 20 m (Osaki, 2016).

Gambut dengan sifat-sifat fisika dan kimia tanah yang khas, tergenang, pada kondisi alamiah, dan sangat berbeda dengan sifat tanah mineral. Berdasarkan ketebalan lapisan gambut, gambut terbagi dalam lapisan dangkal dengan tebal lapisan < 50 cm, sedang dengan tebal lapisan 50-100 cm, dan gambut dalam dengan tebal lapisan > 200 cm (Limin, 2006).

Pada saat ini para ilmuwan dan penentu kebijakan di Indonesia tidak lagi berpandangan bahwa "*pemanfaatan gambut*" harus dimulai dari pembukaan lahan dengan tebas, tebang, yang kemudian dilakukan penanaman komoditi tertentu. Berdasarkan fakta di lapangan, pembukaan hutan rawa gambut untuk pertanian menimbulkan masalah lingkungan dan menyulitkan kehidupan masyarakat di sekitarnya. Pengalihan fungsi hutan rawa gambut pasti akan diikuti dengan perubahan ekosistem yang sangat cepat, dan akhirnya meningkatnya intensitas malapetaka bagi manusia. Salah satu yang terbesar adalah kebakaran gambut, yang umumnya terjadi oleh kekeliruan teknologi pemanfaatan dan pemaksaan terhadap karakteristik gambut. Pada tahun 2014 dan 2015, kebakaran lahan gambut sangat luas dan menimbulkan kerugian ekonomi yang diperkirakan mencapai Rp. 200 trilyun lebih. Kebakaran ini diperbesar oleh adanya fenomena el-Nino dengan musim kemarau yang tidak normal. Pembukaan lahan gambut untuk kebun sawit mengakibatkan lahan gambut dan hutan terbakar. Kebakaran gambut juga terjadi karena kegagalan usaha pemadaman api, jika terlambat dilakukan, apinya telah jauh masuk ke lapisan dalam gambut, akan sulit untuk dipadamkan. Api yang terdapat di dalam lapisan dalam gambut (*ground fire*) yang berada di bawah permukaan sangat sulit diketahui sebarannya karena tidak dapat dilihat dari permukaan. Kesulitan

pemadaman api karena dibutuhkan air dalam jumlah besar dan kadang kala akses menuju lokasi kebakaran sangat berat. Pemadaman api di lahan gambut yang kebakarannya sudah parah/meluas hanya dapat ditanggulangi secara alami oleh air hujan yang deras (Gambut Indonesia Luas dan Mudah Terbakar, 2016).

Kegagalan pemanfaatan gambut disebabkan oleh tidak mematuhi aturan dan tidak mempertimbangkan kriteria dalam pemanfaatannya. Pemanfaatan lahan gambut selama ini hanya didasarkan pada KEPPRES No. 32 Tahun 1990, yang menyatakan bahwa ketebalan gambut lebih dari tiga (3) meter diperuntukkan bagi konservasi atau untuk kehutanan, dan kurang dari tiga (3) meter dapat dijadikan kawasan produksi. Peraturan ini tampaknya harus ditinjau kembali. Limin (2006) menyatakan bahwa KEPPRES No.23/1990, tidak berdasarkan hasil riset dan fakta lapangan. Pemanfaatan gambut harus mempertimbangkan aspek budaya masyarakat yang harus dipertahankan, dan kelangsungan sumber daya gambut (kesulitan restorasi lahan gambut yang rusak), sehingga segera meninjau kembali peraturan ini agar kerusakan hebat pada lahan gambut yang tersisa dapat dieliminir.

2. Kriteria Pemanfaatan Gambut

Pemanfaatan lahan gambut untuk pertanian harus mengikuti berbagai aturan. Salah satu yang terutama adalah membuat saluran drainase atau kanal, sebagai upaya untuk menyesuaikan kondisi air lahan. Pada gambut pantai di daerah pasang surut, pembuatan drainase atau kanal ditujukan untuk menyalurkan air ke bagian dalam (beberapa kilometer dari tepi sungai atau laut). Pada gambut pedalaman, tanpa membuat saluran drainase atau kanal, banyak dijumpai jenis pohon asli setempat seperti ramin, meranti rawa, jelutung, gemor. Tanaman-tanaman ini dapat tumbuh dalam kondisi jenuh air, daerah yang dominan basah. Efek pembuatan drainase dapat menyebabkan penurunan air tanah dan permukaan gambut. Di Kalampangan Kalimantan Tengah, penurunan permukaan lahan gambut paling sedikit 1-3 cm tiap tahun, diikuti dengan perubahan suhu dan kelembaban di lapisan gambut dekat permukaan, sehingga mempercepat proses pelapukan. Pelapukan bahan organik,

menghasilkan hara bagi tanaman dan asam-asam organik, yang bila dalam persentase tinggi dapat menyebabkan keracunan bagi tanaman. Pemanfaatan gambut berdasarkan ketebalan lapisan gambut dan hidrologi terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pemanfaatan gambut berdasarkan ketebalan lapisan bawah gambut dan hidrologi

| No | Ketebalan (cm) | Lapisan bawah | Hidrologi | Peruntukan |
|----|----------------|-------------------------------|------------------|------------------------------------|
| 1. | ≤ 50 | Mineral liat | tidak bermasalah | padi, palawija |
| | | Pasir/granit | bermasalah | konservasi |
| 2. | 50-100 | Mineral liat | tidak bermasalah | padi, palawija, tanaman perkebunan |
| | | Pasir/granit | bermasalah | konservasi |
| 3. | 100-200 | Mineral liat | tidak bermasalah | tanaman perkebunan |
| | | Pasir/granit | bermasalah | konservasi |
| 4. | >200 | Mineral liat/ pasir/granit | bermasalah | konservasi |

Sumber: Limin (2006)

3. Kerusakan Gambut

Pemanfaatan gambut dimulai dari eksploitasi lahan hutan rawa berlebih, pembukaan lahan untuk transmigrasi dan sebagainya telah menyebabkan kemiskinan luar biasa bagi masyarakat lokal. Sebagai contoh usaha tradisional perkayuan, perikanan oleh masyarakat lokal seperti suku Dayak di Kalimantan Tengah, Kalimantan Barat, yang diandalkan sebagai penopang ekonomi secara berkelanjutan, menjadi rusak hingga hilang atau tidak lagi produktif seperti sebelumnya. Ganti rugi terhadap kerugian usahatani masyarakat sesungguhnya bukan suatu penyelesaian yang mampu menjamin kestabilan ekonomi rumah tangga masyarakat, karena nilai jangka panjang kegiatan produksi masyarakat yang telah dan akan dilakukan secara turun-temurun tidak akan tergantikan.

Perubahan ekosistem menyebabkan kemiskinan penduduk lokal Kalimantan Tengah. Pembukaan lahan gambut tidak mempertimbangkan pengetahuan lokal (*local knowledge*) yang lebih

ramah terhadap lingkungan. Pada awalnya masyarakat Kalimantan Tengah khususnya, hanya terbatas memanfaatkan gambut tipis (disebut "*petakluwau*") yang terdapat di belakang tanggul sungai. Pembuatan "*handel*" (kanal berdimensi kecil) tersebut dilakukan berdasarkan kemampuan air masuk ke daerah bagian dalam sebagai akibat dorongan air laut. Oleh karena itu "*handel*" yang dibuat masyarakat hanya berdimensi kecil, yaitu sempit (1-2 m), dangkal (1-2 m), dan pendek (0,5-2,0 km). Pada saat ini semua sistem tersebut tidak dapat berfungsi karena adanya bangunan kanal yang berlebih, yaitu berukuran sangat panjang, lebar, dan dalam. Limin (2006) menyatakan bahwa kegagalan memanfaatkan gambut dan lahan basah di Kalimantan Tengah khususnya, ditunjukkan oleh adanya tindakan yang terlanjur merusak lingkungan. Peningkatan luas lahan usaha dari teknologi "*handel*" ke sistem kanal berdimensi besar merupakan suatu kekeliruan.

Kerusakan gambut dapat terjadi oleh berbagai perlakuan, seperti sistem kanalisasi dengan membuat berbagai saluran untuk mengeringkan gambut, yang berdampak pada kebakaran lahan, emisi gas rumah kaca. Kerusakan gambut juga terjadi karena budidaya yang tidak mengikuti karakteristik lahan gambut yang menyebabkan *subsidence*, banjir, dan kehilangan *biodiversity*, sehingga berdampak negatif bagi ekosistem gambut. Konservasi dan optimalisasi pemanfaatan lahan rawa gambut perlu disesuaikan dengan karakteristik dan penyebarannya.

Pada tahun 2015 luas lahan gambut yang terbakar mencapai 1 juta hektar. Kebakaran hutan dan lahan tersebar di kawasan hutan maupun non kawasan hutan yang belum berizin, di areal perusahaan, dan lahan masyarakat. Dari luas kebakaran hutan, 56% berada di luar kawasan konsesi, 20% di konsesi perkebunan sawit, 16% di konsesi Hutan Tanaman Industri (HTI), dan 8% di konsesi Hak Pengusahaan Hutan (HPH). Pola pembakaran lahan gambut di areal izin ada 3 pola, yaitu: a). faktor okupasi, b). faktor penjalaran api dari kawasan *open acces*, dan c). keterbukaan akses.

Kebakaran gambut menimbulkan asap yang berdampak luas dan menyebabkan puluhan jiwa korban, ratusan ribu penduduk dari sekitar 6 (enam) propinsi mengalami penyakit gangguan ISPA, dan

kerugian ekonomi USD 20 M. Restorasi gambut menjadi keharusan untuk mengembalikan fungsi ekosistem gambut. Restorasi gambut melalui kegiatan *rewetting*, revegetasi, *species adjustment*, dan penyesuaian zonasi. Restorasi memerlukan sinergi dari para pihak, melibatkan masyarakat dalam program adaptasi dan mitigasi perubahan iklim, untuk bersama-sama berperan aktif menjaga kesinambungan ekosistem lahan gambut yang komprehensif.

4. Persyaratan Pengelolaan Gambut

a. Tatanan ekosistem

Mempertahankan lahan gambut sebagai habitat ratusan species tanaman merupakan suatu kebijakan yang sangat tepat. Kawasan gambut sebagai habitat berbagai jenis pohon, bagi masyarakat lokal mempunyai fungsi ekonomi sebagai penghasil produk kayu dan non kayu, karena hutan rawa gambut memiliki jenis pohon bernilai ekonomis tinggi. Pada lahan gambut dijumpai populasi berbagai jenis pohon bernilai ekonomis tinggi dan jenis pohon yang dilindungi. Beberapa diantaranya berdiameter $\geq 20\text{cm}$, rata-rata 21 pohon/ha dengan volume rata-rata $30,94\text{m}^3/\text{ha}$. Populasi terbesar adalah jenis ramin (*Gonystylus bancanus* Kurz), mencapai 67,83%. Fungsi ekologi hutan rawa gambut sebagai pengendali suhu, kelembaban udara, dan hidrologi kawasan akan tetap berlangsung sebagai konsekuensi dari ekosistemnya tidak berubah.

Pengentasan kemiskinan di daerah lahan gambut harus dimulai dari upaya (1) pemulihan ekosistem gambut dan (2) pencegahan perusakan gambut. Ke dua hal tersebut harus dilakukan berdasarkan karakteristik gambut dan masalah yang sedang terjadi di lapangan. Pengembangan usahatani tanpa didahului pemulihan ekosistem, akan memperpanjang penderitaan masyarakat dan kerusakan lingkungan semakin meluas. Dari pengalaman sejak tahun 1997, dimana setiap tahun selalu terjadi kebakaran lahan gambut, dan bila terjadi kebakaran lahan gambut selalu mengalami kesulitan pencegahan dan penanggulangannya, maka merupakan tindakan aman jika gambut tebal tidak dikelola untuk pertanian. Artinya, 'gambut dalam' dibiarkan bersukses alami, dengan demikian peluang terjadi kebakaran berkurang dan kabut asap tidak akan terulang. Semua pihak terkait

harus berupaya untuk mempertahankan dan memulihkan lahan gambut, agar tetap menjadi habitat flora dan fauna yang telah adaptif.

Pengelolaan lahan gambut yang berwawasan lingkungan sangat perlu dilakukan mengingat lahan gambut merupakan salah satu lahan untuk masa depan. Sabiham *et al.* (2010) melaporkan bahwa kunci pokok penggunaan gambut berkelanjutan, meliputi: (1) Legal aspek yang mendukung pengelolaan lahan gambut, (2) Penataan ruang berdasarkan satuan sistem hidrologi, (3) Pengelolaan air yang memadai sesuai tipe luapan dan hidro topografi, (4) Pendekatan pengembangan berdasarkan karakteristik tanah mineral di bawah lapisan gambut, (5) Peningkatan stabilitas dan penurunan sifat toksik lahan gambut. Selain itu dalam pengelolaan lahan gambut (6) haruslah didukung dengan teknologi budidaya spesifik lokasi dan ketersediaan lembaga pendukung.

Lahan gambut dapat menyusut atau bahkan hilang, sehingga diperlukan pemantauan lahan gambut secara periodik. Penyusutan lahan gambut di Indonesia, umumnya disebabkan oleh pemanfaatan lahan gambut dan dikelola secara intensif tanpa mempertimbangan kaidah konservasi tanah dan air. Di Kabupaten Pesisir Selatan, Provinsi Sumatera Barat, hasil pemantauan dengan menggunakan citra satelit perbandingan di tahun 1990-an dan tahun 2000-an, sejak pembukaan lahan untuk permukiman transmigrasi Silaut, lahan rawa gambut berkurang lebih dari 50% (Rajagukguk, 2014).

b. Status hidrologi

Penataan ekosistem gambut yang sudah terganggu, rusak, berubah, dan tergradasi harus dimulai dari program pemulihan status hidrologi kawasan gambut. Kerusakan hutan rawa gambut berawal dari perubahan status hidrologi akibat kanal liar dan kanal program pemerintah. Hasil penelitian membuktikan bahwa sistem kanal yang berlebihan, menyebabkan proses kekeringan menjadi lebih cepat dan hamparan gambut terbakar setiap musim kemarau. Pembuatan saluran drainase atau kanal-kanal melintasi lapisan gambut tebal, tampaknya akan berdampak negatif jangka panjang. Salah satu contoh adalah Pengembangan Lahan Gambut (PLG) sejuta hektar yang mulai dibangun tahun 1996, dengan program kanalisasi yang mencincang

habis hamparan gambut diantara 4 sungai besar, yaitu Sabangau, Kahayan, Kapuas, dan Barito yang mengubah drastis neraca air pada daerah aliran sungai (DAS) tersebut, sehingga kawasan eks PLG merupakan penghasil asap terbesar di Kalimantan Tengah. Selain itu, kerugian besar telah diderita oleh masyarakat asli setempat akibat perubahan ekosistem, karena usaha tradisional yang telah diandalkan sebagai sumber pendapatan tetap mengalami penurunan produktivitas hingga hilang (tidak dapat diusahakan lagi).

Mencegah kerusakan lahan gambut yang semakin parah disarankan agar kanal-kanal yang melintasi lapisan gambut tebal dan berhubungan langsung dengan sungai besar harus ditutup. CIMTROP Universitas Palangka Raya bekerja sama dengan Helsinki University dan beberapa universitas yang tergabung dalam Restorpeat Project dan Hokkaido University, membuktikan bahwa upaya pemulihan hidrologi kawasan gambut dengan penutupan kanal, ternyata mampu menahan air tanah tidak terkuras selama musim kemarau (Limin, 2006). Dam berfungsi sebagai penahan air, pada titik tertentu, perbedaan kedalaman air tanah sebelum dan sesudah pembangunan dam mencapai 151cm. Kebakaran hutan rawa gambut tidak hanya memusnahkan ratusan spesies tumbuhan, tetapi akan terjadi kehilangan lapisan gambut dan meningkatkan konsentrasi CO₂ ke atmosfer (Takahashi, Adi, dan Limin, 2016). Gambar 2 menunjukkan lahan gambut terbakar dengan ketebalan lebih dari satu meter. Terkait dengan upaya meningkatkan kesejahteraan masyarakat dan isu karbon yang telah mendunia, maka saatnya bagi pemerintah memberi tanggung jawab penuh bagi masyarakat kecil dengan kompensasi yang jelas untuk mempertahankan potensi hutan rawa gambut.



Sumber: Takahashi (2016)

Gambar 2. Lahan Gambut Terbakar, Ketebalan >1m

c. *Pengelolaan air*

Pengelolaan air pada lahan gambut pada prinsipnya adalah pengaturan kelebihan air sesuai dengan kebutuhan tanaman yang dibudidayakan. Tanah gambut mempunyai kemampuan menyimpan air yang besar dan tergantung tingkat kematangan gambut. Salah satu sistem yang diterapkan untuk pengelolaan air di lahan gambut adalah sistem drainase terkendali. Pada dasarnya sistem ini untuk mengatur air secara terkendali mulai dari tanggul yang dipasang bangunan pengendali (kontrol) agar dasar saluran relatif datar dan bangunan pengendali kedua sebelum air keluar dari lahan menuju ke sungai untuk mengendalikan elevasi. Bila aliran air keluar tidak akan drastis maka sistem drainase tersebut dapat mengendalikan *overdrained* dan mencegah kekeringan yang akhirnya mempertahankan kondisi lahan tetap terpenuhi keperluan airnya.

Ukuran bangunan pengendali, terutama lebar saluran, tergantung komoditas yang diusahakan, misalnya untuk tanaman padi memerlukan kondisi lahan tetap tergenang sehingga memerlukan lebar saluran relatif sempit agar aliran muka air relatif terkendali, dan untuk tanaman perkebunan memerlukan kedalaman muka air tanah

relatif dalam sehingga perlu dikendalikan sesuai dengan kedalaman zona perakarannya. Pengelolaan air diperlukan karena, kondisi alami dan restorasi terutama kegiatan konservasi air, agar dapat mengurangi/menghilangkan kelebihan air permukaan (drainase) dan air di bawah permukaan terutama untuk pertanian, dan untuk pencegahan kebakaran dengan pengendalian muka air tanah, dan mengatur kebutuhan air untuk tanaman yang diusahakan (dibudidayakan) pada lahan gambut.

d. Metode dan strategi untuk memadamkan kebakaran

Metode dan strategi untuk memadamkan kebakaran lahan gambut harus efektif dan efisien. Teknik yang diterapkan khususnya pada lahan gambut adalah Sekat Bakar Diiri (Metode KATIR). Metode ini lebih tepat untuk memadamkan kebakaran di dalam hutan yang sulit dijangkau oleh mobil pemadam, dan tidak tersedia air di permukaan. Metode lain yang direkomendasikan adalah menggunakan Bom Air Plastik (BOMTIK). Metode ini lebih ditekankan untuk gerakan massal. BOMTIK dapat dibuat dengan menggunakan limbah air cucian dan dibungkus plastik gula. BOMTIK juga direkomendasikan untuk mengantisipasi kebakaran pemukiman atau pertokoan, yaitu dengan cara menyediakan 100 atau lebih BOMTIK setiap toko, rumah, dan perkantoran. Strategi pelaksanaannya adalah, (1) Anggota harus menginap di sekitar lokasi kebakaran, dengan demikian, kegiatan pemadaman dapat dilakukan nonstop siang dan malam selama 24 jam, (2) Mengupayakan air tanah sebagai sumber air penyemprotan. Pada saat musim kemarau panjang, air tidak tersedia di permukaan, danau, kanal, parit, dan sungai seluruhnya kering. Air yang ada dijumpai pada kanal, parit, dan sungai, umumnya tidak cukup untuk mendukung upaya pemadaman. Untuk mengatasi kesulitan air adalah dengan membuat sumur bor. Berdasarkan pengalaman, pada kedalaman 12-18 meter di bawah lapisan gambut, tersedia sumber air yang cukup untuk mengoperasional mesin pompa 24 jam nonstop setiap hari, (3) Ada kelembagaan resmi yang memiliki pengalaman pemadaman kebakaran hutan dan lahan oleh kelompok-kelompok pemadaman kebakaran lahan dan hutan, seperti Tim Serbu Api (TSA), yayasan yang dibina oleh pemerintah (Gambut Indonesia

Luas dan Mudah Terbakar, 2016). Kini saatnya pemerintah memberi kepercayaan penuh kepada masyarakat, agar sepenuhnya dapat menjaga kesinambungan lahan gambut.

5. Lahan Gambut untuk Pertanian

a. Kendala gambut untuk pertanian

Pengembangan lahan gambut untuk pertanian menghadapi banyak kendala, antara lain: (1) tingkat kesuburan tanah rendah, pH tanah masam, kandungan unsur hara NPK relatif rendah, dan miskin unsur mikro Cu, Bo, Mn, dan Zn; (2) penurunan permukaan tanah yang besar setelah didrainase; (3) daya tahan (*bearing capacity*) rendah sehingga tanaman pohon dapat tumbang; dan (4) sifat mengerut tak balik, yang dapat menurunkan daya retensi air dan membuatnya peka erosi. Sehubungan dengan hal itu, pemanfaatan lahan gambut untuk pertanian pada awalnya memerlukan investasi yang besar.

Pemanfaatan hutan rawa gambut untuk pengembangan pertanian tanaman pangan atau perkebunan menghadapi kendala, terutama dalam mengelola dan mempertahankan produktivitas lahan. Keberhasilan pengembangan lahan gambut di suatu wilayah tidak menjamin bahwa di tempat lain akan berhasil pula. Pemanfaatan lahan yang tidak cermat dan tidak sesuai dengan karakteristiknya dapat merusak keseimbangan ekologis wilayah kawasan gambut yang rusak, berkurang, atau hilang oleh kebakaran sehingga akan menurunkan kualitas lingkungan, bahkan menyebabkan banjir pada musim hujan serta²kekeringan dan kebakaran pada musim kemarau. Pembuatan saluran untuk mengatasi banjir, pengeluaran air kadang kala berdampak pada pengeringan lahan pertanian sekitarnya sehingga tidak produktif, dan akhirnya menjadi lahan tidur, dan mudah terbakar.

Gambut memiliki nilai konservasi yang sangat tinggi, cadangan karbon, dan biodiversitas yang penting untuk kenyamanan lingkungan dan kehidupan satwa. Jika ekosistemnya terganggu maka intensitas dan frekuensi bencana alam akan makin sering terjadi, bahkan lahan gambut tidak hanya dapat menjadi sumber karbon monoksida (CO),

tetapi juga efek rumah kaca lainnya, seperti metana (CH) dan nitro oksida (NO).

Gambut memiliki kesuburan yang rendah, oleh adanya lapisan tanah bawah yang berupa pasir kuarsa. Pada bagian lain, gambut terbentuk dari vegetasi hutan yang miskin unsur hara. Lahan gambut memegang peranan penting dalam hidrologi suatu daerah rawa. Gambut memiliki daya menahan air yang besar, yaitu 300-800% dari bobotnya, sehingga daya lepas airnya juga besar. Sifat ini sangat penting diketahui agar dapat dipertahankan sebagai daerah konservasi air, terlebih bila pada bagian hilirnya terdapat kota-kota pantai seperti Pontianak, Banjarmasin, Balikpapan, dan Samarinda.

b. Potensi lahan gambut untuk pertanian

Pengembangan pertanian dipengaruhi oleh kesuburan alami gambut dan tingkat manajemen usahatani yang diterapkan. Produktivitas usahatani lahan gambut pada tingkat petani, dengan input rendah sampai sedang, berbeda dengan produktivitas lahan gambut dengan tingkat manajemen tinggi yang biasanya diterapkan oleh swasta atau perusahaan besar. Pembuatan saluran drainase, pengelolaan air, peningkatan kesuburan, dan produktivitas merupakan masalah utama yang harus diatasi. Kualitas air sungai (besar) yang membawa muatan sedimen dari daerah belakangnya (*hinterland*) yang beragam, sehingga kualitas kesuburan tanah gambut juga berbeda-beda. Hal ini juga menjadi penyebab mengapa keberhasilan pengembangan lahan gambut di suatu wilayah tidak menjadi jaminan bahwa di tempat lain akan berhasil pula.

Gambut yang paling potensial untuk pertanian adalah gambut dangkal (0,5-1 m) sampai sedang (1-2 m), yang terletak pada bagian pinggir kubah. Wilayah ini umumnya masih merupakan gambut topogen yang banyak bercampur dengan bahan tanah mineral. Makin tebal (dalam) gambut, makin kurang potensinya untuk pertanian. Gambut dalam (lebih dari 3 m) umumnya miskin hara, dan sebaiknya tidak dibuka atau dimanfaatkan untuk pertanian, karena permasalahan yang cukup berat dalam mengelola dan mempertahankan produktivitasnya.

Berbagai jenis tanaman dapat tumbuh pada lahan gambut. Komoditas pertanian yang dapat diusahakan di lahan gambut antara lain adalah tanaman pangan (padi, jagung, sorgum, ubi kayu, ubi jalar, talas), tanaman palawija dan sayuran (kedelai, kacang tanah, kacang tunggak, terung, mentimun, kacang panjang, cabai), tanaman buah-buahan (nenas, pisang, lidah buaya, buah naga, rambutan, mangga, petai, jengkol, jambu mete), tanaman perkebunan (tebu, kelapa sawit, kelapa, kakao, kopi, cengkeh, kapok, rami, rosela, karet, sagu), serta bambu. Nenas, jagung, ubi kayu, dan talas tumbuh sangat baik pada tanah gambut dengan pemupukan dan pengapuran. Gambar 3 menunjukkan usahatani sayuran di lahan gambut.



Sumber: Balai Penelitian Tanah Balai Besar Litbang Sumber Daya Lahan Pertanian Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Kementerian Pertanian (2011)

Gambar 3. Usahatani sayuran di lahan gambut wilayah Kalimantan Selatan

Hasil studi menunjukkan, antara petani etnis Banjar (penduduk lokal) dengan petani etnis Jawa (transmigran) mempunyai tanggapan yang berbeda dalam usaha menjinakkan kendala-kendala lahan dalam budidaya tanaman di lahan gambut. Pada tahun awal kedatangan petani transmigrasi masih kurang mengenal tentang lahan gambut. Hal ini karena mereka umumnya berasal dari lahan kering yang jauh

berbeda keadaannya dengan lahan rawa. Selain itu, orientasi usahatani yang mereka terapkan adalah semata-mata tanaman pangan sehingga sistem tebas-bakar merupakan usaha yang paling dominan dalam menjinakkan lahan. Kenyataan juga menunjukkan bahwa dengan dibakar maka diperoleh pertumbuhan dan hasil tanaman (seperti jagung, padi, dan lainnya) yang lebih baik. Sistem tebas-bakar juga dimaksudkan untuk dapat lebih hemat dan cepat dalam penyiapan lahan sehingga dapat menepati waktu tanam dengan intensitas tanam 2-3 kali setahun.

Pemanfaatan lahan gambut bagi etnis Banjar diprioritaskan untuk tanaman perkebunan, seperti karet, kelapa, dan sebagainya. Tanaman pangan umumnya padi lokal hanya sebagai sisipan. Pada desa-desa sepanjang Anjir Serapat (Desa Gandaria dan sekitarnya) setelah terjadi kebakaran besar-besaran tahun 1927 maka sebagian besar kebun karet rakyat dijadikan persawahan. Namun dalam budidaya petani lokal berbeda dengan yang diterapkan para petani transmigran, mereka hanya mengenal sistem tanam pindah dengan pengolahan tanah minimum (dengan tajak) dan sistem pengembalian jerami tanaman (tebas-puntalampar) secara berkesinambungan. Selain itu intensitas tanam setahun sekali karena padi lokal (*photoperiod sensitive*) yang berumur panjang antara 8-11 bulan. Sistem ini menunjukkan sistem *recycling* hara yang cukup baik (Yuliani, 2013).

Pada bagian lain, hasil penelitian Suwondo *et al.*, (2010), melaporkan bahwa persepsi petani mengenai lahan gambut cukup baik, karena 82% responden mengetahui tentang karakteristik lahan gambut tentang klasifikasi lahan gambut, ciri lahan gambut yang cocok untuk pertanian, perbedaan dari segi kesuburan, tanaman yang dapat diusahakan, pemasalahan yang dihadapi, dan cara mengatasinya. Persepsi seseorang dipengaruhi oleh faktor personal dan faktor situasionalnya dan suatu inovasi akan diadopsi oleh petani apabila petani mempunyai persepsi yang baik terhadap inovasi tersebut. Persepsi yang keliru dapat terjadi karena kurang tepatnya pengetahuan atau pengertian terhadap objek persepsi. Secara teoritis persepsi petani tentang lahan dan degradasi yang mungkin terjadi mempengaruhi perilaku mereka dalam mengusahakan lahan. Pada keadaan musim kemarau panjang hampir semua lahan gambut

termasuk di UPT Pangkoh Kalimantan Tengah terbakar secara besar-besaran. Apabila tidak terjadi kemarau panjang petani yang sadar melakukan pembakaran terbatas atau terkendali. Di Desa Siantan Hulu Kalimantan Barat, petani membakar lahan gambut terkendala pada tempat tertentu dan hasil pembakaran diperjualbelikan sebagai pupuk tanaman sayuran. Menurut petani lokal Banjar, Melayu, maupun transmigran mempunyai kesamaan pendapat yang menyatakan bahwa lapisan atas berupa gambut harus dipertahankan antara 15 cm (petani lokal) dan 25-50 cm (petani transmigran) (Noorinayuwati *et al.*, 2006).

1) Padi Sawah

Lahan gambut yang sesuai untuk padi sawah adalah tanah bergambut (tebal lapisan gambut 20-50 cm) dan gambut dangkal (0,5-1,0 m). Padi kurang sesuai pada gambut sedang (1-2 m). Lahan gambut dengan ketebalan lebih dari 2 m tidak sesuai untuk padi, tanaman tidak dapat membentuk gabah karena kahat unsur mikro, khususnya Cu.

Pada lahan gambut dengan sifat fisik dan kimia tanah yang khusus, sistem persawahan, menjadi pilihan yang tepat dan aman. Sistem sawah akan membuat tanah tetap dalam keadaan reduksi dan pada keadaan ini pirit tetap stabil di dalam tanah sehingga tidak membahayakan bagi tanaman padi (Limin, 2006). Pemilihan varietas yang sesuai, pengelolaan air, dan pemanfaatan vegetasi alami merupakan kunci utama dalam memperoleh hasil yang optimal dan berkesinambungan. Sebagian besar petani menggunakan padi varietas lokal. Di Kalimantan Selatan terdapat lebih dari 100 jenis padi lokal. Pola ini mendukung terlaksananya pengelolaan dan konservasi air.

Pengaturan pola tanam dan pola usahatani merupakan alternatif yang dapat diterapkan untuk meningkatkan intensitas pertanaman dan memperpendek masa bera. Pola usahatani yang diterapkan petani dapat berupa monokultur seperti padi-bera, padi unggul-padi lokal, padi+palawija/sayuran, sayuran+palawija, sayuran-sayuran, dan disesuaikan dengan tipologi gambut. Agar pengembangan lahan gambut tetap menjamin kelestarian

sumberdaya alam, sistem usahatani di lahan gambut hendaknya didasarkan kepada sistem usahatani terpadu yang bertitik tolak kepada pemanfaatan hubungan sinergik antar subsistem. Sistem usahatani terpadu yang cocok dikembangkan adalah sistem usahatani berbasis tanaman pangan dan komoditas andalan (Alihamsyah, *et al.*, 2000). Sistem usahatani berbasis tanaman pangan ditujukan untuk menjamin keamanan pangan petani, sedangkan sistem usahatani berbasis komoditas andalan dapat dikembangkan dalam skala luas dalam perspektif pengembangan sistem dan usaha agribisnis.

Penggunaan lahan yang bertopografi datar untuk tanaman pangan lahan kering dapat menggunakan sistem surjan. Lahan secara bersamaan dimanfaatkan untuk padi sawah (pada tabukan) dan tanaman lahan kering (pada pematang). Tujuan utamanya adalah untuk memanfaatkan lahan secara optimal melalui pengelolaan air yang tepat. Pengembangan surjan memberikan keuntungan komparatif berupa: (1) produksi lebih stabil, terutama untuk tanaman padi; (2) pengelolaan tanah dan pemeliharaan tanaman lebih murah; (3) intensitas tanaman lebih tinggi; dan (4) kemungkinan diversifikasi lebih besar. Pembuatan surjan harus memperhatikan beberapa faktor, yaitu kedalaman lapisan pirit, tipe luapan air, ketebalan gambut, dan peruntukan lahan atau jenis komoditas yang akan dikembangkan. Panen padi di lahan gambut sebaiknya menggunakan alat panen yang tepat. Petani lebih baik menggunakan arit dari pada ani-ani. Menggunakan ani-ani saat panen, akan meninggalkan jerami panjang dan tinggi di petakan sawah, dapat memicu kebakaran saat kemarau (Tim Sintesis Kebijakan, 2008). Sifat beberapa varietas tanaman padi di lahan gambut tertera pada Tabel 2.

Tabel 2. Sifat Beberapa Varietas Tanaman Padi di Lahan Gambut

| No | Varietas | Umur Tanaman (hari) | Potensi Hasil (Ton/ha) | Rasa nasi | Resistensi Terhadap |
|----|--------------------|---------------------|------------------------|---------------|------------------------------|
| 1. | Cisadane Cisaraung | 135 | 4-7 | Pulen | Wck1, Bh |
| 2. | IR-42 | 125 | 4-7 | Pulen | Wck1, Bh |
| 3. | IR-64 | 135 | 4-7 | Pulen | Wck1,2; pH rendah |
| 4. | Kapuas | 115 | 4-7 | Pulen | Wck1,2; Su; Kr; Wh |
| 5. | Lematang | 125 | 4-7 | Pulen Pera | Wck1,2; Bh;Kb;Bl;pHrendah |
| 6. | Way Seputih | 130 | 4-7 | Pera Pulen | Wck1,2; Kb |

Sumber: Chairunas (2008)

Keterangan:

Wck=Wereng coklat; Su = Biotipe1, 2 Sumatera Utara

Kb = Keracunan besi; Wh =Wereng hijau

Kr = Kerdil rumput; Bl = Blas

Bh = Bakteri hawar daun

2) Tanaman Palawija dan Hortikultura

Lahan rawa gambut yang sesuai, potensial untuk tanaman pangan semusim (*annual crops*) adalah gambut dangkal (0,5-1 m) sampai sedang (1-2 m) yang terletak pada bagian pinggiran kubah. Pengelolaan air perlu diperhatikan agar air tanah tidak turun terlalu dalam dan turun secara drastis, serta mencegah terjadinya gejala kering tak balik, penurunan permukaan gambut yang berlebihan dan oksidasi lapisan yang mengandung bahan sulfidik (pirit). Wilayah ini umumnya masih merupakan gambut topogen yang banyak bercampur dengan bahan tanah mineral. Makin tebal, dalam gambut, makin kurang potensinya untuk pertanian. Gambut dalam > 3 m umumnya miskin hara, dan sebaiknya tidak dibuka atau dimanfaatkan untuk pertanian, karena permasalahan yang cukup berat dalam mengelola dan mempertahankan produktivitasnya.

Pada lahan gambut, sistem usahatani terpadu yang cocok dikembangkan adalah sistem usahatani berbasis tanaman pangan dan komoditas andalan (Alihamsyah *et al.*, 2000). Sistem ini akan menjamin keamanan pangan petani sedangkan sistem usahatani berbasis komoditas andalan dapat dikembangkan dalam skala luas dalam perspektif pengembangan sistem dan usaha agribisnis. Edukasi petani menjadi keharusan, terutama untuk konservasi lahan gambut, agar produktivitas lahan gambut dapat dipertahankan. Pengelolaan lahan gambut dengan sistem usahatani berbasis tanaman palawija dan hortikultura dapat dikelola dan dikembangkan dengan menggunakan teknologi budidaya, pengelolaan air, peningkatan kesuburan, dan pembuatan saluran drainase. Dalam pengelolaan dan pengembangannya tetap menjamin kelestarian sumberdaya alam. Komoditas pertanian yang dapat diusahakan di lahan gambut antara lain adalah tanaman pangan (padi, jagung, sorgum, ubi kayu, ubi jalar, talas, tanaman palawija, dan sayuran (kedelai, kacang tanah, kacang tunggak, terung, mentimun, kacang panjang, cabai), tanaman buah-buahan, nenas, pisang, nangka, jeruk, rambutan, mangga, petai, jengkol, dan jambu mete.

3) Tanaman Tahunan/Perkebunan

Lahan rawa gambut yang sesuai untuk tanaman tahunan dan perkebunan adalah yang memiliki ketebalan gambut 2-3 m. Beberapa tanaman yang dapat tumbuh baik adalah, karet, kelapa sawit, kopi, kakao, rami, dan sagu, tebu, kelapa, cengkih, rami, rosela, sagu, tanaman hutan, meranti, gelam, dan bambu.

Sebelum penanaman harus dilakukan pemadatan lahan dengan menggunakan alat berat. Menggunakan pengairan sistem drainase yang tepat. Tanaman perkebunan, seperti kelapa sawit, masih dapat dikembangkan pada lahan rawa gambut yang tidak terlalu dalam bila disertai dengan pengelolaan air dan pemberian amelioran (senyawa pembenah tanah). Kesuburan tanah dapat dipertahankan dengan menggunakan pupuk makro dan mikro. Tanaman perkebunan dan industri dapat tumbuh di lahan gambut dengan ketebalan 1-3 m. Seperti pada tanaman semusim,

pengelolaan air pada tanaman perkebunan perlu diperhatikan dengan seksama. Pengeluaran air secara berlebihan akan menyebabkan gambut menjadi kering dan berpotensi mudah terbakar. Pada tanaman karet, untuk menjaga keseimbangan ekologis, kedalaman saluran drainase disarankan sekitar 20 cm dan untuk tanaman kelapa sawit maksimal 80 cm. Pada lahan rawa gambut dengan ketebalan lebih dari 3 m, tanpa *input* dan manajemen tingkat tinggi, tanaman tidak produktif. Pemanfaatan lahan gambut dalam, lebih dari 3 m, untuk pengembangan pertanian menghadapi berbagai kendala, terutama pada tingkat manajemen rendah sampai sedang. Pertumbuhan tanaman terganggu karena kesuburan tanah rendah dan kahat unsur hara mikro, di samping kesulitan dalam mendesain saluran drainase. Edukasi petani untuk tidak melakukan pembakaran dalam penyiapan lahan menjadi keharusan, karena pembakaran untuk penyiapan lahan sering kali lepas kendali sehingga api menjalar ke wilayah kubah gambut dan menimbulkan kebakaran hebat. Di samping itu, drainase yang berlebihan juga menyebabkan gambut menjadi kekeringan dan mudah terbakar pada musim kemarau. Pengelolaan lahan rawa gambut perlu menerapkan pendekatan konservasi, yang meliputi perlindungan, pengawetan, dan peningkatan fungsi dan manfaat. Oleh karena itu, berdasarkan fungsinya, wilayah rawa dibedakan ke dalam: (1) kawasan lindung, kawasan gambut sangat dalam, lebih dari 3 m; (2) kawasan pengawetan, kawasan suaka alam adalah kawasan yang memiliki ekosistem yang khas dan merupakan habitat alami bagi fauna atau flora tertentu yang langka serta untuk melindungi keanekaragaman hayati. Kawasan ini diusulkan untuk dipertahankan tetap seperti aslinya atau dipreservasi dengan status sebagai kawasan non-budidaya; dan (3) kawasan reklamasi untuk peningkatan fungsi dan manfaat. Kawasan lindung dan pengawetan disebut juga kawasan non budidaya, sedangkan kawasan reklamasi disebut kawasan budidaya.

Lahan gambut, terutama gambut dalam di sekitar suatu hutan suaka alam mendapat prioritas untuk dijadikan kawasan preservasi.

Demi pengamanan kawasan preservasi ditetapkan antara dua sungai dengan batas-batas alami yang jelas, walau di dalamnya terdapat juga lahan nongambut dan ketebalan gambut kurang dari 3m. Peraturan Pemerintah No. 27 Tahun 1991 bertujuan mengatur ekosistem lahan rawa gambut sebagai kawasan tampung hujan dan sumber air. Sebagai sumber air, gambut pedalaman sangat menentukan keadaan air daerah pinggiran atau hilirnya. Oleh karena itu, rawa di hulu sungai atau rawa pedalaman perlu dipertahankan sebagai kawasan non budidaya, yang berfungsi sebagai kawasan penampung hujan dan merupakan “danau” sumber air bagi daerah pertanian di sekitarnya. Kawasan penampung hujan sebaiknya berada pada lahan gambut.

Gambut memiliki daya menahan air yang tinggi, 300-800% bobotnya, sehingga daya lepas airnya juga besar. Gambut dalam (lebih dari 3 m), telah dinyatakan sebagai kawasan non budidaya dengan luas minimal 1/3 dari luas total lahan gambut di wilayah daerah aliran sungai tersebut. Banjir merupakan kendala yang perlu diatasi, terutama dalam pengelolaan rawa lebak. Rawa lebak dalam dapat dimanfaatkan sebagai penampung luapan banjir.

GAMBUT YANG SMART ECOSYSTEM

Pada lahan gambut, tanaman hutan yang bernilai ekonomis seperti meranti dan gelam dapat tumbuh dan berkembang dengan baik, oleh karenanya “*Wise Use of Tropical Peatland*” hendaknya tidak lagi harus dipaksa untuk melakukan ‘perubahan besar’, yang justru mengakibatkan munculnya permasalahan baru yang berdampak negatif bagi manusia dan lingkungan. Aturan pemanfaatan lahan gambut pada KEPPRES No. 32 Tahun 1990, yang antara lain menyatakan gambut dengan ketebalan kurang dari tiga (3) meter dapat dijadikan kawasan produksi, tidak layak dipertahankan dan harus diganti. Peraturan Pemerintah No. 71/2014, yang mengatur pengelolaan gambut berbasis pada ‘Kesatuan Hidrologis Gambut’ (KHG), dapat digunakan sebagai acuan.

Konservasi lahan dalam usahatani selain berhubungan dengan persepsi petani juga memiliki kaitan dengan kondisi dan situasi usahatani. Perilaku petani pada dasarnya sebagai produk dari konteks

lingkungannya, dalam hal ini adalah kendala yang harus dihadapi dalam usahatani di lahan gambut. Kendala usahatani meliputi aspek agrofisik lahan dengan daya dukung yang rendah, aspek lingkungan dengan tingkat pencemaran dan pemasaman dari kemungkinan teroksidasinya pirit cukup tinggi, termasuk teknologi budidaya yang diterapkan, dan aspek sosial ekonomi petani yang kurang mendukung.

Persepsi petani terhadap lahan gambut sangat terbatas, sehingga usaha-usaha konservasi untuk mempertahankan produktivitas lahan gambut juga terbatas. Dalam hubungannya dengan konservasi lahan, penerapan teknik budidaya dalam penyiapan lahan dengan sistem tebas-bakar sebagian besar masih dianut oleh petani. Abu sisa pembakaran dari gambut yang praktis diperoleh dari lapisan atas lahan dianggap merupakan bahan pupuk penyubur tanah, namun lambat laun tanpa pengendalian akan mengakibatkan terkurasnya lapisan atas (organik) yang penting dalam mempertahankan tingkat kesuburan lahan. Di tambah lagi dengan minimnya pengetahuan petani dalam hal teknologi budidaya, bahan tanam, pola tanam, pemilihan alat panen, dan lain-lain. Sebagai contoh petani etnis Banjar di Desa Suryakanta, Sakalagun Kalimantan Selatan, menggunakan padi lokal yang rendah intensitas pertanaman, lahan diberakan relatif lama, sehingga resiko terbakar tinggi saat musim kemarau.

Gambut perlu dikonservasi, sebab eksploitasi gambut dikhawatirkan akan menyebabkan gambut lepas dari dasarudukannya karena gaya isostasi. Lahan gambut sebenarnya merupakan sebuah rakit besar yang terbuat dari batang kayu, dahan kayu, daun tumbuh-tumbuhan yang mengapung dalam air. Sebagai ilustrasi, gambut dengan ketebalan sembilan meter, tigameter daripadanya berada di atas muka air tanah di permukaan. Bila lahan gambut di permukaan ini dipanen, ditambang, terbakar, maka sisa gambut di bawah permukaan yang setebal enam meter akan terangkat ke atas akibat gaya isostasi hidrostatis. Dari enam meter gambut yang terangkat ini, setebal dua meter akan berada di atas muka air, dan sisanya setebal empat meter akan terlepas dari dasar tanah yang sangat membahayakan untuk pertambangan dan kegiatan lainnya. Lahan gambut yang dikelola tanpa penyusunan dan

penetapan rencana yang jelas akan menyebabkan gambut menjadi kering dan mudah terbakar (Las, Nugroho, dan Hidayat, 2016).

Pengembangan lahan gambut untuk pertanian berarti menjadikan lahan gambut sebagai lahan produktif yang dapat menghasilkan atau memproduksi bahan pangan padi, palawija, sayuran, hortikultura, perkebunan karet, kelapa, kelapa sawit atau sejenisnya. Pada bagian lain lahan gambut mempunyai beberapa masalah dalam pemanfaatannya untuk pertanian yaitu: ketebalan/kedalaman gambut; sifat kering tidak dapat balik (*irreversible drying*); kemasaman tanah yang tinggi (pH rendah); rendahnya tingkat kesuburan, dan pengaturan tata air. Masalah lahan gambut dapat diatasi dengan mengikuti berbagai strategi yaitu penyiapan lahan, pengelolaan air, pemilihan komoditas, dan pengaturan pola tanam, yang mengikuti karakteristik lahan gambut (Yuliani, 2013, Pangaribuan, 2015). Pengembangan lahan gambut menjadi penting, termasuk memadu serasikan antara kepentingan ekologis dan sosial-ekonomi masyarakat yang berdampak positif, dan berkontribusi secara global.

PENUTUP

Lahan gambut merupakan lahan masa depan yang potensial, bila dikelola dengan tepat. Oleh karenanya diperlukan kesamaan persepsi antara petani dan pengambil kebijakan dalam melakukan penataan dan pemanfaatan lahan gambut. Pada 2016 Pemerintah membentuk Badan Restorasi Gambut (BRG) melalui Peraturan Presiden Nomor 1 Tahun 2016 tentang Badan Restorasi Gambut. Pembentukan BRG dalam rangka percepatan pemulihan kawasan dan pengembalian fungsi hidrologis lahan gambut akibat kebakaran secara khusus, sistematis, terarah, terpadu, dan menyeluruh (restorasi ekosistem gambut) (Ishlah, 2016). Saat ini BRG memprioritaskan Kabupaten Pulang Pisau-Kalimantan Tengah, Kabupaten Musi Banyuasin, Kabupaten Ogan Komering Ilir-Sumatera Selatan, dan Kabupaten Kepulauan Meranti-Riau. Dukungan pemerintah dan masyarakat secara bersama-sama diharapkan membawa dampak positif, untuk menahan perubahan iklim dan menunjang perekonomian masyarakat setempat (Gambut Indonesia Luas dan Mudah Terbakar, 2016).

DAFTAR PUSTAKA

- Alihamsyah, T., E.E. Ananto, H. Supriadi, I.G. Ismail, dan D.E. Sianturi. (2000). *Dwi Windu Penelitian Lahan rawa: Mendukung Pertanian Masa Depan*. Proyek Penelitian Pengembangan Pertanian Rawa Terpadu-ISDP. Bogor: Badan Litbang Pertanian.
- Balai Penelitian Tanah Balai Besar Litbang Sumber Daya Lahan Pertanian Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Kementerian Pertanian. (2011). *Pengelolaan dan Konservasi Lahan Gambut*.
- Chairuinas, Yardha, A. Yusuf. A., Firdaus, Tamrin, Mohammad. N. A. (2008). *Rakitan Teknologi Budidaya Padi di Lahan Gambut*. Retrieved from <http://nad.litbang.pertanian.go.id>
- Gambut Indonesia Luas dan Mudah Terbakar. (2016). *Majalah Geologi Populer*. Retrieved from <http://geomagz.geologi.esdm.go.id/gambut-indonesia>
- Ishlah, T. (2016). *Bentang Lahan Gambut: Kebakaran Dan Sejarah Tata Kelolanya Di Indonesia*. Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi, Badan Geologi, KESDM.
- Las, I, K. Nugroho, dan A. Hidayat. (2016). *Strategi Pemanfaatan Lahan Gambut Untuk Pengembangan Pertanian Berkelanjutan*. *J. Pengembangan Inovasi Pertanian*. 2(4): 295-298.
- Limin, S.H. (2006). *Pemanfaatan Gambut dan Permasalahannya*. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), Centre for International Cooperation in Management of Tropical Peatland (CIMTROP) Universitas Palangkaraya.
- Naskah Peta Gambut Indonesia*. (2011). Retrieved from <http://bbsdlp.litbang.pertanian.go.id>.

- Noorginayuwati, A. Rafiq, Yanti R, Mohammad, A, Jumberi. (2006). *Penggalian Kearifan Lokal dalam Pemanfaatan Lahan Lebak untuk Pertanian di Kalimantan*. Dalam Kearifan Budaya Lokal Lahan Rawa. Balai Besar Sumber Daya Lahan Pertanian Banjarbaru. Kalimantan Selatan.
- Osaki, M., Nobuyuki, T. (2016). *Tropical Peatland Ecosystems*. Research Faculty of Agriculture Hokkaido University Sapporo-Japan. Springer Tokyo. Heidelberg New York. Dordrecht London Springer Japan.
- Pangaribuan, N. (2015). Beberapa Sifat Kimia Tanah dan Pertumbuhan serta Hasil Tanaman Kedelai (*Glicine max* L. Merr) pada Histosol Akibat Aplikasi Mikroorganisme Indigenous dan Pembenah Tanah. Desertasi. Fakultas Pasca Sarjana UNPAD. Bandung.
- Radjagukguk, B. (2014). *Panduan pengelolaan lahan gambut untuk pertanian berkelanjutan*. Proyek Climate Change, Forests and Peatlands in Indonesia. Wetlands International-Indonesia Programme dan Wild life Habitat Canada. Bogor. Indonesia.
- Sudrajat, D.J. (2016). Karakteristik Benih Gelam (*Meulaleuca leucadendra*): Tingkat Kemasakan, Morfologi, Perkecambah dan Daya Simpan Benih. Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi Perbenihan Tanaman Hutan. Bogor. Indonesia. *Jurnal Perbenihan Tanaman Hutan Vol. 4* No. 2, Desember: 125-138p-ISSN: 2354-8568.
- Sabiham, Suwondo, S. Sumardjo, dan Bambang P. (2010). Analisis Lingkungan Biofisik Lahan Gambut Pada Perkebunan Kelapa Sawit. *J. Hidrolitan. Vol. 1:3*. 20-28.
- Tim Sintesis Kebijakan. (2008). Pemanfaatan dan Konservasi Ekosistem Lahan Rawa Gambut di Kalimantan. *J. Pengembangan Inovasi Pertanian 1* (2).

Takahashi, H., Adi, J., Limin, S.H. (2016). *Compact Fire Fighting System for Villages and Water Resources for Fire Fighting in Peatland Area of Central Kalimantan*. Springer Tokyo. Heidelberg New York. Dordrecht London Springer Japan.

Yuliani, N. (2013). *Teknologi Pemanfaatan Lahan Gambut Untuk Pertanian*. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP). Kalimantan Selatan.

PENGELOLAAN EKOWISATA BAHARI DI KAWASAN KONSERVASI PERAIRAN TAMAN NASIONAL KARIMUNJAWA

Ernik Yuliana

PENDAHULUAN

UU No. 5 Tahun 1990 tentang Konservasi Sumber Daya Alam Hayati dan Ekosistemnya membagi kawasan konservasi menjadi beberapa jenis pengelolaan, salah satunya adalah taman nasional. Taman Nasional didefinisikan sebagai kawasan pelestarian alam yang mempunyai ekosistem asli, dikelola dengan sistem zonasi yang dimanfaatkan untuk tujuan penelitian, ilmu pengetahuan, pendidikan, menunjang budidaya, pariwisata, dan rekreasi. Pemanfaatan taman nasional di antaranya adalah untuk kegiatan: 1) penelitian dan pengembangan ilmu pengetahuan; 2) pendidikan dan peningkatan kesadartahuan konservasi alam; 3) penyimpanan dan/atau penyerapan karbon, pemanfaatan air serta energi air, panas, dan angin serta wisata alam; 4) pemanfaatan tumbuhan dan satwa liar; 5) pemanfaatan sumber plasma nutfah untuk menunjang budidaya; dan 6) pemanfaatan tradisional. Pemanfaatan tradisional dapat berupa kegiatan pemungutan hasil hutan bukan kayu, budidaya tradisional,

serta perburuan tradisional terbatas untuk spesies yang tidak dilindungi.

Taman Nasional Karimunjawa (TNKJ) merupakan salah satu kawasan konservasi yang ada di Indonesia, tepatnya di Kabupaten Jepara. TNKJ memiliki keanekaragaman genera karang yang cukup tinggi, 72 genera karang dari 19 famili. *Acropora* dan *Porites* merupakan genera karang yang mendominasi di keseluruhan gugusan terumbu dengan berbagai bentuk pertumbuhan (Muttaqin *et al.*, 2013). Ikan karang yang teridentifikasi ada 16 famili, terdiri atas: *Acanthuridae*, *Balistidae*, *Caesionidae*, *Chaetodontidae*, *Haemulidae*, *Labridae*, *Lethrinidae*, *Lutjanidae*, *Mullidae*, *Nemipteridae*, *Pomacanthidae*, *Pomacentridae*, *Scaridae*, *Serranidae*, *Siganidae*, dan *Tetrodontidae*. *Pomacentridae* merupakan famili ikan karang yang mempunyai proporsi kelimpahan terbesar (60,46%) dari total kelimpahan ikan karang. Spesies yang banyak ditemukan dari famili *Pomacentridae* adalah *Abudefduf vaigiensis*, *Chromis viridis*, *Amphiprion akallopisos*, *Plectroglyphidodon lacrymatus*, *Dischostodus prosopo-taenia*, *Pomacentrus philippinus*, dan *Pomacentrus coelestis* (BTNKJ, 2010; 2013a). Kelompok ikan *Pomacentridae* berukuran kecil, memiliki warna yang sangat menarik sehingga sering dijadikan ikan hias pada akuarium (Balai Taman Nasional Karimunjawa [BTNKJ, 2012a; Yuliana *et al.*, 2017).

Kekayaan jenis terumbu karang dan sumber daya ikan tersebut menarik para wisatawan (dalam dan luar negeri) untuk mengunjungi TNKJ. Menurut data kompas.com (2016), jumlah wisatawan yang berkunjung ke TNKJ tercatat 2.000 orang/minggu. Jumlah tersebut sungguh menggembirakan untuk meningkatkan pendapatan Pemerintah Daerah Kabupaten Jepara. Namun, TNKJ adalah kawasan konservasi yang mempunyai tujuan utama melindungi keanekaragaman hayati dan ekosistemnya. Oleh karena itu, peningkatan jumlah wisatawan perlu diatur agar tidak menyimpang dari tujuan konservasi.

Minat terhadap pariwisata alam saat ini bergeser ke konsep ekowisata yang menghubungkan antara perjalanan wisata alam yang memiliki visi dan misi konservasi dan kecintaan lingkungan. Hal ini dapat terjadi karena keuntungan finansial yang didapat dari biaya

perjalanan wisata digunakan juga untuk kebutuhan konservasi alam serta perbaikan kesejahteraan penduduk lokal. Di sisi lain, konsep ekowisata juga diarahkan untuk mempertahankan kebudayaan lokal. Pergeseran konsep kepariwisataan dunia ke model ekowisata antara lain disebabkan karena kejenuhan wisatawan untuk mengunjungi objek wisata buatan (Satria, 2009).

Dengan pergeseran minat pariwisata dan keanekaragaman hayati yang dimiliki oleh TNKJ, maka TNKJ mempunyai peluang untuk mengembangkan ekowisata bahari sebagai salah satu unggulan pendapatan lokal Kabupaten Jepara. Namun, mengingat TNKJ adalah kawasan konservasi laut, maka para wisatawan yang mengunjungi TNKJ haruslah wisatawan yang mempunyai minat khusus terhadap kelestarian alam dan konservasi. Minat khusus tersebut tercermin dari pengetahuan dan pemahaman wisatawan terhadap kelestarian alam. Dengan kata lain, wisatawan di TNKJ hendaknya adalah wisatawan yang “cerdas” yaitu wisatawan yang mempunyai kesadaran akan kelestarian alam pesisir dan laut; misalnya wisatawan tidak merusak ekosistem terumbu karang ketika melakukan *snorkeling* atau *diving* atau tidak membuang sampah sembarangan ketika menikmati keindahan ekosistem mangrove.

Edukasi kepada wisatawan agar memiliki kesadaran terhadap kelestarian ekosistem terumbu karang adalah tugas para pemangku kepentingan di TNKJ. Otoritas pengelola TNKJ, dalam hal ini Balai Taman Nasional Karimunjawa (BTNKJ) dapat bekerja sama dengan Pemerintah Daerah Kabupaten Jepara untuk melakukan edukasi tersebut, dengan melibatkan para *guide* pariwisata. Sebelum melakukan kegiatan wisata bahari, dalam jangka pendek wisatawan perlu dibekali dengan pemahaman terhadap kelestarian terumbu karang.

Oleh karena itu, diperlukan kajian tentang pengelolaan ekowisata bahari di TNKJ sebagai wilayah kawasan konservasi perairan. Tulisan ini bermaksud menjelaskan beberapa hal terkait pengelolaan ekowisata bahari di TNKJ, yang meliputi: TNKJ sebagai kawasan konservasi, ekowisata bahari dan pengelolaannya, serta rekomendasi untuk pengelolaan ekowisata bahari di TNKJ. Setelah membaca tulisan ini, para pembaca diharapkan dapat bersikap “cerdas” artinya

mempunyai pemahaman tentang ekowisata bahari, sehingga tumbuh kesadaran untuk melestarikan alam pesisir dan laut terutama di dalam kawasan konservasi. Dengan demikian, tidak akan terjadi tindakan merusak ekosistem pesisir dan laut ketika melakukan ekowisata bahari.

A. PENGELOLAAN TNKJ SEBAGAI KAWASAN KONSERVASI

Kinerja keberhasilan suatu kawasan konservasi laut dapat diukur dari tiga sudut pandang yaitu ekologi, ekonomi, dan sosial. Beberapa variabel ekologi yang dapat diukur di antaranya adalah: a) keanekaragaman spesies, b) tutupan karang, (d) kondisi perairan. Variabel ekonomi yang dapat diukur di antaranya adalah (a) biaya pengelolaan, (b) jumlah kunjungan dan pengeluaran kasar secara langsung terkait dengan kawasan konservasi, (c) perubahan dalam upaya penangkapan ikan. Kemudian variabel sosial yang dapat diukur di antaranya adalah (a) persepsi masyarakat, (b) frekuensi pertemuan antara masyarakat dan pengelola kawasan konservasi laut (Pelletier *et al.*, 2005).

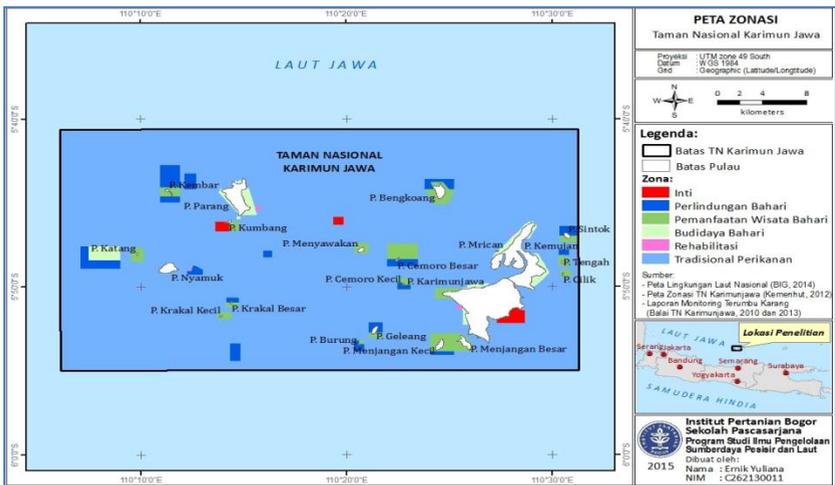
Pengelolaan kawasan konservasi TNKJ dilakukan oleh BTNKJ dengan menerapkan sistem zonasi. Kawasan TNKJ dibagi menjadi sembilan zona (Tabel 1 dan Gambar 1) yang memiliki fungsi dan peruntukan berbeda, yang tertuang dalam Keputusan Dirjen Perlindungan Hutan dan Konservasi Alam No. SK 28/IV/Set /2012 (BTNKJ 2017). Definisi dan peruntukan setiap zona disajikan pada Tabel 2, yang menjelaskan aktivitas-aktivitas yang boleh dilakukan dan dilarang di setiap zona. Informasi pada Tabel 2 dapat menjadi acuan bagi pemanfaat TNKJ agar tidak terjadi pelanggaran zonasi. BTNKJ bekerja sama dengan instansi lain dan kelompok masyarakat, dalam bentuk pengawasan kolaboratif yang diharapkan efektif dalam mencapai tujuan (Rees *et al.*, 2013). Keterlibatan masyarakat dalam pengelolaan kawasan konservasi merupakan hal yang penting, bukan hanya tugas otoritas pengelola (Osmond *et al.*, 2010). Di satu sisi, para pemangku kepentingan di TNKJ beraktivitas untuk menjaga kawasan konservasi, tetapi di sisi lain mereka beraktivitas untuk memenuhi kebutuhannya. Terutama para nelayan, kesadaran terhadap zonasi

masih rendah karena lebih mementingkan hasil tangkapan untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari (Yuliana *et al.*, 2016).

Tabel 1. Pembagian zona di TNKJ

| Zona | Luas (ha) | % |
|-----------------------------|------------|--------|
| Inti | 444,63 | 0,40 |
| Rimba | 1.451,77 | 1,30 |
| Perlindungan bahari | 2.599,77 | 2,33 |
| Pemanfaatan darat | 55,99 | 0,05 |
| Pemanfaatan wisata bahari | 2.733,74 | 2,45 |
| Budidaya bahari | 1.370,73 | 1,23 |
| Religi, budaya, dan sejarah | 0,86 | 0,001 |
| Rehabilitasi | 68,33 | 0,06 |
| Tradisional perikanan | 102.899,25 | 92,18 |
| Jumlah | 111.625,00 | 100,00 |

Sumber: BTNKJ (2014)



Sumber: Yuliana (2016)

Gambar 1. Kepulauan Karimunjawa dan Zonasinya

Zona pemanfaatan wisata bahari memiliki area 2,45% dari total area TNKJ. Di zona inilah kegiatan ekowisata bahari dilakukan. Zona-zona yang lain harus dimanfaatkan sebagaimana peruntukannya. Keberadaan zona-zona di kawasan konservasi perairan mempunyai hubungan yang sangat erat. Oleh karena itu, pemanfaatan suatu zona akan berdampak terhadap zona lainnya. Meskipun zona pemanfaatan bahari diperuntukkan bagi kegiatan pariwisata namun aktivitasnya harus dikontrol dengan ketat.

Tabel 2. Definisi dan peruntukan setiap zona di TNKJ

| No. | Zona | Definisi dan Peruntukan |
|-----|---------------------|---|
| 1 | Inti | Zona yang mutlak harus dilindungi berfungsi untuk perlindungan ekosistem, pengawetan flora dan fauna khas beserta habitatnya yang peka terhadap gangguan dan perubahan, sumber plasma nutfah dari jenis tumbuhan dan satwa liar, untuk kepentingan penelitian dan pengembangan ilmu pengetahuan, pendidikan, penunjang budidaya. Kegiatan yang diperbolehkan adalah kegiatan perlindungan dan pengamanan, inventarisasi dan monitoring sumber daya, pendidikan, penelitian dan/atau penunjang budidaya. Masyarakat akan menjaga dan mematuhi zona inti dan tidak memasuki kawasan zona inti dan memanfaatkan sumber daya yang ada di dalam zona inti. |
| 2 | Rimba | Zona bagi kegiatan pengawetan dan pemanfaatan sumber daya alam dan lingkungan alam bagi kepentingan penelitian, pendidikan konservasi, wisata terbatas, habitat satwa migran dan menunjang budidaya serta mendukung zona inti. |
| 3 | Perlindungan bahari | Kegiatan yang dilakukan adalah perlindungan dan pengamanan; inventarisasi dan monitoring sumber daya alam hayati dan ekosistemnya; pengembangan penelitian, pendidikan, wisata alam terbatas, pemanfaatan jasa lingkungan dan kegiatan |

| No. | Zona | Definisi dan Peruntukan |
|-----|-----------------------------|---|
| 4 | Pemanfaatan darat | penunjang budidaya; pembinaan habitat dan populasi dalam rangka peningkatan keberadaan populasi hidupan liar; pembangunan sarana dan prasarana sepanjang untuk kepentingan penelitian, pendidikan, dan wisata alam terbatas |
| 5 | Pemanfaatan wisata bahari | Zona yang dikembangkan untuk kepentingan kegiatan wisata alam baik bahari maupun wisata alam lainnya, rekreasi, jasa lingkungan, pendidikan, penelitian dan pengembangan yang menunjang pemanfaatan, kegiatan penunjang budidaya. Kegiatan yang diperbolehkan adalah kegiatan perlindungan dan pengamanan; inventarisasi dan monitoring sumber daya alam hayati dan ekosistemnya; penelitian dan pengembangan pendidikan dan penunjang budidaya; pengembangan potensi dan daya tarik wisata alam; pembinaan habitat dan populasi; pengusahaan pariwisata alam dan pemanfaatan jasa lingkungan; pembangunan sarana dan prasarana pengelolaan, penelitian, pendidikan, wisata alam dan pemanfaatan jasa lingkungan. |
| 6 | Budidaya bahari | Zona yang diperuntukkan mendukung kepentingan budidaya perikanan seperti budidaya rumput laut, karamba jaring apung dan sebagainya oleh masyarakat setempat dengan tetap memperhatikan aspek konservasi. Kegiatan yang diperbolehkan adalah budidaya rumput laut, karamba jaring apung dan sebagainya. |
| 7 | Religi, budaya, dan sejarah | Zona yang diperuntukan melindungi nilai-nilai hasil karya budaya, sejarah, arkeologi, maupun keagamaan, sebagai wahana penelitian, pendidikan dan wisata alam sejarah, arkeologi, dan religius. Kegiatan yang diperbolehkan adalah perlindungan dan pengamanan; pemanfaatan wisata alam, penelitian, pendidikan dan religi, upacara adat atau |

| No. | Zona | Definisi dan Peruntukan |
|-----|-----------------------|--|
| | | upacara keagamaan; pemeliharaan situs budaya dan sejarah serta keberlangsungan upacara ritual keagamaan/adat yang ada. |
| 8 | Rehabilitasi | Zona yang diperuntukkan bagi kepentingan pemulihan kondisi ekosistem terumbu karang yang telah mengalami kerusakan $\geq 75\%$. Kegiatan yang diperbolehkan adalah kegiatan rehabilitasi guna pemulihan ekosistem di zona ini dan kegiatan monitoring hasil pelaksanaan rehabilitasi; kegiatan pendidikan, penelitian, pengembangan pendidikan dan penunjang budidaya; pembinaan habitat dan populasi |
| 9 | Tradisional perikanan | Zona yang diperuntukkan bagi kepentingan pemanfaatan perikanan yang sudah berlangsung turun-temurun oleh masyarakat setempat secara lestari dengan menggunakan sarana prasarana penangkapan yang ramah lingkungan. Kegiatan yang diperbolehkan adalah perlindungan dan pengamanan; inventarisasi dan monitoring potensi jenis yang dimanfaatkan masyarakat; pembinaan habitat dan populasi; penelitian dan pengembangan; aktivitas pemanfaatan perikanan menggunakan sarana prasarana penangkapan yang ramah lingkungan. |

Sumber: BTNKJ (2017)

Zona-zona yang ada di TNKJ ditentukan berdasarkan kondisi perairan dan indikator ekologis lainnya, menuju pemanfaatan sumber daya perairan yang berkelanjutan. Menurut Yulianda *et al.*, (2010), keuntungan yang dapat diambil oleh otoritas pengelola kawasan konservasi dengan menerapkan sistem zonasi adalah: a) memungkinkan mengontrol secara selektif berbagai aktivitas di tempat-tempat yang berbeda, termasuk perlindungan yang ketat dan berbagai level pemanfaatan; b) menentukan zona inti konservasi yang mempunyai keanekaragaman sangat tinggi, habitat kritis spesies yang

terancam, dan area penelitian khusus; c) memisahkan kegiatan pariwisata yang tidak sesuai untuk menambah kenyamanan dan keamanan dari berbagai tujuan yang berbeda; d) memungkinkan area yang rusak untuk dipisahkan kemudian dipulihkan. Peruntukan zona-zona tersebut seharusnya dipatuhi oleh para pemanfaat perairan TNKJ. Namun, rata-rata tingkat kepatuhan masyarakat lokal terhadap zonasi belum sesuai harapan, misalnya kepatuhan terhadap zona inti dan perlindungan pada tahun 2015 adalah 78,56% (Yuliana *et al.*, 2016), menurun dibandingkan dengan tingkat kepatuhan tahun 2009-2010 yaitu 84,87% (BTNKJ, 2013b). Penurunan tersebut dapat disebabkan oleh beberapa hal, di antaranya adalah rendahnya kesadaran masyarakat akan konservasi sumber daya pesisir dan laut, pengawasan yang belum optimal dari BTNKJ dan masyarakat, serta tanda batas zona yang tidak jelas (Yuliana *et al.*, 2016). Dampak penurunan tingkat kepatuhan masyarakat lokal juga dapat menyebabkan degradasi lingkungan dan sumber daya perairan. Diharapkan ke depannya, tingkat kepatuhan masyarakat lokal terhadap zonasi dapat mencapai 100%. Untuk mencapai hal tersebut, BTNKJ telah berupaya untuk memberikan penyuluhan kepada masyarakat lokal tentang zonasi dan peruntukannya melalui beberapa media, di antaranya adalah media cetak, spanduk, lagu yang dibagikan dalam bentuk *compact disk* (CD), dan pertemuan langsung dengan masyarakat melalui anjangsana.

B. EKOWISATA BAHARI

1. Pengertian Ekowisata Bahari

Seiring dengan kemajuan bidang pariwisata di tanah air, ekowisata menjadi salah satu pilihan masyarakat. Ekowisata adalah suatu bentuk wisata yang bertanggung jawab terhadap kelestarian/konservasi alam, memberi manfaat secara ekonomi dan mempertahankan keutuhan budaya bagi masyarakat setempat. Atas dasar pengertian ini, bentuk ekowisata pada dasarnya merupakan bentuk gerakan konservasi yang dilakukan oleh masyarakat (Fandeli & Mukhlison, 2000).

Ekowisata menitikberatkan pada tiga hal utama yaitu: keberlangsungan alam atau ekologi, memberikan manfaat ekonomi,

dan secara psikologis dapat diterima dalam kehidupan sosial masyarakat. Jadi, kegiatan ekowisata secara langsung memberi akses kepada semua orang untuk melihat, mengetahui, dan menikmati pengalaman alam, intelektual dan budaya masyarakat lokal (Satria, 2009). Berdasarkan definisi tersebut, maka ekowisata bahari dapat diartikan sebagai suatu bentuk wisata dengan memanfaatkan kawasan perairan laut dan sekitarnya dengan bertanggung jawab terhadap kelestarian lingkungan laut dan budaya lokal, serta memberi manfaat ekonomi terhadap masyarakat pesisir. Gambar 2 dan 3 menyajikan kondisi keindahan pantai dan perairan Karimunjawa.



Gambar 2. Salah satu pantai di Karimunjawa



Gambar 3. Perairan Karimunjawa

Berbeda dengan pariwisata alam biasa, ekowisata bahari menuntut para wisatawan untuk bersikap “cerdas” terhadap alam, yaitu memiliki kesadaran/pemahaman terhadap kelestarian alam pesisir dan laut. Ekowisata bahari disediakan untuk wisatawan yang mempunyai pemahaman baik tentang konservasi. Paling tidak, wisatawan harus mempunyai kemampuan berenang agar aktivitasnya di zona pariwisata bahari tidak menginjak karang sebagai tempat istirahat. Para pemandu wisata harus mengarahkan wisatawan untuk bertindak arif terhadap alam perairan, dengan cara membekali mereka dengan pengetahuan konservasi sebelum wisatawan melakukan aktivitas *snorkeling* atau *diving*.

2. Kondisi Ekologi TNKJ sebagai Modal Ekowisata Bahari

Pemanfaatan kawasan perairan harus disesuaikan dengan potensi yang dimiliki sehingga pengelolaannya lebih optimal dan terukur. Begitu juga dengan pemanfaatan suatu kawasan perairan harus disesuaikan dengan kondisi atau potensi yang dimilikinya (Bato *et al.*, 2013). Pemanfaatan TNKJ sebagai wilayah ekowisata bahari disesuaikan dengan kondisi alam TNKJ yang kaya akan keanekaragaman hayati perairan.

Salah satu kekayaan TNKJ adalah terumbu karang yang mempunyai keanekaragaman tinggi. Terumbu karang tersebut merupakan habitat bagi ikan-ikan karang. Keindahan terumbu karang dan keanekaragaman ikan karang merupakan daya tarik tersendiri bagi wisatawan. Pertumbuhan karang dipengaruhi oleh faktor fisika dan kimia perairan, di antaranya adalah kedalaman, suhu, dan salinitas (Aldyza *et al.*, 2015; Yuliana, 2016). Kondisi fisika dan kimia perairan TNKJ disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Kondisi fisika kimia perairan TNKJ

| Lokasi | Salinitas (%) | pH | Kecerahan (m) | Kekeruhan (mg/L) | Kadar N total (µg/L) | Kadar PO ₄ (µg/L) |
|----------------|---------------|-----|---------------|------------------|----------------------|------------------------------|
| Nirwana | 30,0 | 7,0 | 15 | 1,77 | 18,900 | 0,070 |
| Pulau Batu | 29,0 | 7,0 | 12 | 3,06 | 14,567 | 0,055 |
| Geleang | 29,0 | 7,0 | 15 | 1,28 | 18,515 | 0,041 |
| Taka | 31,0 | 7,0 | 10 | 0,50 | 18,161 | 0,033 |
| Malang | | | | | | |
| Tanjung Bomang | 30,0 | 7,0 | 13 | 1,10 | 18,087 | 0,045 |
| Rata-rata | 29,8 | 7,0 | 13 | 1,54 | 17,650 | 0,049 |

Sumber: Yuliana (2016); Yuliana *et al.* (2017)

Analisis kondisi fisika kimia perairan didasarkan pada Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Laut untuk Biota Laut. Salinitas air laut di TNKJ adalah 29,80‰, berada di bawah baku mutu 33-34‰. Kecerahan sesuai dengan baku mutu (> 5 m), yaitu 13 m; pH juga pada kondisi netral, sesuai baku mutu (Yuliana, 2016). Kekeruhan perairan adalah 1,54 mg/L sesuai dengan baku mutu (< 5 mg/L). Secara umum, kondisi perairan di TNKJ sangat menunjang kegiatan ekowisata bahari. Kondisi perairan yang jernih dan sesuai dengan baku mutu perairan untuk biota laut sangat penting bagi sumber daya perairan, sehingga dapat

menciptakan keindahan terumbu karang yang menjadi daya tarik para wisatawan.

Hasil analisis persentase tutupan karang keras, karang lunak, komponen abiotik, dan lainnya disajikan pada Tabel 4. Rata-rata tutupan karang keras di TNKJ pada tahun 2015 adalah 44,7% (Yuliana, 2016; Yuliana *et al.*, 2017). Persentase tersebut termasuk dalam kondisi sedang (Aldyza *et al.*, 2015). Persentase tutupan karang menunjukkan sebaran terumbu karang yang hidup di suatu area. Tutupan karang dalam kondisi sedang artinya hamparan karang yang menempati area TNKJ belum mencapai kondisi baik. Padahal, terumbu karang adalah habitat bagi kehidupan ikan karang. Semakin baik kondisi tutupan karang di suatu area, maka kelimpahan ikan karang semakin tinggi. Untuk ukuran kawasan konservasi perairan, diharapkan pada waktu mendatang persentase tutupan karang di TNKJ meningkat ke kondisi baik (>50%), agar dapat meningkatkan kelimpahan sumber daya ikan karang.

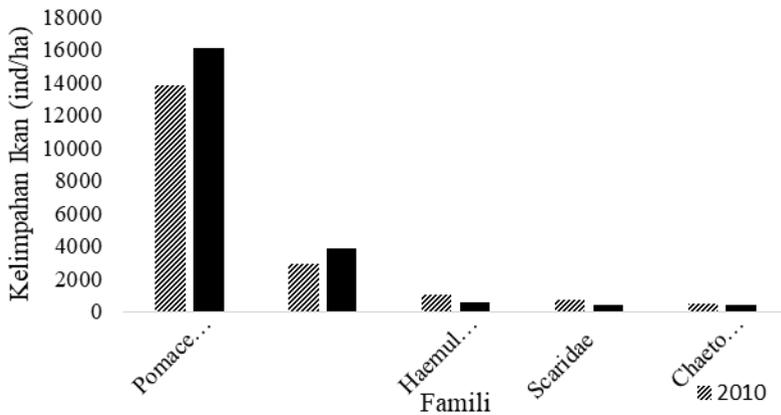
Tabel 4. Persentase Tutupan Karang Keras, Karang Lunak, Komponen Abiotik, dan Lainnya

| Stasiun Pengamatan | Zona | Karang Keras (%) | Karang Lunak (%) | Abiotik (%) | Lainnya (%) | Total (%) |
|--------------------|-----------------------|------------------|------------------|-------------|-------------|-----------|
| Nirwana | Tradisional perikanan | 35,45 | 1,20 | 62,70 | 0,65 | 100 |
| Pulau Batu | Tradisional perikanan | 58,35 | 0,40 | 41,25 | 0 | 100 |
| Geleang | Perlindungan | 38,60 | 2,15 | 59,25 | 0 | 100 |
| Taka | Inti | 65,65 | 0,50 | 33,85 | 0 | 100 |
| Malang | | | | | | |
| Tanjung Bomang | Inti | 40,45 | 3,35 | 55,30 | 0,90 | 100 |
| Rata-rata | | 44,70 | 1,52 | 50,47 | 0,31 | - |

Sumber: Yuliana (2016)

Sumber daya ikan karang di TNKJ didominasi oleh jenis-jenis ikan hias dari famili Pomacentridae yang dilarang untuk ditangkap. Jenis-

jenis ikan hias inilah yang menjadi daya tarik wisatawan disamping keanekaragaman terumbu karang. Para wisatawan di TNKJ biasanya melakukan *snorkeling* dan *diving* untuk menikmati keindahan terumbu karang dan jenis-jenis ikan karang. Kelimpahan lima ikan karang tahun 2010 dan 2013 disajikan pada Gambar 4.



Sumber data: BTNKJ (2010); BTNKJ (2013a)

Gambar 4. Kelimpahan Lima Famili Utama Ikan Karang pada 2010 dan 2013

Pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa famili Pomacentridae dan Caesionidae mengalami peningkatan kelimpahan dari tahun 2010 ke 2013. Di TNKJ spesies yang banyak ditemukan dari famili Pomacentridae adalah *Abudefduf vaigiensis*, *Chromis viridis*, *Amphiprion akallopisos*, *Plectroglyphidodon lacrymatus*, *Dischostodus prosopo-taenia*, *Pomacentrus philippinus*, dan *Pomacentrus coelestis* (BTNKJ 2012a). Kelompok ikan Pomacentridae berukuran kecil, memiliki warna yang sangat menarik sehingga sering dijadikan ikan hias pada akuarium (Yuliana, 2016). Famili Caesionidae di TNKJ didominasi oleh jenis ikan konsumsi. Jenis ikan yang termasuk famili Caesionidae yang tercatat di TNKJ adalah *Caesio cuning*, *C. teres*, *C. xanthonota*, *C. caeruleaurea*, *Pterocaesio digramma*, *P. lativittata*, *P. tessellata*, *P. tile* (Wildlife Conservation Society [WCS], 2014; Yuliana 2016). Beberapa jenis ikan dari famili Caesionidae merupakan ikan

konsumsi yang menjadi hasil tangkapan utama nelayan di TNKJ, yaitu ikan ekor kuning (*Caesio cuning*, *Caesio teres*) dan ikan pisang-pisang (*Caesio caerulea*). Peningkatan kelimpahan dari tahun 2010 ke 2013 untuk famili Pomacentridae berkaitan dengan larangan penangkapan ikan hias di TNKJ. Hampir semua anggota famili Pomacentridae adalah jenis ikan karang. Untuk famili Caesionidae, peningkatan kelimpahan terkait dengan semakin berkurangnya penangkapan ikan yang merusak (*destructive fishing*).

Famili Haemulidae, Scaridae, dan Chaetodontidae mengalami penurunan kelimpahan dari tahun 2010 ke 2013. Jenis-jenis ikan dari famili Haemulidae yang ditemukan di TNKJ adalah *Plectorhinchus chaetodonoides*, *P. lessonii*, *P. flavomaculatus* (WCS, 2014; Yuliana, 2016). Famili Haemulidae ini didominasi oleh jenis ikan hias. Dari famili Scaridae ada jenis ikan *Cetoscarus bicolor*, *Chlorurus bleekeri*, *Ch. bowersi*, *Ch. microrhinos*, *Ch. sordidus*, *Scarus chameleon*, *S. dimidiatus*, *S. flavipectoralis*, *S. ghobban*, *S. globiceps*, *S. niger*, *S. oviceps*, *S. prasiognathos*, *S. rivulatus*, *S. schlegeli*, *S. spinus*, *Scarus sp.*, *Hipposcarus harid*, *H. longiceps*, *Bolbometopon muricatum* (WCS, 2014; Yuliana, 2016). Beberapa jenis ikan dari famili Scaridae merupakan ikan konsumsi yang banyak ditangkap oleh nelayan, dengan nama lokal ikan kakatua atau ikan ijo (*Chorurus Microrhinos*) yang banyak dikonsumsi oleh wisatawan dalam bentuk ikan bakar. Hal tersebut membuat kelimpahan ikan dari famili Scaridae mengalami penurunan. Dari famili Chaetodontidae ada jenis ikan *Chelmon rostratus* (WCS, 2014; Yuliana, 2016), yang merupakan ikan hias.

Kebijakan pelarangan penangkapan ikan hias sangat menunjang kegiatan ekowisata bahari di TNKJ. Kebijakan tersebut diterapkan dengan penerapan denda yang cukup tinggi bagi nelayan yang menangkap ikan hias. Sebagian besar nelayan mematuhi kebijakan tersebut, karena mereka peduli terhadap keragaman jenis ikan hias di TNKJ sebagai salah satu aset kekayaan perairan Karimunjawa untuk menarik wisatawan datang ke Karimunjawa.

Selain keindahan terumbu karang dan jenis-jenis ikan karang, wisatawan juga dapat menikmati keindahan ekosistem mangrove yang tumbuh secara alami. Kawasan hutan TNKJ mencakup kawasan hutan hujan tropis dataran rendah di Pulau Karimunjawa seluas 1.285,50 ha

(Nababan *et al.*, 2010) dan kawasan hutan mangrove seluas 396,4 ha yang masuk dalam pengelolaan TNKJ di zona rimba/perlindungan. Tercatat 25 jenis mangrove sejati tumbuh di TNKJ (BTNKJ, 2012b). Ekosistem mangrove di Pulau Kemujan dan Karimunjawa sangat unik, karena ketiadaan sumber pasokan air tawar yang besar. Pulau ini tidak memiliki sungai besar atau yang agak besar, sehingga ekosistem mangrove yang ada bergantung kepada aliran parit-parit atau saluran, yang umumnya pendek dan terutama mengalirkan air di musim hujan. Wilayah ini diketahui tidak memiliki cekungan air tanah (non-CAT), sehingga sumber daya air tawar di pulau ini sepenuhnya bergantung kepada aliran air permukaan (Winata *et al.*, 2017).

Hasil pengamatan pada dua jalur dan 16 plot di *tracking* mangrove di Pulau Kemujan, ditemukan 730 individu dengan 13 spesies pada tingkat pohon, yaitu *Aegiceras corniculatum*, *Avicennia marina*, *Bruguiera cylindrica*, *B. gymnorrhiza*, *Ceripos tagal*, *Excoecaria agallocha*, *Lumnitzera littorea*, *L. racemosa*, *Rhizophora stylosa*, *R. apiculata*, *R. mucronata*, *Scyphiphora hydrophyllacea*, *Soneratia alba*. Pada tingkat pancang, ditemukan enam spesies yaitu: *Avicennia marina*, *Bruguiera gymnorrhiza*, *Ceriops tagal*, *Excoecaria agallocha*, *Rhizophora apiculata*, *R. mucronata*. Pada tingkat semai ditemukan empat spesies, yaitu *Ceriops tagal*, *Excoecaria agallocha*, *Rhizophora apiculata*, *R. mucronata*. Pada tingkat semai, pancang, dan pohon, jumlah spesies terbanyak adalah *Ceriops tagal* (Winata *et al.*, 2017). Keanekaragaman jenis mangrove tersebut dan permudaan alaminya menjadi modal keberlangsungan ekowisata bahari di TNKJ. Keindahan ekosistem mangrove di Pulau Kemujan disajikan pada Gambar 5.

Regenerasi (permudaan alami) vegetasi mangrove dilihat dari perbandingannya pada tingkat semai, pancang, dan pohon. Semai adalah permudaan mulai dari kecambah sampai anakan pohon hingga tinggi mendekati 1,5 m; pancang adalah anakan pohon dengan tinggi 1,5 m sampai dengan pohon muda yang mempunyai diameter setinggi dada (DBH) kurang dari 10 cm; pohon adalah mangrove yang mempunyai DBH 10 cm atau lebih. Kerapatan permudaan alami di *tracking* mangrove Pulau Kemujan, berturut-turut adalah 69.843,75 individu dan 3.975 individu per hektar untuk tingkat semai dan pancang. Kerapatan tersebut adalah mencukupi, bahkan berlebihan,

untuk menjamin regenerasi hutan mangrove. Akan tetapi jika ditinjau dari keanekaragaman jenisnya, masih kurang memadai untuk menjamin keberlanjutan regenerasi jenis-jenis mangrove. Pada tingkat pohon ditemukan 10 spesies dengan 124 individu. Pada tingkat pancang ditemukan enam spesies dengan 159 individu, sedangkan pada tingkat semai ditemukan empat spesies dengan 447 individu. Sebanyak enam spesies pada tingkat pohon tidak memiliki permudaan alami (semai dan pancang), sementara dua spesies yang lain lagi yang tercatat pada tingkat pancang juga tidak memiliki permudaan alami dalam bentuk semai (Winata *et al.*, 2017).



Gambar 5. Ekosistem mangrove di Pulau Kemujan

Kondisi keanekaragaman dan kelestarian jenis mangrove tersebut merupakan modal ekologis tersendiri bagi ekowisata bahari di TNKJ. Ekosistem mangrove mempunyai konektivitas dengan ekosistem lainnya di perairan termasuk terumbu karang. Kelestarian ekosistem mangrove akan berdampak terhadap ekosistem terumbu karang, begitu pula sebaliknya. Pengelolaan pariwisata di *tracking* mangrove

Pulau Kemujan sudah cukup bagus, sangat minim sampah yang dibuang oleh wisatawan ke dalam wilayah mangrove.

3. Pengelolaan Ekowisata Bahari di TNKJ

Sebagai salah satu daerah tujuan wisata di Jawa Tengah, kawasan TNKJ telah menerima kunjungan wisatawan domestik dan wisatawan mancanegara. Pada tahun 2016, jumlah pengunjung ke kawasan TNKJ berjumlah 7.202 orang. Berdasarkan asal pengunjung secara umum terdapat 7.074 pengunjung domestik dan 128 pengunjung mancanegara. Berdasarkan tujuan kunjungan, terdapat 971 kunjungan untuk pendidikan dan penelitian, 6.220 untuk rekreasi, dan 11 untuk tujuan lain-lain (BTNKJ, 2017).

Masyarakat yang tinggal dan menetap di pulau-pulau di dalam TNKJ sebagian besar mencari nafkah sebagai nelayan dan pemandu wisata; selebihnya adalah petani, buruh, pedagang, dan PNS serta pensiunan. Para nelayan yang libur laut karena cuaca tidak memungkinkan (misalnya ombak besar), beralih profesi menjadi pemandu wisata atau menyewakan perahu mereka kepada para wisatawan. Masyarakat ini terdiri atas berbagai suku bangsa, di antaranya Jawa, Madura, Makassar, Bugis, Mandar, Bajau, dan Buton. Masyarakat lokal TNKJ ini menetap jauh sebelum Karimunjawa ditetapkan sebagai taman nasional. Menurut BTNKJ (2017) penduduk Kepulauan Karimunjawa jumlahnya mencapai 8.842 jiwa, tersebar di lima pulau yaitu Pulau Karimunjawa, Kemujan, Genting, Parang dan Nyamuk. Kehidupan masyarakat ini sangat tergantung dari sumber daya alam kepulauan tersebut.

Peningkatan jumlah wisatawan memerlukan sinergi antara lembaga-lembaga yang terkait dengan pengelolaan kawasan konservasi dan aktivitas perikanan, serta masyarakat lokal sebagai penghuni tetap pulau-pulau di kawasan TNKJ. Pelaksanaan kebijakan pengembangan program pariwisata masal dengan pendekatan ekowisata di TNKJ, diproses dengan tahap dan prosedur yang telah ditentukan. Kecamatan Karimunjawa, Dinas Pariwisata, dan BTNKJ bersama masyarakat berperan penting dalam upaya-upaya pemeliharaan ekosistem. Pelaksanaan kebijakan tersebut dikoordinasikan secara bersama, dan dijalankan sesuai dengan

keputusan dan kesepakatan dari berbagai pihak yang terlibat (PPP Karimunjawa, 2014).

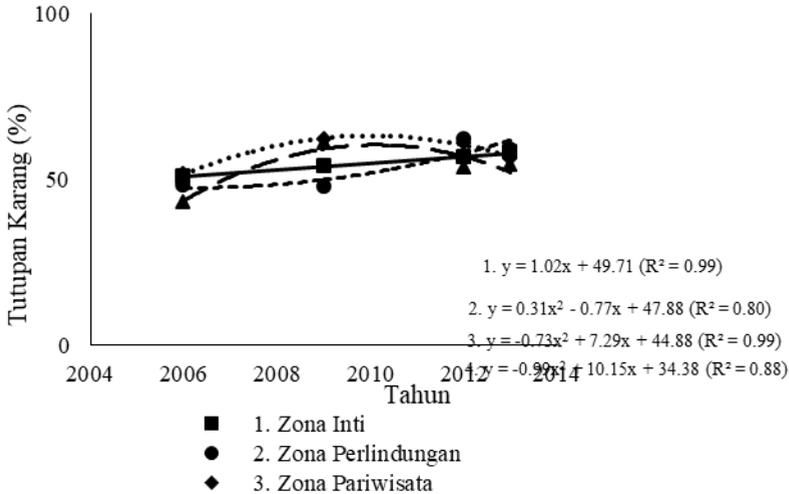
Pada kenyataannya proses pelaksanaan kebijakan tak selalu berjalan sesuai harapan. Permasalahan yang utama adalah kurangnya koordinasi antar lembaga pemerintah sebagai pelaksana kebijakan. Salah satu contohnya adalah peningkatan kunjungan wisatawan ke TNKJ tidak dibarengi dengan pendidikan publik yang komprehensif tentang kelestarian ekosistem dan sumber daya ikan. Berdasarkan hasil wawancara dengan beberapa *guide* wisata, beberapa wisatawan yang tidak pandai berenang terpaksa menginjak karang ketika melakukan *snorkeling*. Untuk mengantisipasi hal tersebut, diperlukan sinergi peraturan antar-lembaga yang terkait dengan pengelolaan pariwisata, perikanan, dan kawasan konservasi (Yuliana, 2016).

Sebenarnya, peraturan dari BTNKJ relatif lengkap untuk menghadapi meningkatnya wisatawan yang datang ke Karimunjawa, misalnya dengan meningkatkan biaya masuk ke BTNKJ. Tujuannya adalah untuk membatasi wisatawan dan menyediakan dana cadangan untuk pengelolaan kawasan konservasi TNKJ. Namun, pelaksanaan peraturan kenaikan biaya masuk tersebut mengalami kendala, terutama dari pemilik hotel dan *home stay*. Mereka khawatir akan terjadi penurunan jumlah wisatawan jika biaya masuk dinaikkan, dan akhirnya akan mengurangi pendapatan. Oleh karena itu, dibutuhkan sosialisasi yang intensif untuk menerapkan peraturan kenaikan biaya masuk dan alasannya (Yuliana, 2016).

Kegagalan upaya untuk meningkatkan biaya masuk menunjukkan bahwa kegiatan pariwisata belum terkelola dengan baik. Hal tersebut terjadi karena tidak ada dukungan dari lembaga pemerintah lainnya (di luar BTNKJ), terutama Dinas Pariwisata Kabupaten Jepara. Akhirnya, saat ini jumlah wisatawan yang datang semakin tidak terkendali, dan merupakan ancaman bagi kesehatan ekosistem terumbu karang.

Berdasarkan data dari WCS (2014), telah terjadi penurunan tutupan karang pada periode 2016-2013 (Gambar 6) di zona pariwisata dan tradisional perikanan. Penurunan tersebut diduga akibat meningkatnya aktivitas pariwisata dan penangkapan ikan.

Penangkapan ikan juga terjadi di zona pariwisata, yang ikut berkontribusi terhadap penurunan tutupan karang (Yuliana, 2016).



Sumber data: WCS (2014)

Gambar 6. Tutupan karang (%) periode 2006-2013

Berdasarkan tren tutupan karang pada Gambar 6, dapat disarankan bahwa perlu adanya pengendalian kegiatan pariwisata bahari di TNKJ agar tutupan karang tidak mengalami degradasi. Pengendalian tersebut dapat berupa edukasi wisatawan, agar tidak ada kunjungan wisatawan yang tidak mempunyai kesadaran terhadap kelestarian lingkungan pesisir dan laut.

C. REKOMENDASI KEBIJAKAN UNTUK PENGELOLA KAWASAN KONSERVASI

1. Pengelolaan Pesisir Terpadu

Wilayah pesisir merupakan wilayah yang dapat dimanfaatkan oleh berbagai sektor, misalnya perikanan, pariwisata, industri, dan sektor

lainnya. Oleh karena itu, pesisir harus dikelola secara terpadu agar tidak terjadi benturan kepentingan antara sektor yang satu dengan sektor lainnya. Pengelolaan pesisir secara terpadu memiliki pengertian bahwa pengelolaan sumber daya alam dan jasa lingkungan dilakukan melalui pengelolaan secara menyeluruh (Yulianda *et al.*, 2010). Pariwisata merupakan salah satu sektor di wilayah pesisir yang harus dikelola secara terpadu dengan sektor lainnya. Menurut Thia-Eng (2006), prinsip-prinsip pengelolaan pesisir terpadu meliputi: 1) pengelolaan berbasis ekosistem; 2) integrasi dan koordinasi; 3) pengelolaan adaptif.

Prinsip pertama, pengelolaan berbasis ekosistem dilakukan dengan memandang suatu area sebagai suatu kesatuan, yang terdiri atas aspek ekologi, sosial, dan ekonomi. Ketiga aspek tersebut dipandang sebagai kesatuan sistem sosial ekologis. Sistem sosial ekologis didefinisikan sebagai sistem ekologis yang dipengaruhi oleh satu atau lebih sistem sosial. Dalam hal ini, sistem ekologisnya adalah TNKJ, yang dipengaruhi dan mempengaruhi sistem sosial di dalamnya. Implementasinya, upaya konservasi ekosistem harus dapat mengeliminasi kemiskinan masyarakat. Hal itu merupakan konektivitas sosial-ekologi yang utama (Adrianto, 2013). Kegiatan ekowisata bahari di TNKJ tidak dapat dipisahkan dari kegiatan perikanan, industri, transportasi, dan yang lainnya. Semuanya harus dipandang sebagai satu ekosistem.

Prinsip kedua, integrasi dan koordinasi merupakan hal penting untuk mencapai pengelolaan pesisir terpadu. Integrasi dan koordinasi dilakukan pada beberapa sektor secara vertikal, di antaranya adalah pemerintah, swasta, LSM, nelayan, dan pihak lain dalam mengelola perikanan. Integrasi juga terjadi antara lingkungan perairan (habitat), tata kelola (kelembagaan), dan sosial. Integrasi dan koordinasi harus menjamin adanya keterpaduan dalam perencanaan dan pengelolaan wilayah pesisir dan laut yang mencakup empat aspek, yaitu: keterpaduan wilayah ekologis; keterpaduan sektor; keterpaduan disiplin ilmu; dan keterpaduan pemangku kepentingan (Yulianda *et al.*, 2010).

Prinsip ketiga, pengelolaan ekowisata bahari dilakukan dengan penyesuaian-penyesuaian berdasarkan fakta yang terjadi. Konsep

pengelolaan yang sudah digariskan dapat berubah jika ada fakta kejadian yang menuntut perubahan pengelolaan. Jadi, pengelolaan tidak bersifat kaku. Misalnya: (1) penerapan bea masuk untuk wisatawan yang mengunjungi TNKJ, yang sebelumnya tidak dikenakan bea masuk, (2) edukasi wisatawan yang mulai diperlukan, dan lain-lain.

Penerapan pengelolaan pesisir terpadu harus dilakukan secara resmi oleh Pemerintah Pusat dan Daerah dengan melalui serangkaian tahap yang berbentuk siklus kebijakan, yang dimulai dengan: a) identifikasi isu; b) persiapan program; c) adopsi program atau persetujuan dan pendanaan; d) implementasi atau pelaksanaan; 5) pemantauan (*monitoring*) dan evaluasi. Setiap tahap dalam siklus kebijakan tersebut saling terkait dan mendukung, namun mekanisme proses dari satu lokasi dengan lokasi lainnya tergantung pada kebutuhan dan kondisi setempat (Yulianda *et al.*, 2010). Penerapan pengelolaan pesisir terpadu belum diterapkan secara menyeluruh di Indonesia. Hanya beberapa pemerintah daerah yang sudah menerapkannya, sebagian besarnya belum. Hal ini menjadi “pekerjaan rumah” bagi otoritas pengelola pesisir dan para pemangku kepentingan, termasuk Pemerintah Daerah Provinsi Jawa Tengah dan Kabupaten Jepara. TNKJ berada di Wilayah Pengelolaan Perikanan Negara Republik Indonesia (WPPNRI) 711 yang sedang menunggu implementasi Rencana Pengelolaan Perikanan (RPP) termasuk rencana pengelolaan pesisir terpadu.

2. Edukasi Masyarakat

Bennett dan Dearden (2014) menyatakan bahwa keberhasilan daerah konservasi dipengaruhi oleh keterlibatan masyarakat lokal dan tata kelolanya. Oleh karena itu pemahaman masyarakat tentang konservasi dan pemanfaatannya sangat diperlukan. Pihak yang sangat berhubungan dengan kegiatan ekowisata bahari di TNKJ adalah para pemandu wisata. Mereka yang berhubungan langsung dengan para wisatawan dan mengarahkannya dalam kegiatan pariwisata. Pemandu wisata harus dibekali dengan pengetahuan dan pemahaman tentang pemanfaatan kawasan konservasi perairan dan konservasi sumber daya perairan. Dengan demikian, pemandu wisata dapat

mendampingi wisatawan dalam melakukan kegiatan pariwisata dengan benar.

Selain pemandu wisata, wisatawan yang berkunjung ke TNKJ juga harus dibekali dengan pemahaman tentang perbedaan ekowisata bahari dengan pariwisata pada umumnya. Kegiatan ekowisata bahari mengharuskan wisatawan mempunyai minat khusus terhadap pelestarian alam. Jika kesadaran tersebut sudah dimiliki oleh wisatawan, maka kegiatan ekowisata bahari tidak dikhawatirkan dapat merusak lingkungan kawasan konservasi perairan. Pengawasan oleh otoritas pengelola juga tidak terlalu berat karena kesadaran tersebut dapat menjamin para wisatawan tidak melanggar aturan yang sudah ditetapkan. Bagaimanapun juga, kawasan konservasi di darat berbeda dengan di perairan laut (Yun Lu *et al.*, 2014). Pengawasan kawasan konservasi di perairan laut lebih sulit dilakukan karena sifat perairan laut yang dinamis. Pengawasan kolaboratif (Rees *et al.*, 2013) antara BTNKJ dan masyarakat dapat dilakukan jika kesadaran masyarakat tentang konservasi sudah baik.

D. PENUTUP

TNKJ sebagai salah satu kawasan konservasi mempunyai keanekaragaman hayati yang tinggi terutama terumbu karang dan ikan karang. Keanekaragaman tersebut harus dilindungi untuk menjaga keberlanjutan ekosistem. Keindahan terumbu karang dan ikan karang merupakan modal utama untuk menarik wisatawan berkunjung ke TNKJ.

Saat ini TNKJ merupakan salah satu destinasi wisata di Kabupaten Jepara. Pengelola TNKJ utamanya dilakukan oleh BTNKJ dengan melibatkan para pemangku kepentingan (pemerintah daerah, *guide* wisata, agen wisata, lembaga swadaya masyarakat, masyarakat Karimunjawa). Pengelolaan pariwisata di TNKJ belum dilakukan secara maksimal terutama dalam koordinasi dengan instansi terkait. Perlu upaya peningkatan koordinasi antarinstansi terkait.

Untuk mencapai kelestarian ekosistem, TNKJ perlu dikelola dengan konsep pengelolaan pesisir terpadu dengan memandang TNKJ sebagai satu-kesatuan ekosistem. Pariwisata dianggap salah satu

bagian dari ekosistem yang di dalamnya ada kegiatan-kegiatan lain. Semua kegiatan tersebut harus sinergi menuju kepada satu tujuan yaitu keberlanjutan ekosistem dan pengentasan kemiskinan masyarakat pesisir. Edukasi masyarakat (pemandu wisata dan wisatawan) juga diperlukan untuk membangun kesadaran mereka tentang konservasi. Dengan edukasi tersebut, diharapkan kegiatan pariwisata di TNKJ tidak dikhawatirkan merusak lingkungan perairan di TNKJ. Lebih jauh, kawasan konservasi TNKJ menjadi kawasan yang dikelola dengan baik dan terjaga kelestariannya serta dapat dinikmati keberadaannya dan keindahannya oleh masyarakat lokal maupun wisatawan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adrianto, L. (2013). Konsep dan aplikasi teori tata kelola sumber daya (*resource governance*) dalam pengelolaan ekosistem terumbu karang. In V. Nikijuluw, L. Adrianto, N. Januarini (Ed), *Coral Governance* (pp. 21-60). Bogor: IPB Press.
- Aldyza, N., Sarong, M.A., Rizal, S. (2015). Monitoring of hard coral covers and zonation of marine conservation area of Tuan Island, Aceh Besar District, Indonesia. *AAAL Bioflux*, 8 (5), 640-647.
- Asdhiana, I.M. (2016). Setiap minggu Karimunjawa dikunjungi 2.000 wisatawan.
<http://travel.kompas.com/read/2016/01/12/120500027/Setiap.Minggu.Karimunjawa.Dikunjungi.2.000.Wisatawan> (Diakses pada 29 September 2017).
- Bato, M., Yulianda, F., Fahrudin, A. (2013). Kajian manfaat kawasan konservasi perairan bagi pengembangan ekowisata bahari: Studi kasus di kawasan konservasi perairan Nusa Penida, Bali. *Depik*, 2 (2), 104-113.
- Bennett, N.J., & Dearden, P. (2014). Why local people do not support conservation: Community perceptions of marine protected area livelihood impacts, governance and management in Thailand. *Marine Policy*, 44, 107-116.
- BTNKJ. (2010). *Laporan monitoring terumbu karang*. Semarang: BTNKJ.
- BTNKJ. (2012a). *Panduan identifikasi jenis ikan karang di Karimunjawa*. Semarang: BTNKJ.
- BTNKJ. (2012b). *Jenis-jenis mangrove TN Karimunjawa*. Semarang: BTNKJ.

- BTNKJ. (2013a). *Laporan monitoring terumbu karang*. Semarang: BTNKJ.
- BTNKJ. (2013b). *Laporan pelaksanaan kegiatan monitoring kepatuhan nelayan terhadap zonasi SPTN Wilayah II Karimunjawa*. Semarang: BTNKJ.
- BTNKJ. (2017). *Statistik Karimunjawa 2016*. Semarang: BTNKJ.
- Fandeli, C., & Mukhlison. (2000). *Pengusahaan ekowisata*. Yogyakarta: Fakultas Kehutanan UGM.
- Muttaqin, E., Pardede, S., Tarigan, S.A.R., Sadewa, S. (2013). *Laporan teknis monitoring ekosistem terumbu karang Taman Nasional Karimunjawa 2013 (Monitoring Fase 6)*. Bogor: Wildlife Conservation Society - Indonesia Program.
- Nababan, M. G., Munasik, Yulianto, I., Kartawijaya, T., Prasetya, R., Ardiwijaya, R. L., Pardede, S. T., Sulisyati, R., Mulyadi, Syaifudin, Y. (2010). *Status ekosistem di Taman Nasional Karimunjawa 2010*. Bogor: WCS - Indonesia Program.
- Osmond, M., Airame, S., Caldwell, M., Day, J. (2010). Lessons for marine conservation planning: A comparison of three marine protected area planning processes. *Ocean & Coastal Management*, 53, 41–51.
- Pelletier, D., Garcia-Charton, J.A., Ferraris, J., David, G., Thebaud, O., Letourneur, Y., Claudet, J., Amand, M., Kulbicki, M., Galzin, R. (2005). Designing indicators of assessing the effects of marine protected areas on coral reef ecosystems: A multidisciplinary standpoint. *Aquatic Living Resources*, 18, 15-33.
- Pelabuhan Perikanan Pantai [PPP] Karimunjawa. (2014). *Laporan tahunan Pelabuhan Perikanan Pantai Karimunjawa tahun 2014*. Karimunjawa: PPP Karimunjawa.

- Rees, S.E., Rodwell, L.D., Searle, S., Bell, A. (2013). Identifying the issues and options for managing the social impacts of Marine Protected Areas on a small fishing community. *Fisheries Research*, 146, 51-58.
- Satria, D. (2009). Strategi pengembangan ekowisata berbasis ekonomi lokal dalam rangka program pengentasan kemiskinan di wilayah Kabupaten Malang. *Journal of Indonesian Applied Economics*, 3 (1), 37-47.
- Thia-Eng, C. (2006). *The dynamics of integrated coastal management: Practical applications in the sustainable coastal development in East Asia*. Manila: PEMSEA.
- WCS. (2014). *Karimunjawa fish landing and ecological data* [Tidak dipublikasikan].
- Winata, A., Yuliana, E., Rusdiyanto, E. (2017). Diversity and natural regeneration of mangrove vegetation in the tracking area on Kemujan Island Karimunjawa National Park, Indonesia. *AES Bioflux*, 9 (2), 109-119.
- UU No. 5 Tahun 1990 tentang konservasi Sumber Daya Alam Hayati dan Ekosistemnya.
- Yuliana, E. (2016). Pengelolaan perikanan karang dengan pendekatan ekosistem (Kasus: Taman Nasional Karimunjawa). *Disertasi*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Yuliana, E., Boer, M., Fahrudin, A., Kamal, M.M., Pardede, S.T. (2016). The effectiveness of the zoning system in the management of reef fisheries in the marine protected area of Karimunjawa National Park, Indonesia. *AAFL Bioflux*, 9 (3), 483-493.

- Yuliana, E., Boer, M., Fahrudin, A., Kamal, M.M. (2017). Biodiversitas ikan karang di Taman Nasional Karimunjawa. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 9 (1), 29-43.
- Yulianda, F., Fahrudin, A., Hutabarat, A.A., Harteti, S., Kusharjani, Kang, H.S. (2010). *Pengelolaan Pesisir dan Laut Secara Terpadu*. Bogor: Pusdiklat Kehutanan – Departemen Kehutanan RI dan SECEM Korea International Cooperation Agency.
- Yun Lu, S., Shen, C.H., Chiau, W.Y. (2014). Zoning strategies for marine protected areas in Taiwan: Case study of Gueishan Island in Yilan County, Taiwan. *Marine Policy*, 48, 21-29.

PENGEMBANGAN KAPASITAS NELAYAN MENUJU PERIKANAN TANGKAP BERKELANJUTAN

Rinda Noviyanti

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia dengan luas wilayah laut yang dapat dikelola sebesar 5,8 juta km² yang memiliki keanekaragaman sumber daya kelautan dan perikanan yang sangat besar. Berdasarkan hasil Kajian Komisi Nasional Pengkajian Sumber Daya Ikan (SDI), potensi lestari sumber daya hayati ikan (SDHI) di perairan laut Indonesia adalah sebesar 9,9 juta ton per tahun yang tersebar di perairan wilayah Indonesia dan perairan Zona Ekonomi Eksklusif Indonesia (ZEEI) (Kepmen-KP/47/2016).

Dalam kondisi potensi SDI yang besar, sementara sistem pemanfaatan sumber daya di dalam negeri yang belum baik, menjadikan kondisi pemanfaatan SDI belum optimum. Kondisi armada yang masih didominasi oleh kapal-kapal kecil, perdagangan ikan yang kurang menguntungkan nelayan dan penegakan hukum yang belum baik, mengakibatkan pemanfaatan SDI tersebut belum mampu

meningkatkan kesejahteraan nelayan lokal (Kusumastanto dan Yudi, 2012).

Sarana dan prasarana penangkapan yang memadai, sumber daya manusia dalam hal ini nelayan tangkap yang memiliki kapasitas yang mampu bersaing di era globalisasi, merupakan hal yang harus kita usahakan. Keadaan itu akan menempatkan nelayan sebagai pelaku strategis dalam pembangunan perikanan berkelanjutan di Indonesia. Sudah saatnya, program-program Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) memberikan porsi yang lebih pada program pendidikan dan pelatihan untuk pengembangan kapasitas nelayan secara terencana, terukur, dan berkesinambungan.

Tujuan penulisan artikel ini adalah merumuskan strategi yang perlu dilakukan untuk terwujudnya kapasitas nelayan yang dapat menunjang pengelolaan perikanan tangkap berkelanjutan.

PEMBANGUNAN DAN KEBIJAKAN PERIKANAN TANGKAP BERKELANJUTAN

1. Konsep Pembangunan Perikanan Tangkap Berkelanjutan

Konsep pembangunan berkelanjutan muncul dari kesadaran lingkungan dan kecemasan akan makin merosotnya kemampuan bumi untuk menyangga kehidupan. Pembangunan berkelanjutan ini tentunya mencakup semua sektor pembangunan, termasuk di dalamnya adalah sektor perikanan. Istilah perikanan berkelanjutan (*sustainable fisheries*) mulai dijadikan agenda dunia pada tahun 1995 dengan merumuskan konsep pembangunan perikanan berkelanjutan oleh *Food and Agriculture Organization* (FAO) dengan menyusun dokumen Kode Etik Perikanan yang Bertanggung Jawab atau *Code of Conduct for Responsible Fisheries* (CCRF) (FAO, 1995). Aktivitas perikanan yang berkelanjutan dapat dicapai melalui pengelolaan perikanan yang tepat dan efektif, yang umumnya ditandai dengan meningkatnya kualitas hidup dan kesejahteraan manusianya serta juga terjaganya kelestarian SDI dan kesehatan ekosistemnya.

Selanjutnya, Charles (2001) dalam paradigmanya tentang *Sustainable Fisheries System*, mengemukakan bahwa pembangunan

perikanan yang berkelanjutan harus dapat mengakomodasi empat aspek utama yang mencakup dari hulu hingga hilir, yakni:

- a. Keberlanjutan ekologi (*ecological sustainability*): memelihara keberlanjutan stok/biomassa SDI sehingga pemanfaatannya tidak melewati daya dukungnya, serta meningkatkan kapasitas dan kualitas ekosistemnya.
- b. Keberlanjutan sosio-ekonomi (*socioeconomic sustainability*): memperhatikan keberlanjutan kesejahteraan para pelaku usaha perikanan dengan mempertahankan atau mencapai tingkat kesejahteraan masyarakat yang layak.
- c. Keberlanjutan komunitas (*community sustainability*): menjaga keberlanjutan lingkungan komunitas atau masyarakat perikanan yang kondusif dan sinergis dengan menegakkan aturan atau kesepakatan bersama yang tegas dan efektif.
- d. Keberlanjutan kelembagaan (*institutional sustainability*): menjaga keberlanjutan tata kelola yang baik, adil, dan bersih melalui kelembagaan yang efisien dan efektif guna mengintegrasikan atau memadukan tiga aspek utama lainnya (keberlanjutan ekologi, keberlanjutan sosio-ekonomi, dan keberlanjutan masyarakat).

Salah satu lembaga yang terkait dengan pelaksanaan perikanan berkelanjutan, *Marine Stewardship Council*, mendefinisikan perikanan berkelanjutan sebagai salah satu cara memproduksi ikan yang dilakukan sedemikian rupa sehingga dapat berlangsung terus menerus pada tingkat yang wajar dengan mempertimbangkan kesehatan ekologi, meminimalkan efek samping yang mengganggu keanekaragaman, struktur, dan fungsi ekosistem, serta dikelola dan dioperasikan secara adil dan bertanggung jawab, sesuai dengan hukum dan peraturan lokal, nasional dan internasional untuk memenuhi kebutuhan generasi sekarang dan generasi masa depan (Deere, 1999). Sementara itu, Hilborn (2005) menyatakan bahwa definisi perikanan berkelanjutan adalah: aktivitas perikanan yang dapat mempertahankan keberlangsungan hasil produksi dalam jangka panjang, dengan menjaga keseimbangan ekosistem antar generasi, dan memelihara sistem biologi, sosial, dan ekonomi guna menjaga kesehatan ekosistem manusia dan ekosistem laut.

Dengan demikian, dalam melaksanakan pembangunan perikanan berkelanjutan tidak lepas dari memadukan tujuan dari tiga unsur utamanya, yakni dimensi ekonomi, ekologi, dan sosial. *Pertama*, tujuan pembangunan perikanan secara ekonomis dianggap berkelanjutan, jika sektor perikanan tersebut mampu menghasilkan produk ikan secara berkesinambungan (*on continuing basis*), memberikan kesejahteraan finansial bagi para pelakunya, dan memberikan sumbangan devisa serta pajak yang signifikan bagi negara. *Kedua*, tujuan pembangunan perikanan dikatakan secara ekologis berkelanjutan, manakala basis ketersediaan stok ikan dapat dipelihara secara stabil, tidak terjadi eksploitasi berlebihan, dan tidak terjadi pembuangan limbah yang melampaui kapasitas asimilasi lingkungan yang dapat mengakibatkan kondisi tercemar. *Ketiga*, tujuan pembangunan perikanan dianggap secara sosial berkelanjutan, apabila kebutuhan dasar (pangan, sandang, kesehatan, dan pendidikan) seluruh penduduknya terpenuhi; terjadi distribusi pendapatan dan kesempatan berusaha secara adil; ada kesetaraan gender (*gender equity*), dan minim atau tidak ada konflik sosial.

2. Pengembangan Kapasitas Nelayan

Pengembangan kapasitas (*capacity building*) didefinisikan sebagai peningkatan kompetensi individu, lembaga-lembaga sektor publik, sektor swasta, organisasi masyarakat sipil dan masyarakat lokal yang terlibat dalam kegiatan secara berkelanjutan yang berdampak positif terhadap pembangunan seperti pengentasan kemiskinan, peningkatan kualitas pemerintahan maupun memenuhi *Millenium Development Goals* (MDGs) (Hope, 2009). Secara umum tujuan pengembangan kapasitas tentu agar individu, organisasi, maupun sistem yang ada dapat dimanfaatkan secara efektif dan efisien untuk mencapai tujuan dari individu maupun organisasi tersebut. Soeprpto (2010) menjelaskan untuk melakukan pengembangan kapasitas dilaksanakan dalam tiga tingkatan yang harus dilaksanakan secara efektif dan berkesinambungan yaitu: 1) Tingkatan sistem, yang berhubungan dengan pengaturan yang mendukung pencapaian tujuan kebijakan tertentu; 2) Tingkatan institusional, seperti struktur organisasi, proses pengambilan keputusan, prosedur pekerjaan, pengaturan sarana dan

prasarana, hubungan dan jaringan organisasi; 3) Tingkatan individual, antara ketrampilan individu dan persyaratannya, pengetahuan, tingkah laku, pengelompokan pekerjaan dan motivasi pekerjaan di dalam organisasi.

Nelayan tangkap merupakan tingkat individual bagian terpenting dalam kegiatan perikanan dalam pengembangan kapasitas. Sebagai sebuah komunitas, nelayan memiliki beberapa karakteristik yang berbeda dengan komunitas lainnya yang melakukan aktivitas di pesisir dan laut untuk keberlangsungan hidup serta memiliki sifat tradisional dengan alat tangkap sederhana baik tanpa maupun dengan motor (Indarti dan Dwiyadi, 2013). Dalam hal ini Pollnac (1988) telah menguraikan bahwa untuk menjadi seorang nelayan umumnya tidak memperhatikan faktor pendidikan formal, melainkan fisik yang kuat untuk melakukan pekerjaan berat.

Penelitian Anwas (2009) menyatakan bahwa pendidikan formal bisa meningkatkan kompetensi apabila kurikulum dan proses pembelajarannya sesuai dengan tuntutan pekerjaan individu yang bersangkutan. Upaya peningkatan kompetensi hanya bisa dilakukan melalui proses belajar. Belajar di sini dalam arti luas, tidak terbatas pada pendidikan formal saja melainkan juga informal (Anwas 2013). Rogers (1983) menyatakan bahwa nelayan sebagai manusia mempunyai potensi alami untuk belajar. Mengacu pada dua pendapat tersebut maka untuk mencapai keberhasilan, manusia harus berusaha untuk meningkatkan kapasitasnya melalui bekerja dan belajar.

Proses pembelajaran dapat membuat nelayan bertumbuh dan berkembang sehingga mampu menjadi mandiri. Kemampuan belajar seseorang tidak saja ditentukan oleh potensi yang mereka miliki atau dari faktor internal, tetapi juga ditentukan oleh faktor eksternal. Terbentuknya pribadi seseorang dipengaruhi oleh lingkungannya, baik lingkungan vertikal (genetika, tradisi) maupun lingkungan horizontal (geografik, fisik, sosial). Perilaku manusia akan terbentuk tidak saja secara alami, tetapi juga karena faktor lingkungan keluarga maupun masyarakat secara umum (Ndara 1990).

Noviyanti (2015) menuliskan bahwa indikator kunci pada pengembangan kapasitas diri nelayan adalah pengetahuan, kompetensi, mental, komitmen dan pemahaman peraturan-

perundangan yang dapat menjadi landasan pengembangan program-program pemberdayaan masyarakat nelayan yang bersifat *bottom-up*. Penelitian Noviyanti (2017) lainnya menunjukkan bahwa dalam model struktural, aspek keterampilan berpengaruh nyata terhadap aspek kompetensi nelayan, sedangkan aspek pengetahuan dan aspek sikap diri tidak berpengaruh nyata terhadap aspek kompetensi secara langsung. Sehingga dapat dikatakan bahwa kapasitas diri nelayan dipengaruhi oleh keterampilan mereka dalam melakukan operasi penangkapan ikan.

3. Kebijakan Perikanan 2010 – 2015 yang terkait dengan Pengembangan Kapasitas Nelayan Tangkap

Pembangunan perikanan tangkap yang dikelola Ditjen Perikanan Tangkap (DJPT) pada periode 2010-2015 dijabarkan dalam enam kegiatan, yaitu: (1) Pengelolaan SDI, (2) Pembinaan dan pengembangan kapal perikanan, alat penangkap ikan, dan pengawakan kapal perikanan, (3) Pengembangan, pembangunan, dan pengelolaan pelabuhan perikanan, (4) Pelayanan usaha perikanan tangkap yang efisien, tertib, dan berkelanjutan, (5) Pengembangan usaha penangkapan ikan dan pemberdayaan nelayan skala kecil, dan (6) Peningkatan dukungan manajemen dan pelaksanaan tugas teknis lainnya. Keenam kinerja kegiatan DJPT tersebut disesuaikan dengan empat tujuan utama pilar pembangunan nasional, yaitu *pro growth*, *pro environment*, *pro poor*, dan *pro job*.

EKONOMI (PRO-GROWTH)

1. Investasi Usaha Perikanan Tangkap Terpadu

Dalam rangka mendorong pengembangan ekonomi nasional, khususnya di bidang perikanan tangkap, telah dilakukan pengembangan investasi secara terpadu. Sampai dengan tahun 2014 realisasi investasi terpadu mencapai Rp 9,99 triliun. Sebagian besar realisasi investasi terkonsentrasi di wilayah Indonesia Bagian Tengah (Bali, Sulawesi Tenggara, Sulawesi Utara, dan Maluku) dan Indonesia Bagian Timur (Papua dan Papua Barat), yakni sebesar Rp 8,01 triliun atau mencapai 81% dari total realisasi investasi. Adapun provinsi yang

menjadi tujuan investasi adalah Sulawesi Utara, Maluku, DKI Jakarta, dan Bali, dengan realisasi investasi mencapai Rp 7,23 triliun atau 72,80 % dari total realisasi investasi (DJPT, 2015).

2. Minapolitan Perikanan Tangkap

Minapolitan merupakan konsep pembangunan kelautan dan perikanan berbasis manajemen ekonomi kawasan dengan tujuan untuk: 1) Meningkatkan produksi, produktivitas, dan kualitas produk perikanan, 2) Meningkatkan pendapatan nelayan, pembudidaya ikan, pengusaha dan pengolah ikan yang adil dan merata, dan 3) Mengembangkan pusat pertumbuhan ekonomi daerah. Pengembangan kawasan minapolitan didukung oleh kementerian/lembaga terkait, antara lain Kementerian Pekerjaan Umum. Kawasan minapolitan perikanan tangkap yang telah berhasil dibangun diantaranya di kabupaten Cilacap dan kabupaten Gorontalo Utara.

3. Penghapusan Retribusi Perikanan

Dalam upaya meningkatkan efisiensi usaha perikanan tangkap, DJPT mendorong agar Pemerintah Daerah bersedia menghapus retribusi perikanan di daerah yang dinilai memberatkan nelayan dan pelaku usaha. Berkaitan dengan hal ini, dari 18 provinsi dan 103 kabupaten/kota yang teridentifikasi memungut retribusi perikanan, setidaknya terdapat empat provinsi dan tujuh kabupaten/kota yang telah menghapuskan retribusi perikanan, yaitu: Gorontalo, Sulawesi Utara, Sumatera Selatan, Jawa Timur, Cilacap, Luwu Utara, Langsa, Bireuen, Buleleng, Tidore Kepulauan, dan Kaur.

4. Pengelolaan Prasarana Perikanan Tangkap

Pengelolaan nelayan tangkap belum memperlihatkan capaian perubahan kapasitas nelayan kecil, tradisional, dan nelayan buruh yang bertransformasi menjadi pelaku usaha penangkapan ikan yang lebih maju. Jumlah kapal penangkap ikan di laut pada tahun 2010 mencapai 570.827 unit dan menjadi 623.970 unit pada tahun 2014. Dari sisi komposisi, armada perikanan nasional masih didominasi oleh armada perikanan skala kecil (perahu tanpa motor, perahu motor

tempel, dan kapal motor di bawah 30 GT) yang mencapai 99%, sedangkan sisanya adalah kapal motor berukuran di atas 30 GT. Meskipun ada usaha bantuan berupa 878 unit kapal Inka Mina berukuran di atas 30 GT, namun belum signifikan dengan mayoritas nelayan kecil (5 GT ke bawah) yaitu sekitar 2,4 juta (89%) (KKP, 2014).

LINGKUNGAN (*PRO ENVIRONMENT*)

Untuk program-program yang *pro environment*, lebih kepada penerapan kebijakan pengelolaan sumber daya hayati ikan (SDHI) di seluruh perairan nusantara wilayah pengelolaan perikanan (WPP).

1. Pemulihan Stok dan Habitat Sumber Daya Ikan (SDI)

Salah satu upaya yang dilakukan untuk menjaga stok SDI agar tidak menurun adalah melalui pemulihan stok dan habitat SDI. Untuk memulihkan SDI, DJPT melakukan penebaran benih ikan-ikan asli terutama di perairan umum daratan (danau). Pada periode 2010-2014 telah dilakukan penebaran ikan sebanyak 2,13 juta benih. Sementara itu upaya pemulihan habitat sumber daya ikan (SDI) dilakukan melalui pembangunan *reservaat* atau suaka perikanan di perairan umum daratan dan pembangunan rumah ikan di laut teritorial dan perairan kepulauan. Pada periode 2010-2014 telah dilakukan pengembangan *reservaat* di tiga lokasi (Danau Tempe, Danau Toba, dan Danau Ulak Lia) serta pengembangan rumah ikan sejumlah 185 unit di 18 provinsi.

2. Penyusunan Rencana Pengelolaan Perikanan

Untuk mendukung upaya pengelolaan SDI di setiap WPP-NRI secara lestari dan berkelanjutan, telah disusun rencana pengelolaan perikanan (RPP). RPP menjadi pedoman utama dalam pengelolaan SDI selama lima tahun sejak diterbitkan Peraturan Menteri terkait dengan RPP. Terkait dengan hal tersebut, DJPT telah menyusun RPP untuk beberapa lokasi perairan dan jenis ikan. Selama periode 2010 - 2014 telah dilakukan penyusunan dokumen RPP di perairan pedalaman, RPP di WPP-NRI serta RPP menurut jenis ikan. Selanjutnya selama periode 2010-2014, terdapat dua produk hukum yang dikeluarkan terkait dengan RPP ini yaitu (i) Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia Nomor PER.29/MEN/2012 tentang Pedoman

Penyusunan Rencana Pengelolaan Perikanan di Bidang Penangkapan Ikan, dan (ii) Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia Nomor 54/KEPMEN-KP/2014 tentang Rencana Pengelolaan Perikanan Wilayah Pengelolaan Perikanan Negara Republik Indonesia 718 (Laut Arafuru dan Laut Timor). Selain itu pada bulan Agustus 2015 telah terbit Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia Nomor 107/KEPMEN-KP/2015 tentang rencana pengelolaan perikanan tuna, cakalang dan tongkol.

SOSIAL (*PRO POOR*)

Permodalan merupakan faktor penting untuk mendukung pengembangan skala dan kapasitas usaha nelayan untuk mencapai tingkat efisiensi tertentu sebagai unit usaha yang menguntungkan. Terkait permodalan, terdapat persoalan klasik yang dihadapi nelayan, antara lain dukungan pihak perbankan dan lembaga keuangan lainnya yang belum optimal karena usaha penangkapan ikan dinilai berisiko tinggi. Masalah lainnya, persyaratan agunan yang memberatkan nelayan dan ketiadaan pihak yang bersedia memberikan jaminan apabila nelayan tidak bisa mengembalikan pinjaman.

Faktor-faktor di atas menyebabkan nelayan memanfaatkan jasa para pelepas uang untuk memperoleh pinjaman dengan proses yang lebih cepat dan mudah, meskipun dengan bunga yang tinggi. Akibatnya nelayan tidak bisa lepas dari ketergantungan terhadap para pelepas uang dan terjebak dalam jeratan utang yang tidak berkesudahan. Untuk mengatasi persoalan tersebut, DJPT telah melakukan berbagai upaya agar nelayan dapat mengakses permodalan dari sumber-sumber permodalan, antara lain (DJPT, 2015):

- (1) Sertifikasi Hak Atas Tanah (SeHAT) Nelayan dilaksanakan atas kerjasama DJPT dengan Badan Pertanahan Nasional (BPN) sebagaimana tertuang dalam Perjanjian Kerjasama tanggal 15 November 2007. SeHAT nelayan dilaksanakan sebagai upaya untuk meningkatkan status formal dan nilai aset tanah nelayan. Selain itu, melalui kepastian kepemilikan aset tanah, nelayan pun diharapkan akan semakin mudah mengakses permodalan dari perbankan dan lembaga keuangan lainnya. Dengan agunan

sertifikat tersebut, telah terverifikasi setidaknya 2.192 nelayan dapat mengakses kredit perbankan dengan nilai mencapai Rp 29,7 milyar.

- (2) Penyaluran permodalan melalui jasa pegadaian di pelabuhan perikanan. Skema kredit yang disediakan oleh Perum Pegadaian mudah diakses oleh nelayan, dengan proses yang cepat dan waktu yang singkat. Sampai dengan akhir tahun 2014 telah tersedia kantor cabang layanan jasa Pegadaian di delapan lokasi yakni: Pelabuhan Perikanan Samudera (PPS) Cilacap (Jawa Tengah), PPS Kendari (Sulawesi Tenggara), Pelabuhan Perikanan Nusantara (PPN) Palabuhanratu (Jawa Barat), PPN Pekalongan (Jawa Tengah), PPN Ternate (Maluku Utara), Pelabuhan Perikanan Pantai (PPP) Tegalsari (Jawa Tengah), Pelabuhan Perikanan Pantai (PPP) Blanakan (Jawa Barat), dan PPP Paotere (Sulawesi Selatan). Realisasi penyaluran kredit gadai untuk nelayan di seluruh lokasi tersebut pada periode 2010-2014 mencapai Rp 203 milyar.
- (3) Penyaluran permodalan melalui KUR dan KKP-E. Kredit Usaha Rakyat (KUR) bidang kelautan dan perikanan merupakan kredit yang disalurkan kepada pelaku usaha perikanan melalui bank pelaksana yang ditunjuk Pemerintah. Kredit tersebut ditujukan untuk membiayai kegiatan usaha mikro, kecil, menengah (UMKM) dan koperasi perikanan yang *feasible* namun belum *bankable* di bidang perikanan tangkap. Kredit yang disediakan berupa kredit modal kerja dan kredit investasi dengan plafon antara Rp 20 juta – Rp 1 milyar. Realisasi *outstanding* penyaluran KUR untuk bidang perikanan tahun 2010-2014 mencapai Rp 432 milyar. Kredit Ketahanan Pangan dan Energi (KKP-E) untuk sub bidang perikanan tangkap merupakan kredit untuk pelaku usaha perikanan tangkap baik perorangan maupun badan usaha (KUB/Koperasi Perikanan), digunakan untuk pembiayaan kegiatan operasional penangkapan ikan, pengadaan atau peremajaan peralatan, mesin dan sarana penunjang yang mendukung usaha penangkapan ikan, serta untuk pembiayaan pengadaan pangan (khusus untuk koperasi). Besarnya plafon kredit Rp. 100 juta untuk perorangan dan Rp 500 juta untuk KUB/Koperasi. Realisasi *outstanding* penyaluran KKP-E bidang perikanan tahun 2010-2014 sebesar Rp 83,18 milyar.

- (4) Asuransi kapal perikanan untuk penjaminan kredit. Fasilitas asuransi kapal perikanan dilakukan dengan *pola banker's clause* (kerjasama asuransi-perbankan), dengan tujuan untuk: (a) memberikan kekuatan hukum atas kepemilikan hak atas kapal perikanan melalui buku kapal perikanan, (b) memfasilitasi aset kapal kayu nelayan agar dapat digunakan sebagai agunan melalui program asuransi kapal nelayan, dan (c) memberikan jaminan penggantian kerugian terhadap risiko kecelakaan kapal perikanan (*total loss*). Saat ini asuransi kapal mencakup kapal ukuran ≥ 10 GT yang dapat dijadikan alternatif tambahan bagi usaha penangkapan ikan dalam mengakses permodalan dengan memanfaatkan kapal perikanan sebagai agunan. Fasilitas asuransi kapal setidaknya telah dilaksanakan di 4 kabupaten/kota. Kapal telah diasuransikan dan mendapatkan penjaminan untuk mengakses permodalan dari perbankan dengan nilai pertanggungan sebesar Rp 19,5 milyar.
- (5) Pengembangan Usaha Mina Perdesaan (PUMP) Perikanan Tangkap dimaksudkan untuk meningkatkan usaha dan memberdayakan nelayan. PUMP diberikan dalam bentuk stimulus bantuan langsung masyarakat (BLM), dimana setiap KUB penerima dapat memanfaatkan dana tunai sebesar Rp 100 juta untuk mendukung kegiatan usaha penangkapan ikan, antara lain untuk: (a) Pengadaan dan perbaikan sarana penangkapan (perahu, mesin, bahan alat penangkapan ikan, alat bantu penangkapan ikan); (b) Dukungan biaya operasional seperti bensin, solar, minyak tanah, pelumas, dan es; (c) Perbengkelan nelayan; dan (d) Asuransi.
- (6) Perlindungan sosial bagi nelayan. Usaha penangkapan ikan merupakan jenis pekerjaan yang memiliki risiko tinggi. Oleh karena itu peningkatan perlindungan sosial bagi nelayan menjadi sangat penting untuk memberikan jaminan dan kepastian perlindungan sosial bagi nelayan dan keluarganya. Salah satu upaya yang ditempuh untuk meningkatkan perlindungan sosial nelayan melalui bimbingan teknis perlindungan dan keselamatan kerja bagi nelayan. Upaya lainnya dilakukan melalui fasilitas asuransi bagi nelayan di seluruh provinsi. Upaya ini juga memberikan dukungan terhadap

implementasi Inpres Nomor 15 Tahun 2011 tentang Perlindungan Nelayan.

- (7) Kelembagaan usaha perikanan tangkap skala kecil. Kelompok Usaha Bersama (KUB) merupakan salah satu wadah kelembagaan nelayan dalam menjalankan usahanya secara berkelompok. Namun demikian, belum semua KUB tumbuh dan berkembang menjadi KUB yang mandiri dan *bankable*. Untuk itu, dilakukan upaya-upaya untuk meningkatkan jumlah KUB yang mandiri, untuk selanjutnya didorong menjadi KUB yang *bankable*, dengan mengembangkan kelembagaan usaha menjadi koperasi berbadan hukum. Pada tahap akhir, KUB mandiri tersebut difasilitasi untuk menjalin kemitraan usaha dengan para pelaku usaha perikanan skala menengah dan besar, misalnya dalam hal penyediaan bahan baku untuk industri pengolahan hasil perikanan. Sampai dengan tahun 2014, jumlah KUB perikanan tangkap tercatat sebanyak 22.852 KUB. Sebanyak 2.533 KUB telah masuk kategori KUB Mandiri.
- (8) Peningkatan Kehidupan Nelayan (PKN) merupakan salah satu upaya perluasan dan percepatan dan Perluasan Program Pro Rakyat yang diputuskan dalam pada Sidang Kabinet tanggal 13 Februari 2011. PKN dilaksanakan secara lintas kementerian/lembaga, kegiatannya ditujukan untuk individu nelayan, kelompok nelayan, serta perbaikan sarana dan prasarana. Pada periode 2011-2014, PKN telah dilaksanakan di 422 lokasi. Untuk individu nelayan kegiatannya antara lain: Sertifikasi Hak atas Tanah Nelayan (KKP), peralatan rantai dingin (KKP), rumah sangat murah (Kemenpera), listrik murah (Kemen ESDM), bantuan operasional sekolah (BOS) dan beasiswa anak nelayan (Kemendikbud), pelatihan *Basic Safety Training* (BST) untuk nelayan (Kemenhub), dan layanan kesehatan (Kemenkes). Untuk kelompok nelayan kegiatannya antara lain: bantuan kapal perikanan (KKP), pengembangan usaha mina pedesaan (KKP), konversi BBM ke gas (KKP dan Kemen ESDM), pendampingan pada kelompok (KKP), dan usaha rumput laut (Kemen PDT dan BUMN).

UPAYA PENYERAPAN TENAGA KERJA (*PRO JOB*)

1. Lapangan Kerja

Usaha perikanan tangkap mampu menyediakan lapangan kerja bagi para nelayan. Jumlah nelayan pada tahun 2014 mencapai 2.667.440 orang, terdiri atas nelayan di laut sebanyak 2.186.900 orang dan di perairan umum daratan sebanyak 480.540 orang (DJPT, 2015).

Selain nelayan, banyak tenaga kerja yang terserap dari usaha pendukung perikanan tangkap, seperti galangan kapal, perbengkelan, pembuatan dan penyediaan bahan dan alat penangkapan ikan, perdagangan kebutuhan logistik melaut, perdagangan ikan, pengolahan hasil perikanan, dan berbagai usaha terkait lainnya.

2. Kartu Nelayan

Pemberian identitas profesi bagi nelayan melalui Kartu Nelayan dilakukan untuk meningkatkan pembinaan terhadap nelayan sekaligus melindungi profesi nelayan. Selain itu, manfaat yang diperoleh dari pengembangan kartu nelayan adalah untuk menginventarisasi jumlah nelayan secara pasti yang dapat dimanfaatkan untuk optimalisasi proses pembinaan, terutama terkait dengan penentuan target dan sasaran program/kegiatan pemberdayaan nelayan.

Pada tahun 2010-2014 telah didistribusikan 595.844 kartu nelayan di seluruh provinsi, dengan rincian 3.811 kartu pada tahun 2010, 104.661 kartu (2011), 167.655 kartu (2012), 215.354 kartu (2013), dan 104.353 kartu (2014) (DJPT, 2015).

3. Diversifikasi Usaha

Diversifikasi usaha dimaksudkan agar nelayan dan keluarganya memperoleh penghasilan tambahan selain kegiatan usaha penangkapan ikan. Kegiatan tersebut difokuskan bagi para wanita nelayan agar mampu mengembangkan usaha ekonomi produktif yang berkelanjutan, misalnya: usaha pengolahan, perdagangan, kerajinan tangan, dan usaha lainnya.

DJPT memberikan dukungan untuk diversifikasi usaha melalui berbagai kegiatan antara lain bimbingan teknis pengembangan

diversifikasi usaha, pelatihan kewirausahaan, fasilitasi permodalan usaha, fasilitasi sarana penunjang kegiatan usaha, dan lain-lain.

Berdasarkan hasil kegiatan program DJPT tahun 2010-2014 belum ada program kegiatan yang secara khusus memfokuskan pada peningkatan kapasitas nelayan kecil, tradisional, dan nelayan buruh secara jelas, terstruktur, terukur dan berkesinambungan dalam jangka waktu yang panjang. Baik ditinjau dari segi anggaran, tujuan dan sasarannya, materi pelatihan, jangka waktu, maupun kelembagaannya.

ISU DAN PERMASALAHAN

1. Perikanan Tangkap Berkelanjutan

Permasalahan utama yang dihadapi perikanan tangkap yang berkelanjutan di Indonesia secara umum adalah sebagai berikut (DJPT, 2015).

a. *Permasalahan illegal, unreported, and unregulated (IUU) fishing*

Kegiatan IUU *fishing* tidak hanya dilakukan oleh kapal-kapal ikan berbendera asing saja, tetapi juga dilakukan oleh kapal-kapal ikan nasional. Hal ini tercemin dengan masih rendahnya tingkat kepatuhan kapal-kapal ikan nasional akan aturan main dalam pengelolaan SDI, seperti tidak patuhnya kapal-kapal ikan nasional dalam menggunakan VMS (*vessel monitoring system*) dan pelaporan *logbook* hasil tangkapannya. Selain itu, juga masih ada nelayan ataupun pengusaha perikanan tangkap yang menggunakan jenis-jenis alat tangkap yang *destructive* (merusak) atau bahan-bahan yang berbahaya dalam kegiatan operasi penangkapan ikannya.

Masih maraknya kegiatan IUU *fishing* di Indonesia ini, secara nyata telah menimbulkan kerugian yang tidak sedikit, baik dari sisi ekonomi, sosial maupun lingkungan, sehingga aktivitas ini dapat dinyatakan sebagai kendala utama bagi Indonesia dalam mewujudkan perikanan tangkap yang berkelanjutan. Sebagai gambaran, bahwa kerugian Indonesia akibat kegiatan *illegal fishing* di Laut Arafura saja mencapai 40 triliun rupiah per tahun.

Kemudian, untuk kerugian dari aktivitas *unreported fishing* (penangkapan ikan yang tidak dilaporkan), walaupun belum ada laporan perkiraan besaran nilai kerugiannya, namun diperkirakan juga relatif besar akibat berdampak negatif pada lingkungan, utamanya dalam hal pendataan ikan hasil tangkapan. Diperkirakan masih cukup banyak hasil tangkapan yang tidak dilaporkan, salah satu akibatnya adalah terjadi bias informasi tentang status SDI di suatu perairan, yang pada akhirnya akan mengakibatkan aktivitas penangkapan ikan yang terlalu intensif atau berlebih, yang dalam jangka panjang tentu akan menurunkan SDI itu sendiri, dikarenakan tidak ada kesempatan ikan melakukan *recovery stok* populasinya. Selanjutnya, untuk *unregulated fishing* (penangkapan ikan yang tidak diatur), perkiraan besaran nilai kerugiannya juga relatif besar akibat berdampak negative pada lingkungan, walaupun belum ada laporan terkait hal tersebut. Salah satu akibat penggunaan jenis alat-alat tangkap ikan yang tidak diatur adalah tingginya hasil tangkapan *by catch* (hasil tangkapan sampingan yang tidak dimanfaatkan) dan/atau juvenile (anak-anak ikan), karena alat-alat penangkapan ikannya yang tidak/kurang selektif. Masalah IUU fishing menjadi masalah utama dan rumit yang dihadapi sub-sektor perikanan tangkap hingga kini.

b. Permasalahan padat tangkap di perairan pantai

Permasalahan padat tangkap dalam sub-sektor perikanan tangkap hampir terjadi di semua perairan pantai Indonesia, padahal Indonesia memiliki perairan laut yang sangat luas. Hal ini terjadi, karena sebagian besar armada penangkapan ikan nasional didominasi oleh ukuran kapal ikan 5 GT (gross ton) kebawah, yakni sebesar 89%. Kapal penangkap ikan yang berukuran 5 GT kebawah umumnya hanya mampu beroperasi di perairan pantai atau di perairan teritorial (di bawah 12 mil). Dengan demikian, sebagian besar armada penangkapan ikan di Indonesia banyak terkonsentrasi di perairan pantai yang terbatas, baik luasan maupun SDI-nya. Apalagi, kapal ikan berukuran kecil ini, yang merupakan kewenangan daerah kabupaten/kota belum diatur dan dikelola dengan baik dan relatif masih bersifat "*open access*", sehingga jumlah peningkatan armadanya menjadi tidak terkendali, terutama di daerah-daerah

perairan pantai yang dekat dengan konsentrasi padat penduduk. Akibatnya tentu sangat berdampak pada keberadaan dan keberlanjutan SDI di perairan pantai.

c. *Pengawasan yang masih lemah*

Regulasi yang telah dibuat oleh Pemerintah tentunya harus diimbangi dengan pengawasan yang efektif. Pengawasan bukan hanya diperuntukkan bagi para pelaku *illegal fishing* semata, namun juga bagi pelanggar dari setiap aturan atau kesepakatan terkait perikanan berkelanjutan yang telah dibuat. Dalam melaksanakan pengawasan ini, Pemerintah juga harus menggandeng masyarakat dan pelaku usaha perikanan untuk bersama-sama mengawasi aktivitas perikanan yang berjalan dan kondisi lingkungan lautnya guna mewujudkan aktivitas perikanan yang berkelanjutan.

2. Kapasitas Nelayan Perikanan Tangkap

Berdasarkan data survei sosial dan ekonomi nasional 2013 Badan Pusat Statistik yang diolah, diketahui bahwa ada 2,2% rumah tangga di Indonesia yang memiliki kepala rumah tangga berprofesi sebagai nelayan. Jumlahnya sekitar 1,4 juta kepala rumah tangga. Jika rata-rata jumlah anggota rumah tangga di Indonesia sekitar empat orang, maka ada sekitar 5,6 juta penduduk Indonesia yang kehidupannya bergantung kepada kepala rumah tangga yang berprofesi sebagai nelayan. Para nelayan kurang beruntung ditinjau dari aspek pendidikan, dengan hampir 70% nelayan berpendidikan sekolah dasar ke bawah dan hanya sekitar 1,3% yang berpendidikan tinggi. Hal ini menjadi tantangan, program-program pemerintah yang fokus pada pendidikan dan pelatihan untuk peningkatan kapasitas nelayan agar mereka dapat bertransformasi menjadi nelayan yang memiliki standarisasi kompetensi yang baik.

Noviyanti (2015) menyatakan bahwa permasalahan khusus terkait kapasitas nelayan tangkap sebagai faktor internal adalah ada 89% nelayan yang mayoritas kehidupannya miskin, tingkat pendidikan dan keterampilan rendah, penggunaan teknologi penangkapan yang sederhana, akses informasi dan modal sangat terbatas. Demikian juga keberadaan pelaku usaha perikanan dan unit-unit usahanya (Koperasi

dan KUB), sebagian besar belum memiliki pengetahuan yang cukup tentang usaha perikanan yang berkelanjutan dan juga belum memiliki skala usaha yang layak.

Selain itu, program-program pemerintah yang telah bergulir seperti kredit investasi kecil (KIK), kredit modal kerja permanen (KMKP), pemberdayaan ekonomi masyarakat pesisir (PEMP), dan pengembangan usaha mina pedesaan-perikanan tangkap (PUMP-PT) yang terkait dengan program pemberdayaan masyarakat nelayan dan pesisir belum mampu mengangkat mereka secara signifikan menjadi nelayan baik dari sisi tingkat kesejahteraan yang mapan maupun tingkat pendidikannya. Lebih dari 75%, masyarakat nelayan di Indonesia masih memiliki tingkat pendidikan rendah atau Sekolah Dasar (Dahuri, 2002; Noviyanti, 2015).

Isu dan permasalahan tersebut menjadi suatu tantangan bagaimana pemerintah dalam hal ini KKP, dapat membuat kebijakan untuk program pemberdayaan dan pengembangan kapasitas nelayan. Mengacu pada isi UU Nomor 7 Tahun 2016, pemerintah diharapkan membuat kebijakan turunan khusus untuk program peningkatan kapasitas nelayan secara terstruktur, jelas, terukur, dan berkesinambungan. Dengan adanya program yang fokus dan khusus tersebut diharapkan nelayan bertransformasi menjadi nelayan yang handal dan bersaing di era globalisasi serta mampu terlibat dalam usaha penangkapan perikanan yang berkelanjutan.

ANALISIS DAN STRATEGI PENINGKATAN KAPASITAS NELAYAN

Pada kajian ini analisis kesenjangan difokuskan pada aspek sosial-ekonomi dan kelembagaan pada tingkat individu, kelompok, dan tenaga pendidik/penyuluh dan manajemen organisasi Koperasi/KUB. Strategi merupakan pendekatan secara keseluruhan yang berkaitan dengan pelaksanaan gagasan, perencanaan, dan eksekusi sebuah aktivitas dalam kurun waktu tertentu yang didukung oleh kebijakan sebagai payung hukum yang tetap agar strategi yang diterapkan dapat tercapai. Rumusan strategi dan kebijakan yang tepat dapat menghasilkan luaran dan sasaran bagi pengembangan kapasitas

nelayan yang dapat mendukung pembangunan dan pengelolaan perikanan tangkap secara berkelanjutan.

Hasil analisis kesenjangan, strategi dan kebijakan, luaran dan sasaran, dan pemangku kepentingan (*stakeholder*) terkait untuk peningkatan kapasitas nelayan, dijelaskan sebagai berikut.

1. Aspek Sosial-Ekonomi

- a. Kesenjangan peningkatan kapasitas nelayan
 - 1) Mayoritas nelayan kecil (< 5 GT)
 - 2) Tingkat Pendidikan rendah (> 70% tingkat SD)
 - 3) Manajemen usaha lemah, keterampilan yang minim, dan tingkat kesejahteraan rendah
 - 4) Keterbatasan tenaga penyuluh perikanan yang profesional baik kuantitas maupun kualitas
 - 5) Program khusus pengembangan kapasitas nelayan belum diadakan secara terstruktur dan berkesinambungan.
- b. Strategi dan Kebijakan
 - 1) Pengembangan kemitraan antara nelayan tangkap kecil (anak asuh) dengan kelompok UMKM dan industri perikanan menengah atas (induk asuh) yang saling menguntungkan dan dapat meningkatkan kapasitas serta kesejahteraan nelayan kecil.
 - 2) Pengembangan program khusus untuk peningkatan faktor internal kapasitas nelayan.
 - 3) Alokasi anggaran khusus secara berkesinambungan baik dari Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara (APBN) atau Anggaran pendapatan dan Belanja Daerah (APBD) untuk pengembangan kapasitas nelayan dan tenaga penyuluh lapangan.
 - 4) Pengembangan pusat-pusat sarana dan prasarana pendidikan formal dan non-formal khusus bidang Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Kelautan dan Perikanan (IPTEK-KP) yang memadai untuk meningkatkan standarisasi kompetensi kapasitas nelayan baik yang sudah lama maupun generasi muda.

- c. Luaran dan Sasaran yang diharapkan
 - 1) Kemitraan yang saling menguntungkan antara pelaku usaha perikanan dengan nelayan sebagai mitra usaha
 - 2) Nelayan sejahtera/handal dan penyuluh yang profesional, pemahaman dan partisipasi dalam konsep usaha perikanan yang berkelanjutan meningkat
 - 3) Program pendidikan untuk peningkatan kapasitas nelayan yang tepat guna, dan berkesinambungan
 - 4) Kapasitas kompetensi nelayan meningkat

d. Pemangku Kepentingan (*Stakeholder*)

Para pemangku kepentingan yang dapat dilibatkan dalam program khusus pengembangan kapasitas nelayan kecil antara lain adalah KKP (DJPT), Kementerian Terkait (BUMN, Industri dan Perdagangan, Koperasi, Ristek/Dikti, Keuangan), Perguruan Tinggi, Sekolah Kejuruan, Lembaga Swadaya Masyarakat (*World Wildlife Fund* (WWF), Keanekaragaman Hayati Indonesia (KEHATI), Non-profit), Pelaku Usaha Perikanan, kelompok Nelayan (Kecil, Tradisional, dan Nelayan Buruh), dan Tenaga Penyuluh Perikanan.

2. Aspek Kelembagaan

A. Kesenjangan Kapasitas

- 1) Peran kelembagaan koperasi dan Kelompok Usaha Bersama (KUB) masih lemah baik modal, manajemen usaha dan sebagai sarana pemberdayaan nelayan
- 2) Peran pelabuhan perikanan belum optimal dalam manajemen pasar, sistem jual beli produksi perikanan dan distribusi ikan (stabilitas harga, sarana, dan prasarana pendukung)
- 3) Akses permodalan dan informasi ke lembaga keuangan bagi nelayan kecil masih sulit

B. Strategi dan Kebijakan

- 1) Peningkatan manajemen usaha dan permodalan Koperasi dan KUB perikanan yang lebih profesional, mapan dan mandiri
- 2) Peningkatan kualitas dan kapasitas diri anggota pengurus baik koperasi maupun KUB Perikanan

- 3) Pengembangan manajemen dan mekanisme pasar yang transparan dan akuntabel
- 4) Peningkatan dan kemudahan akses permodalan ke lembaga keuangan
- 5) Kontrol dan peningkatkan sistem jual-beli dan harga hasil tangkap ikan oleh nelayan secara transparan

C. Luaran dan Sasaran yang diharapkan

- 1) Sistem pengelolaan Koperasi dan KUB yang lebih profesional dan memberikan manfaat sebagai sarana pemberdayaan masyarakat nelayan
- 2) Pengurus yang profesional dan anggota yang mapan dan mandiri
- 3) Sistem jual-beli yang transparan melalui UPT PP/TPI
- 4) Kemudahan nelayan kecil mendapat akses modal dan informasi usaha perikanan

D. Pemangku Kepentingan (*Stakeholder*)

Secara umum pemangku kepentingan pada analisis aspek kelembagaan antara lain KKP, Kementerian Terkait, UPT Pelabuhan Perikanan/TPI, dan Lembaga keuangan.

PENUTUP

Kesimpulan dari hasil kajian ini adalah dari enam program utama kegiatan DJPT-KKP periode 2010-2015, lebih diprioritaskan pada pengembangan, pengelolaan dan pembangunan usaha, sarana dan prasarana, dan kelembagaan, belum memprioritaskan program secara khusus untuk meningkatkan kapasitas nelayan tradisional dan kecil.

Fakta dan data menunjukkan mayoritas nelayan Indonesia lebih dari 80% masih didominasi oleh nelayan kecil yang memiliki armada tangkap tradisional dengan bobot < 5 GT dengan tingkat kesejahteraan masih rendah. Formulasi strategi yang perlu dilakukan untuk terwujudnya kapasitas nelayan yang dapat menunjang pengelolaan perikanan tangkap berkelanjutan untuk aspek sosial-ekonomi adalah pengembangan kemitraan antara nelayan tangkap kecil (anak asuh)

dengan kelompok UMKM dan industri perikanan menengah atas, pengembangan pusat-pusat sarana dan prasarana pendidikan formal-non-formal sebagai standarisasi kompetensi nelayan baik yang lama maupun generasi muda. Untuk aspek kelembagaan strategi yang dilakukan adalah: peningkatan manajemen usaha dan permodalan Koperasi dan KUB perikanan yang lebih profesional, mapan dan mandiri; peningkatan kualitas dan kapasitas diri anggota pengurus baik koperasi maupun KUB; pengembangan manajemen dan mekanisme pasar yang transparan dan akuntable; peningkatan dan kemudahan akses permodalan ke lembaga keuangan; serta kontrol dan peningkatkan sistem jual-beli dan harga hasil tangkap ikan oleh nelayan secara transparan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwas, O.M. (2009). Pemanfaatan Media dalam Pengembangan Kompetensi Penyuluhan Pertanian. Disertasi: Program Studi Ilmu Penyuluhan Pembangunan, Departemen Sains Komunikasi dan Pengembangan Masyarakat Pascasarjana IPB Bogor.
- Anwas, O.M. (2013). *Pemberdayaan Masyarakat di Era Global*. Bandung:Oxford. 370 p.
- Dahuri, R. (2002). Kebijakan dan Program Pengembangan SDM Kelautan dan Perikanan. Makalah disampaikan Pada Rakerwil HIMAPIKANI, Bogor, 2 Maret 2002. Jakarta: Departemen Kelautan dan Perikanan RI.
- Deere, C.L. (1999). *Eco-Labeling and Sustainable Fisheries*. IUCN: Washington, D.C. and FAO: Rome.
- DJPT. (2015). Rencana Strategis Direktorat Jenderal Perikanan Tangkap Kementerian Kelautan dan Perikanan tahun 2015-2019. DJPT-KKP. 132 hal.
- FAO. (1995). Code of Conduct for Responsible Fisheries. Rome, FAO. 1995. 41p.
- Hilborn, R. 2005 "Are Sustainable Fisheries Achievable?" Chapter 15, pp. 247–259. *Marine Conservation Biology: The Science of Maintaining the Sea's Biodiversity*.
- Hope, KR. 2009. *Capacity development for good governance in developing countries: some lessons from the field*. International journal of public administration, 32 (8).
- Indiarti, I. & Dwiyadi, S.W. (2013). Metode Pemberdayaan Masyarakat Pesisir Melalui Penguatan Kelembagaan di Wilayah Pesisir Kota

- Semarang. *Jurnal Manajemen dan Bisnis BENEFIT*. Volume 17. Nomor 1. Juni 2013. Halaman 75-88.
- Kusumastanto, T. &Yudi, W. (2012). Pembinaan Nelayan Sebagai Ujung Tombak Pembangunan Perikanan Nasional. Manuskrip pada Majalah Ilmiah WAWASAN TRIDHARMA. Agustus 2012.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) (2014). Laporan Statistik Perikanan Tangkap Tahun 2012. Jakarta.
- Ndara, T. (1990). Pembangunan Masyarakat: Mempersiapkan Masyarakat Tinggal Landas. Jakarta: Rineka Cipta.
- Noviyanti, R. (2015). Pengembangan Kapasitas Nelayan Tangkap di PPN Palabuhanratu. Disertasi. Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor. 123p.
- Noviyanti, R. (2017). Faktor–Faktor yang Berpengaruh Terhadap Kompetensi Nelayan di Teluk Banten Menuju Perikanan Tangkap Berkelanjutan. Makalah untuk jurnal Marine Fisheries. IPB Bogor.
- Pollnac, R. B. (1988). Karakteristik Sosial dan Budaya dalam Pengembangan Perikanan Berskala Kecil. Mengutamakan Manusia di dalam Pembangunan, dalam Michael. M. Carnea (ed). Jakarta: UI-Press.
- Rogers, E.M. (1983). *Diffution of Innovation* (Edisi ke-3) New York: The Free Press A Division Of Macmillan Publishing Co.,Inc.
- Soeprapto, R. (2010). The Capacity Building for Local Government Toward Good Governance. Word Bank.

MODEL GREEN BUILDING DI INDONESIA BERBASIS KONSEP KUALITAS DMAIC SIX SIGMA

Sri Enny Triwidiastuti

PENDAHULUAN

Berdasarkan laporan yang dipublikasikan oleh Perserikatan Bangsa Bangsa (*United Nations*), berjudul '*Buildings and Climate Change*' menyatakan bahwa 30% sampai 40% energi dipergunakan untuk bangunan. Konsep Bangunan Hijau (*Green Building*) dirancang dengan mempertimbangkan lingkungan dan krisis energi yang sedang berlangsung saat ini. Gedung-gedung dirancang, dibangun, dan dioperasikan sedemikian rupa sehingga dampaknya terhadap lingkungan minimal dan sesuai dengan tujuan penghematan energi. Bangunan Hijau dirancang supaya dapat mengefisiensikan pemakaian energi alami, berkelanjutan dan terbarukan untuk gedung komersial maupun gedung hunian serta meminimalisir kerusakan lingkungan sekitar. Bangunan Hijau ini merupakan bagian dari program pembangunan lingkungan yang komprehensif menuju pembangunan komunitas berkelanjutan beserta infrastruktur urban berkelanjutan. Pelaksanaan Bangunan Hijau ini dapat menggagal momentum untuk mewujudkan strategi korporasi yang menyatukan konsep ramah lingkungan pada strategi bisnis, sasaran dasar dan *corporate*

citizenship, serta meningkatkan kualitas udara dan mengurangi biaya energi yang menghasilkan keuntungan signifikan untuk semua orang.

Pemerintah Indonesia terus melakukan sosialisasi terhadap upaya-upaya adaptasi dan mitigasi perubahan iklim, tetapi tidak semua lapisan masyarakat mengetahui dan memahami kedua hal tersebut. Salah satu akibat minimnya adaptasi terhadap perubahan iklim adalah *Sick Building Syndrome* (SBS) pada beberapa bangunan di Indonesia. SBS adalah situasi dimana para penghuni gedung atau bangunan mengalami masalah kesehatan dan ketidaknyamanan karena waktu yang dihabiskan dalam bangunan. Faktor utama terjadinya SBS adalah polusi udara atau masalah pada kualitas udara, yang biasanya disebabkan oleh buruknya ventilasi udara atau cahaya, emisi ozon dari mesin fotokopi, polusi dari perabot dan panel kayu, asap rokok, dan lain sebagainya. SBS secara tidak langsung akan mempengaruhi produktivitas seluruh penghuni gedung atau bangunan apabila dibiarkan terus menerus. Sudah banyak gedung yang terjangkit SBS di Indonesia, antara lain terdapat pada kota-kota besar di Indonesia seperti Jakarta, Denpasar, Surabaya, Medan, Bandung, dan Makassar. Menurut *World Health Organization* (WHO), diperkirakan sekitar 30 persen seluruh bangunan atau gedung yang ada di dunia memiliki permasalahan terkait kualitas udara dalam ruangan (Kilbert, 2016). Bentuk solusi yang menjadi pilihan adalah dengan menerapkan konsep Arsitektur Hijau (*Green Architecture*), atau Bangunan Hijau yang kini sudah dijalankan oleh pemerintah Indonesia.

Untuk mewujudkan bangunan/gedung yang sehat, aman, dan nyaman secara berkelanjutan, dilakukan telaah pustaka tentang bangunan hijau berbasis konsep kualitas berkelanjutan DMAIC Six Sigma untuk suatu wilayah perkotaan di Indonesia. Pembahasan pada kasus ini, yaitu upaya mengurangi laju SBS dan diharapkan dapat meningkatkan kualitas kesehatan untuk penghuni gedung kantor di DKI Jakarta. Metode yang dipilih adalah Six Sigma tradisional (DMAIC), karena proses menuju gedung yang sehat sudah diukur dengan peringkat *greenship* (*Greenship Rating*) dan kegiatan pengukuran sudah dilakukan pada beberapa gedung di DKI Jakarta. Pengukuran *greenship* juga sudah dilakukan di kota-kota besar di Indonesia, yaitu untuk bangunan terbangun (*existing building*) dan sudah tersertifikasi

contohnya di BSD Tangerang, untuk bangunan baru yang sudah tersertifikasi diantaranya di Jimbaran Bali, Bogor; sedangkan untuk bangunan baru yang sedang proses sertifikasi diantaranya di Yogyakarta (UGM) dan Pekanbaru.

ARSITEKTUR HIJAU (*GREEN ARCHITECTURE*)

Arsitektur Hijau adalah suatu pendekatan perencanaan bangunan yang berusaha untuk meminimalisasi berbagai pengaruh yang membahayakan kesehatan manusia dan lingkungan. Elemen-elemen yang terdapat di dalam Arsitektur Hijau yang berkelanjutan adalah lansekap, interior, yang menjadi satu kesatuan dalam segi arsitekturnya. Dalam contoh kecil, Arsitektur Hijau dapat juga diterapkan di sekitar lingkungan kita. Yang paling ideal adalah menerapkan komposisi 60 : 40 antara bangunan rumah dan lahan hijau, membuat atap dan dinding dengan konsep *roof garden* dan *green wall*. Dinding bukan sekadar beton atau batu alam, melainkan dapat ditumbuhi tanaman merambat. Tujuan utama dari *green architecture* adalah menciptakan *eco design*, arsitektur ramah lingkungan, arsitektur alami, dan pembangunan berkelanjutan. Arsitektur Hijau juga dapat diterapkan dengan meningkatkan efisiensi pemakaian energi, air, dan pemakaian bahan-bahan yang mereduksi dampak bangunan terhadap kesehatan. Perancangan Arsitektur Hijau meliputi tata letak, konstruksi, operasi, dan pemeliharaan bangunan. Konsep ini sekarang mulai dikembangkan oleh berbagai pihak menjadi Bangunan Hijau.

BANGUNAN HIJAU (*GREEN BUILDING*)

Bangunan Hijau adalah bangunan yang cerdas mengelola konsumsi energi dan kenyamanan huniannya. Saat ini menjadi konsep berbagai fasilitas pelayanan umum pemerintahan, kesehatan, pendidikan, rekreasi, maupun properti pribadi. Konsep yang mengutamakan perencanaan, konstruksi, dan pengelolaan bangunan yang hemat energi ini dapat diwujudkan melalui sistem otomasi bangunan yang terintegrasi (*intelligent & integrated building*)

automation systems). Sistem otomasi ini mengaktifkan jaringan sistem tata udara, pencahayaan, akustika dan utilitas bangunan, sesuai tingkat hunian dan aktivitas di dalamnya. Elemen dalam sistem ini meliputi sensor, sistem komunikasi data modular, pengontrol yang mengoperasikan perangkat utilitas bangunan, serta melaporkan tingkat konsumsi energi. Sistem otomasi ini dapat menghemat biaya energi dan pemeliharaan gedung secara signifikan setiap tahun.

Untuk mengurangi pemakaian energi, digunakan jendela yang seefisien mungkin dan insulasi pada dinding, plafon atau tempat masuknya aliran udara ke dalam bangunan gedung. Strategi lain yang dapat dilakukan adalah dengan mendesain bangunan surya pasif. Penempatan jendela yang efektif (pencahayaan) dapat memberikan cahaya lebih alami dan mengurangi kebutuhan penerangan listrik di siang hari. Berikut beberapa manfaat terhadap lingkungan apabila kita menerapkan konsep Bangunan Hijau:

1. bangunan lebih awet dan tahan lama, dengan perawatan minimal,
2. efisiensi energi menyebabkan pembiayaan rutin lebih efektif,
3. bangunan lebih nyaman untuk ditinggali,
4. penghuni mendapatkan kualitas hidup yang lebih sehat,
5. ikut berperan serta dalam kepedulian lingkungan.

Efisiensi energi pada Bangunan Hijau merupakan salah satu bentuk respon masyarakat dunia akan perubahan iklim. Penerapan ini mempromosikan bahwa perbaikan perilaku (dan teknologi) terhadap bangunan tempat aktivitas hidup dapat menyumbangkan banyak pengurangan pemanasan global. Dalam hal ini bangunan/gedung adalah penghasil terbesar (lebih dari 30%) emisi global karbon dioksida (CO₂), salah satu penyebab utama pemanasan global. Saat ini Amerika, Eropa, Kanada dan Jepang berkontribusi terhadap sebagian besar emisi gas rumah kaca. Pertumbuhan penduduk di Cina, India, Asia Tenggara, Brazil, dan Rusia menyebabkan emisi CO₂ bertambah dengan cepat. Pembangunan infrastruktur dan industri di Indonesia juga meningkatkan kontribusi CO₂ secara signifikan. Hal ini akan memperburuk kondisi lingkungan Indonesia umumnya, dan kondisi lingkungan global.

Bangunan Hijau dapat diartikan sebagai sebuah bangunan yang memberikan solusi untuk keharmonisan hunian dan lingkungan, menggunakan material alami yang tidak merusak lingkungan, menggunakan sumber daya berkelanjutan dan terbarukan, biaya pemeliharaan yang optimal (Sinha, 2009). Penggunaan material alami yang tidak merusak lingkungan atau produk hijau (*green product*) menurut Sinha (2009) adalah:

1. Produk yang dibuat dengan isi sampah limbah, daur ulang, atau sampah pertanian.

Lebih baik menggunakan kembali sebuah produk daripada menghasilkan yang baru. Contoh bahan daur ulang pasca industri adalah batu bata, *millwork*, framing kayu, perlengkapan pipa air (*plumbing fixture*), terak biji besi yang digunakan untuk membuat mineral isolasi wol, hasil proses semen yang berupa partikel debu semen (*fly ash*) digunakan untuk membuat skrap beton, dan *Polyvinyl Chloride* (PVC) dari pembuatan pipa digunakan untuk membuat asesoris pipa air. Fitur penting dari produk hijau adalah material daur ulang. Contohnya, minyak jeruk yang merupakan produk limbah dari ekstraksi jus jeruk dan lemon dapat digunakan sebagai produk hijau.

2. Produk yang menghemat Sumber Daya Alam.

Yaitu produk yang menggunakan lebih sedikit pemakaian bahan daripada produk standar, produk yang sangat tahan lama dan karena itu tidak sering memerlukan penggantian. Produk tersebut antara lain produk yang terbuat dari kayu bersertifikasi FSC, dan produk buatan yang berasal dari sumber daya cepat terbarukan seperti *clip dry wall* yang memungkinkan penghapusan kancing sudut, jendela dari *fiberglass* dan material batu kali, produk yang memiliki daya tahan yang luar biasa atau perawatan rendah.

3. Produk yang menghindari emisi beracun atau lainnya.

Produk yang alami atau minimal olahan dapat disebut hijau apabila penggunaan energinya rendah dan risiko pelepasan kimiawi selama proses pembuatannya rendah. Contohnya produk kayu, pertanian atau tanaman non-pertanian, dan produk mineral seperti batu alam. Beberapa produk dibuat dengan meminimalkan bahan yang mengandung senyawa toksik, unsur perantara, atau

produk sampingan, misalnya lampu neon dengan kadar merkuri rendah, PVC dan material penghambat api yang sudah dilapisi brom (*brominated fire retardants*). Ada pula material bangunan yang lain, seperti produk bangunan yang diobati dengan asam borat, paving berpori yang menyerap air hujan ke dalam tanah dengan volume air lebih besar dari pada paving beton, sistem atap hijau yang menghasilkan pelepasan oksigen ke udara lebih besar dari pada atap beton, dan daur ulang air bekas pakai di dalam gedung untuk mengurangi pembuangan air limbah. Sedangkan contoh sistem produk hijau adalah sistem umpan yang menghilangkan kebutuhan akan aplikasi pestisida berbasis luas.

4. Produk yang hemat energi atau air.

Komponen bangunan yang mengurangi pemanasan global dan mengurangi beban bangunan struktural, misalnya *Insulated Panels* (SIPs), *Insulated Concrete Forms* (ICFs), *Autoclaved Blok Aerated Concrete* (AAC), dan jendela dari bahan kaca dengan performa tinggi. Selain itu peralatan yang dipergunakan dalam gedung dan bangunan hunian seperti pemanas air tenaga surya, sistem fotovoltaik, dan turbin angin adalah beberapa produk yang memungkinkan kita untuk menggunakan energi terbarukan dan bukan bahan bakar fosil. Beberapa produk seperti sistem tangkapan air hujan, toilet hijau, dan pancuran berfungsi sebagai perlengkapan yang menghemat air.

5. Produk yang berkontribusi pada lingkungan yang sehat.

Produk yang berkontribusi pada lingkungan yang sehat adalah produk yang tidak melepaskan polutan signifikan ke dalam bangunan, seperti cat dengan tingkat *Volatile Organic Compound* (VOC) rendah, atau perekat dan produk dengan emisi sangat rendah (seperti non formaldehida yang terdapat pada produk kayu). Produk lain seperti material insulasi (pencegah panas) yang minim polutan juga digunakan dalam ruang. Ada pula saringan udara untuk sirkulasi yang digunakan untuk melindungi masuknya udara kotor atau serat insulasi ke dalam sistem saluran udara. Penggunaan sistem *Track-off* yang diletakkan di pintu masuk dimaksudkan untuk membantu menyingkirkan polutan dari sepatu. Sistem ini dilapisi *duct board* untuk mencegah

penumpahan serat dan membantu mengendalikan pertumbuhan jamur. Contoh lainnya adalah alat penangkapan Linoleum untuk mencegah pertumbuhan mikroba karena oksidasi asam linoleat. Untuk menjaga supaya udara dalam gedung tetap sehat, terdapat produk yang dapat mengurangi polutan dalam ruangan seperti produk ventilasi tertentu, filter, peralatan mitigasi radon. Selain itu ada produk seperti detektor karbon monoksida (CO), untuk mendeteksi kadar CO dalam ruangan, alat uji timbal yang mungkin terdapat dalam cat di dalam ruangan. Secara keseluruhan alat uji kualitas udara (IAQ) adalah produk yang mengingatkan penghuni tentang ancaman kesehatan di dalam gedung. Produk hijau memungkinkan kita untuk membawa cahaya matahari ke dalam sebuah bangunan, termasuk *skylight tubular*, *skylight* komersial khusus, dan sistem pencahayaan *fiber optic*, pencahayaan sistem spektrum penuh, dan panel langit-langit yang reflektif.

MENGAPA BANGUNAN HIJAU

Konsep Bangunan Hijau pada dasarnya bertujuan untuk menghemat pemakaian energi pada bangunan bertingkat komersial secara umum. Pada skala nasional, pemerintah mendorong pemilik bangunan komersial untuk menggunakan bangunan yang ramah lingkungan, menghemat energi untuk mendukung program Bangunan Hijau. Strategi Bangunan Hijau dapat dicapai dari lima tahapan *Go Green* (Armstrong, 2008), diantaranya adalah:

1. Mengurangi konsumsi sumber daya (energi dan air).
2. Mengurangi limbah dan melakukan upaya daur ulang.
3. Material bangunan (meniadakan material berbahaya, memilih material yang ramah lingkungan, mempergunakan material yang tidak menyebabkan lubang pada ozon).
4. Lingkungan di dalam bangunan (kualitas udara, suhu ruang, pemeliharaan AC dan saluran udara).
5. Kepedulian penghuni/pemakai bangunan (komunikasi antara pemilik dan penghuni/pemakai bangunan). Komunikasi ini sangat penting sebagai upaya mengurangi dampak lingkungan yang bersifat negatif. Sebagai contoh, apabila pemilik bangunan akan

mengubah sistem AC atau pembuangan limbah, pemilik bangunan harus dikomunikasikan dengan penghuni/pemakai terlebih dahulu, supaya hasilnya efektif.

LEMBAGA BANGUNAN HIJAU INDONESIA

Lembaga Bangunan Hijau (*Green Building Council/GBC*) Indonesia adalah lembaga mandiri (*non government*) dan nirlaba (*non-profit*) yang berkomitmen penuh terhadap pendidikan masyarakat dalam mengaplikasikan praktik terbaik lingkungan dan memfasilitasi transformasi industri bangunan global yang berkelanjutan. GBC Indonesia didirikan pada tahun 2009 dan diselenggarakan dengan sinergi di antara para pemangku kepentingan, meliputi: pemerintah, kalangan industri sektor bangunan dan properti, profesional bidang jasa konstruksi, institusi pendidikan dan penelitian. Lembaga ini merupakan anggota dari Lembaga Bangunan Hijau Dunia (*World Green Building Council/WGBC*) yang berpusat di Toronto, Kanada. Salah satu program lembaga ini adalah menyelenggarakan kegiatan Sertifikasi Bangunan Hijau di Indonesia berdasarkan perangkat penilaian khas Indonesia yang disebut *GreenShip* (Redaksi Butaru, n.d.). Melalui lembaga ini pemerintah menyatakan dukungannya untuk menyehatkan kembali kondisi gedung-gedung di perkotaan dari penyakit SBS.

SISTEM PERINGKAT BANGUNAN HIJAU (*GREENSHIP*)

Sistem peringkat bangunan hijau atau *greenship* dipergunakan sebagai perangkat penilaian. Sistem ini menggunakan kriteria penilaian yang berdasarkan standar lokal baku mutu. Standar tersebut adalah Undang-Undang (UU), Keputusan Presiden (Keppres), Instruksi Presiden (Inpres), Peraturan Menteri (Permen), Keputusan Menteri (Kepmen), dan Standar Nasional Indonesia (SNI).

Beberapa peraturan yang menjadi acuan dalam pembuatan *GreenShip* adalah:

1. Peraturan Menteri PU 30/PRT/M/2006 mengenai Pedoman Teknis Fasilitas dan Aksesibilitas pada Bangunan Gedung dan Lingkungan.
2. Peraturan Menteri PU No. 5/PRT/M/2008 mengenai Ruang Terbuka Hijau (RTH) B/277/Dep.III/LH/01/2009.
3. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 28 tahun 2002 tentang Bangunan Gedung UU RI No. 26 tahun 2007 tentang Penataan Ruang.
4. UU No. 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
5. Keputusan DNA (*Designated National Authority*) dalam B-277/Dep.III/LH/01/2009.
6. Keputusan Menteri No. 112 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Kotor Domestik.
7. Permen PU No. 29/PRT/M/2006 tentang Pedoman Persyaratan Teknis Bangunan Gedung.
8. Keputusan Menteri Kesehatan Nomor 1405/MENKES/SK/XI/2002.
9. UU No. 18 Tahun 2008.

Sistem peringkat (*rating*) adalah suatu alat berisi butir-butir dari aspek penilaian yang disebut rating dan setiap butir rating mempunyai nilai (*credit point*). Apabila suatu bangunan berhasil melaksanakan butir rating, maka bangunan itu akan mendapatkan poin nilai dari butir tersebut. Bila jumlah semua poin nilai yang berhasil dikumpulkan mencapai suatu jumlah yang ditentukan, maka bangunan tersebut dapat disertifikasi untuk tingkat sertifikasi tertentu. Namun sebelum mencapai tahap penilaian rating terlebih dahulu dilakukan pengkajian bangunan untuk pemenuhan persyaratan awal penilaian (eligibilitas). Sistem Rating *GreenShip* dipersiapkan dan disusun oleh Lembaga Bangunan Hijau (GBC) Indonesia untuk menentukan apakah suatu bangunan dapat dinyatakan layak bersertifikat "bangunan hijau" atau belum. *GreenShip* bersifat khas Indonesia seperti halnya perangkat penilaian di setiap negara yang selalu mengakomodasi kepentingan lokal setempat. Program sertifikasi diselenggarakan oleh Komisi Rating Lembaga Bangunan Hijau Indonesia secara kredibel, akuntabel dan penuh integritas (GBC Indonesia, 2017). Setiap negara yang sudah

mengikuti gerakan bangunan hijau mempunyai sistem rating masing-masing, sebagai contoh Amerika Serikat (LEED), Singapura (Green Mark), Australia dengan Green Star, dan sebagainya.

Greenship sebagai sebuah sistem rating terbagi atas enam aspek yang terdiri dari (GBC Indonesia, 2017):

1. Tepat Guna Lahan (*Appropriate Site Development/ASD*).
2. Efisiensi Energi & Refrigeran (*Energy Efficiency & Refrigerant/EER*).
3. Konservasi Air (*Water Conservation/WAC*).
4. Sumber dan Siklus Material (*Material Resources & Cycle/MRC*).
5. Kualitas Udara dan Kenyamanan Udara (*Indoor Air Health & Comfort/IHC*).
6. Manajemen Lingkungan Bangunan (*Building & Environment Management*).

Masing-masing aspek terdiri atas beberapa rating yang mengandung kredit, masing-masing memiliki muatan nilai tertentu dan akan diolah untuk menentukan penilaian. Poin nilai memuat standar-standar baku dan rekomendasi untuk pencapaian standar tersebut.

Greenship meliputi 5 hal berikut ini (GBC Indonesia, 2017):

1. Bangunan lama/ terbangun; *greenship* untuk gedung terbangun digunakan untuk bangunan gedung yang telah lama beroperasi minimal satu tahun setelah gedung selesai dibangun. Penerapan *green building* pada gedung terbangun banyak terkait dengan manajemen operasional dan pemeliharaan gedung.
2. Bangunan baru; penerapan konsep bangunan hijau pada gedung baru banyak terkait dengan desain dan perencanaan bangunan. Tim proyek memiliki kesempatan berkreasi dan berinovasi untuk menciptakan *green building* yang menyeluruh. Adapun jenis proyek yang dapat masuk ke dalam bangunan baru *greenship*, yaitu:
 - a. Gedung baru pada lahan kosong.
 - b. Aktivitas renovasi sebesar minimal 90% bobot pekerjaan mekanikal elektrikal atau pekerjaan struktur, pada lahan yang telah dibangun.

- c. Gedung baru pada lahan dalam suatu kawasan terpadu. Proses penilaian dilakukan mulai dari desain hingga pelaksanaan konstruksi selesai.
3. *Interior space*; ruang interior hijau memungkinkan kita untuk bernapas, memberi pemandangan keluar bangunan dan pencahayaan alami membuat kita lebih sehat dan produktif. Lingkup penilaian meliputi aktivitas *fit out*, kebijakan pihak manajemen, serta pengelolaan oleh pihak manajemen setelah aktivitas di dalamnya mulai beroperasi. *Greenstrip* ruang interior dapat digunakan oleh:
 - a. tim proyek yang tidak mempunyai kontrol pada keseluruhan gedung untuk membuat ruang di dalam gedung yang lebih sehat dan nyaman,
 - b. pada sebagian atau keseluruhan ruangan di dalam gedung,
 - c. diikuti oleh proses kegiatan *fit out*.
4. Rumah hunian: penerapan bangunan hijau pada gedung terbangun banyak terkait dengan manajemen operasional dan pemeliharaan gedung. Rumah ramah lingkungan adalah rumah yang bijak dalam menggunakan lahan, efisien dan efektif dalam penggunaan energi, air, dan sumber daya; serta sehat dan aman bagi penghuni rumah. Keberlanjutan dari rumah ramah lingkungan harus disertai dengan perilaku ramah lingkungan oleh penghuninya. Jenis rumah yang dapat dilakukan penilaian meliputi:
 - a. Rumah tunggal (*single landed*), yaitu rumah hunian tunggal yang terbangun melekat di atas tanah.
 - b. Desain rumah baru, rumah terbangun (*existing*), dan rumah terbangun yang ditata kembali (*redevelopment*).

Kita dapat melakukan penilaian mandiri (*self assessment*) untuk mengetahui apakah rumah atau design rumah kita termasuk *green building* atau tidak. Link dapat diakses secara gratis pada www.greenshiphomes.org (greenshiphomes, 2017).

5. Lingkungan/kawasan; merupakan perangkat penilaian yang membantu mewujudkan kawasan yang berkelanjutan dan ramah bagi penggunaannya, dengan lingkup lebih luas dari skala bangunan; melihat interaksi antara bangunan, alam, dan manusia. Konsep keberlanjutan dalam kawasan sangat ditentukan oleh kondisi kawasan, bangunan, dan manusia di dalamnya. Pengembangan kawasan merupakan investasi jangka panjang untuk kelanjutan kehidupan masyarakat di dalamnya. Dapat digunakan untuk penilaian perumahan, daerah pusat bisnis (*Central Business District/CBD*), kawasan industri baik skala kecil atau besar.

Tabel 1. Contoh Satuan Alat Ukur *GreenSHIP* pada Tahap Desain

RINGKASAN RATING

| Perangkat Penilaian | | Tahap Pengakuan Desain | | |
|---|--|------------------------|---------|------------|
| Kode | Rating | Nilai Maks | Provisi | Nilai Maks |
| Appropriate Site Development | | 17% | | 21% |
| Prasyarat 1 | Basic Green Area | | A | |
| ASD 1 | Site Selection | 2 | A | 2 |
| ASD 2 | Community Accessibility | 2 | A | 2 |
| ASD 3 | Public Transportation | 2 | A | 2 |
| ASD 4 | Bicycle | 2 | A | 2 |
| ASD 5 | Site Landscaping | 3 | A | 3 |
| ASD 6 | Micro Climate | 3 | A | 3 |
| ASD 7 | Storm Water Management | 3 | A | 3 |
| | | 17 | | 17 |
| Energy Efficiency and Conservation | | 26% | | 32% |
| Prasyarat 1 | Electrical Sub Metering | | A | |
| Prasyarat 2 | OTTV Calculation | | A | |
| EEC 1 | Energy Efficiency Measure | 20 | A | 20 |
| EEC 2 | Natural Lighting | 4 | A | 4 |
| EEC 3 | Ventilation | 1 | A | 1 |
| EEC 4 | Climate Change Impact | 1 | A | 1 |
| EEC 5 | On Site Renewable Energy | 5B | A | 5B |
| | | 26 | | 26 |
| Water Conservation | | 21% | | 26% |
| Prasyarat 1 | Water Metering | | A | |
| WAC 1 | Water Use Reduction | 8 | A | 8 |
| WAC 2 | Water Fixtures | 3 | A | 3 |
| WAC 3 | Water Recycling | 3 | A | 3 |
| WAC 4 | Alternative Water Resource | 2 | A | 2 |
| WAC 5 | Rainwater Harvesting | 3 | A | 3 |
| WAC 6 | Water Efficiency Landscaping | 2 | A | 2 |
| | | 21 | | 21 |
| Material Resource and Cycle | | 14% | | 6% |
| Prasyarat 1 | Fundamental Refrigerant | | A | |
| NRRC 1 | Building and Material Reuse | 2 | A | 2 |
| NRRC 2 | Environmentally Friendly Processed Product | 3 | NA | |
| NRRC 3 | Non ODS Usage | 2 | NA | |
| NRRC 4 | Certified Wood | 2 | NA | |
| NRRC 5 | Modular Design | 3 | A | 3 |
| NRRC 6 | Regional Material | 2 | NA | |
| | | 14 | | 5 |
| Indoor Health and Comfort | | 10% | | 7% |
| Prasyarat 1 | Outdoor Air Introduction | | A | |
| IHC 1 | CO ₂ Monitoring | 1 | A | 1 |
| IHC 2 | Environmental Tobacco Smoke Control | 2 | A | 2 |
| IHC 3 | Chemical Pollutants | 3 | NA | |
| IHC 4 | Outside View | 1 | A | 1 |
| IHC 5 | Visual Comfort | 1 | A | 1 |
| IHC 6 | Thermal Comfort | 1 | A | 1 |
| IHC 7 | Acoustic Level | 1 | NA | |
| | | 10 | | 6 |
| Building Environmental Management | | 13% | | 7% |
| Prasyarat 1 | Basic Waste Management | | A | |
| BEM 1 | GP as a Member of The Project Team | 1 | A | 1 |
| BEM 2 | Pollution of Construction Activity | 2 | NA | |
| BEM 3 | Advance Waste Management | 2 | A | 2 |
| BEM 4 | Proper Commissioning | 3 | A | 3 |
| BEM 5 | Submission Green Building Implementation Data for Database | 2 | NA | |
| BEM 6 | Fit Out Agreement | 1 | NA | |
| BEM 7 | Occupant Survey | 2 | NA | |
| | | 13 | | 6 |
| Total Nilai Keseluruhan Maksimum | | 101 | | 81 |

Sumber: GBC Indonesia (2011)

BANGUNAN HIJAU DI JAKARTA

Melalui sistem sertifikasi peringkat hijau (*Greenship*) diharapkan seluruh bangunan-bangunan di kota besar di Indonesia sudah bebas dari SBS dengan bukti kepemilikan sertifikat. Bangunan-bangunan pemerintah khususnya di wilayah DKI Jakarta, sudah banyak yang mempunyai kriteria “Memenuhi Persyaratan *Greenship*” dan diharapkan seluruh bangunan pemerintah dan bangunan lainnya di seluruh provinsi di Indonesia juga memenuhi kriteria tersebut. Gedung baru Kementerian PU dan Kantor DPRD DKI Jakarta adalah sebagian dari gedung-gedung negara yang telah mendapatkan sertifikat *Greenship*. Gubernur DKI Jakarta telah mengeluarkan peraturan yang tertuang di dalam Peraturan Gubernur DKI Jakarta nomor 38 tahun 2012 tentang Bangunan Gedung Hijau. Yang membanggakan adalah dengan Pergub tahun 2012 ini, Jakarta menjadi kota pertama di Asia Pasifik yang mewajibkan pembangunan gedung ramah lingkungan. Terkait dengan Pergub. DKI Jakarta tersebut, terhitung sejak tanggal 23 April 2013 semua bangunan di Jakarta harus memenuhi persyaratan bangunan hijau, baik bangunan baru maupun bangunan lama (abouturban, 2016). Data yang didapatkan dari manajemen Lembaga Bangunan Hijau Indonesia (GBCI) menyebutkan bahwa tahun 2016, 98% gedung di Jakarta merupakan bangunan eksisting dan 2% merupakan bangunan baru. Gedung yang bersertifikat bangunan hijau baru 14 gedung. Berikut ini adalah contoh *green building* di kota Jakarta yaitu: Pertamina Energy Tower, Gedung Kementerian PU, Menara BCA PT. Grand Indonesia, Gedung Sampoerna Strategic Square PT. Buana Sakti, Gedung Mina Bahari IV kompleks Kementerian Kelautan dan Perikanan. Diharapkan pada tahun yang akan datang kota-kota di Indonesia menjadi kota hijau di dunia, seperti Vancouver di Kanada, Malmo di Swedia, Curitiba di Brazil, Portland di Amerika Serikat, dan Reykjavik di Islandia.



Sumber: Majalah Techno Konstruksi (2012)

Gambar 1. Bangunan Hijau di Jakarta

MODEL DAN PERMODELAN SISTEM

Model adalah rencana, representasi, atau deskripsi yang menjelaskan suatu obyek, sistem atau konsep yang sering kali berupa penyederhanaan atau idealisasi. Bentuknya dapat berupa model fisik (maket, prototype), model citra (gambar, komputerisasi, grafis, dan lain-lain) atau rumus matematis. Dalam pemodelan, model akan dirancang sebagai suatu penggambaran operasi dari suatu sistem nyata secara ideal dengan tujuan untuk menjelaskan atau menunjukkan hubungan-hubungan penting yang terkait (Ackoff, 1962).

Prinsip-prinsip dasar pengembangan model adalah sebagai berikut:

- a. Elaborasi: model dimulai dari yang sederhana sampai didapatkan model yang representatif.
- b. Analogi: pengembangan menggunakan prinsip-prinsip dan teori yang sudah dikenal luas.
- c. Dinamis: pengembangannya ada kemungkinan untuk bisa diulang.

Taksonomi model atau klasifikasi model terdiri dari delapan yaitu:

1. Berdasarkan fungsinya, model dibedakan menjadi 3 jenis: model deskriptif, model prediktif, dan model normatif.
2. Berdasarkan strukturnya model dibedakan menjadi 3 jenis:
 - a. Model ikonik, yaitu model yang menirukan sistem aslinya, tapi dalam suatu skala tertentu. Contoh: model pesawat.
 - b. Model analog, yaitu suatu model yang menirukan sistem aslinya dengan hanya mengambil beberapa karakteristik utama dan menggambarkannya dengan benda atau sistem lain secara analog. Contoh: aliran lalu lintas di jalan dianalogkan dengan aliran air dalam sistem pipa.
 - c. Model simbolis, yaitu suatu model yang menggambarkan sistem yang ditinjau dengan simbol-simbol biasanya dengan simbol-simbol matematik. Dalam hal ini sistem diwakili oleh variabel - variabel dari karakteristik sistem yang ditinjau.
3. Berdasarkan referensi waktu terdapat 2 jenis model: yaitu model statis dan model dinamis.
4. Berdasarkan referensi kepastian dibedakan menjadi 4 jenis model: model deterministik, model probabilistik, model konflik, dan model tak pasti (*uncertainly*).
5. Berdasarkan tingkat generalitas ada 2 jenis model: yaitu model umum dan model khusus.
6. Berdasarkan acuan lingkungan ada 2 jenis model: yaitu model terbuka dan model tertutup.
7. Berdasarkan derajat kuantifikasi adalah model kualitatif (model mental dan model verbal), dan model kuantitatif (model statistik, model optimasi, model heuristik, dan model simulasi) yang menggambarkan mutu.
8. Berdasarkan dimensi ada 2 jenis model yaitu model dua dimensi dan model tiga dimensi.

Sedangkan sistem adalah suatu kesatuan yang terdiri dari komponen atau elemen yang dihubungkan bersama untuk memudahkan aliran informasi, materi atau energi untuk mencapai suatu tujuan.

Permodelan sistem adalah suatu bentuk penyederhanaan dari beberapa elemen dan komponen yang sangat kompleks untuk memudahkan pemahaman pembaca dari seluruh informasi yang dibutuhkan.

Karakteristik permodelan sistem adalah:

1. Dibuat dalam bentuk grafis dan tambahan narasi berupa penjelasan ringkas.
2. Dapat diamati dengan pola *top down* dan *partitioned* (sebagian).
3. Memenuhi persyaratan *minimal redundancy*.
4. Dapat merepresentasikan tingkah laku sistem dengan cara yang transparan.

Dengan karakteristik permodelan tersebut, model dapat dibuat dalam bentuk grafis atau bergambar dan dilengkapi dengan keterangan gambar atau grafis sehingga dapat memudahkan pembaca. Alur dari proses model tersebut dapat dilihat dan diamati, memenuhi syarat *minimal redundancy* dan dapat merepresentasikan proses dari suatu sistem yang mudah dipahami.

Prinsip permodelan adalah:

1. Memilih model apa yang akan digunakan, bagaimana masalah dan solusinya.
2. Setiap model dapat dinyatakan dalam tingkatan yang berbeda.
3. Model terbaik adalah model yang berhubungan atau menyatakan realitas.
4. Tidak ada model tunggal yang cukup baik, sehingga setiap sistem yang baik memiliki serangkaian model kecil yang independen

Prinsip permodelan sistem tidak terlalu menitikberatkan pada bentuk model tertentu yang akan merancang sebuah sistem. Bentuk model ini bebas, dapat menggunakan apa saja sesuai keinginan kita, contohnya berupa gambar, prototipe dan narasi, gabungan kedua atau ketiganya. Model yang baik harus dapat merepresentasikan visualisasi bentuk sistem yang diinginkan, karena sistem akhir yang akan dibuat harus dapat diturunkan berdasarkan hasil model tersebut (Triwidiastuti, 2010).

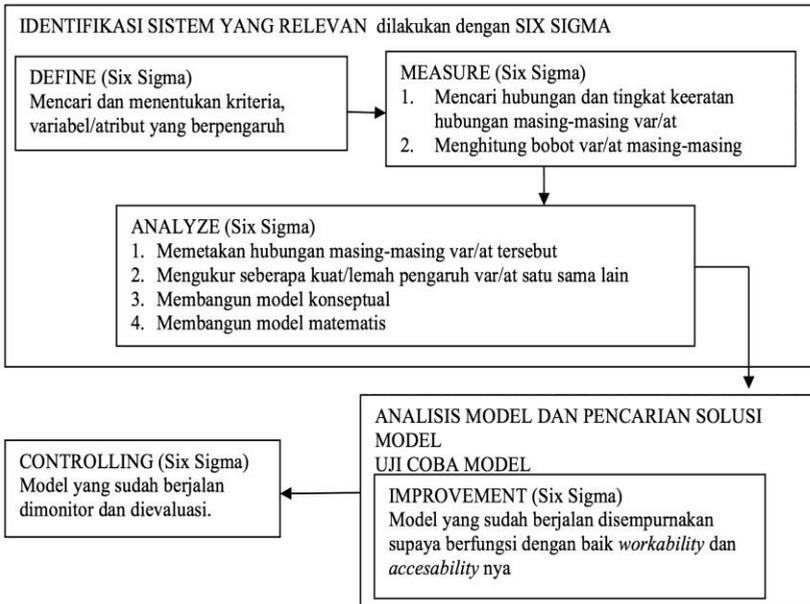
KONSEP SIX SIGMA DAN PENGEMBANGANNYA

Salah satu program pengendalian kualitas yang terukur secara statistik adalah Six Sigma, karena sasaran program ini adalah menghasilkan produk dengan spesifikasi tertentu dengan cara menjaga variabilitas selama proses produksi berlangsung. Variabilitas yang diperkenankan sebesar 3,4 *Defects Per Million Opportunities* (DPMO), yaitu 0,027% produk tidak layak, baik untuk *upper control limit* (UCL) maupun *lower control limit* (LCL). Pada awalnya hanya terdapat satu istilah, yaitu Six Sigma. Seiring berjalannya waktu, terdapat beberapa istilah dalam pengertian Six Sigma karena kebutuhan yang semakin kompleks, antara lain DMAIC (*define, measure, analyse, improve*), DMADV (*define, measure, analyse, design and verify*), CDOC (*conceptualize, design, optimize, control*), DMADOV (*define, measure, analyze, design, optimize, verify*). Selama ini Six Sigma sudah diterapkan pada manajemen kualitas di bidang industri. Disamping itu sudah diterapkan secara luas di bidang jasa (*service*), diantaranya: layanan *service delivery*, layanan medis dan rumah sakit, layanan perbankan, *customer value creation*, layanan IT. DMADV atau *Design For Six Sigma* (DFSS) sudah diteliti pada layanan pendidikan tinggi (Triwidiastuti, 2010). Apabila dibandingkan dengan metode peningkatan kualitas yang lain DFSS merupakan metode yang menyeluruh, bertahap, dan lebih rinci. DFSS dapat diterapkan dan merupakan bagian dari program manajemen kualitas dan program pengembangan produk yang meliputi: perencanaan kualitas, pengendalian kualitas, peningkatan kualitas dan jaminan kualitas. DFSS ini juga terkadang sering disamakan dengan DMADV. Berbeda dengan DMAIC Six Sigma tradisional, DFSS atau DMADV berjuang untuk menghasilkan sebuah proses yang sebelumnya tidak ada atau ketika suatu proses yang sudah ada dianggap tidak memadai dan harus diganti. DFSS menargetkan untuk membuat sebuah proses yang mengoptimalkan terciptanya sebuah efisiensi dengan metode Six Sigma ke dalam proses sebelum implementasi. DFSS tidak seperti Six Sigma tradisional yang melakukan *improvement* berkelanjutan setelah proses tersebut terjadi (Triwidiastuti, 2010).

Tulisan ini membahas tentang permodelan bangunan hijau berbasis konsep kualitas berkelanjutan Six Sigma untuk suatu wilayah perkotaan di Indonesia. Metode yang dipilih adalah Six Sigma tradisional (DMAIC), karena proses menuju gedung yang sehat sudah diukur dengan *GreenShip Rating* dan kegiatan pengukuran sudah dilakukan pada beberapa gedung di DKI Jakarta. Penulis belum menemukan bukti bahwa proses pengukuran saat ini dianggap tidak memadai dan harus diganti. Selain itu, kasus ini tidak memerlukan desain atau rancangan awal alat ukur, karena pada saat pengamatan sudah ada alat ukur yang bekerja dengan baik. Dengan demikian, dapat dirancang model DMAIC Six Sigma untuk mengurangi laju SBS dan diharapkan dapat meningkatkan kualitas kesehatan untuk penghuni gedung kantor di DKI Jakarta.

MODEL KONSEP SIX SIGMA UNTUK BANGUNAN HIJAU

Sistem pengukuran *greenShip* yang dilakukan untuk menghindari SBS dan mengukur kesehatan, kenyamanan, dan kesejahteraan penghuni gedung, dapat dipergunakan dengan metode Six Sigma. Model Konsep Six Sigma untuk pengukuran bangunan hijau dapat dilihat pada Gambar 2 sebagai berikut:



Gambar 2. Model Konsep Six Sigma

Penjabaran masing-masing tahapan pada Gambar 2. di atas adalah:

1. *Pendefinisian (Define)*, adalah mencari dan menentukan kriteria, variabel/atribut yang berpengaruh. Sebagai contoh adalah variabel rating pada alat ukur *greenship*. Variabel indikator yang diukur adalah tepat guna lahan, efisiensi energi dan refrigeran, konservasi air, sumber dan siklus material, kualitas udara dan kenyamanan hunian. Masing-masing variabel tersebut dirinci dalam beberapa variabel yang dapat diukur secara kuantitatif, sehingga dapat menghitung peringkatnya.
2. *Pengukuran (Measure)*, dapat dijabarkan menjadi dua langkah yaitu:
 - a. mencari hubungan dan tingkat keeratan hubungan masing-masing variabel/atribut.
 - b. menghitung bobot variabel/atribut masing-masing.

Langkah mencari hubungan dan keeratan hubungan antar beberapa variabel/atribut ini dilakukan dengan analisis statistik kuantitatif dengan mempertimbangkan: sebab akibat, baik positif maupun negatif, tipe hubungan antar variabel (simetris, asimetris atau timbal balik). Sedangkan menghitung bobot dapat dilakukan dengan analisis statistik kuantitatif (analisis faktor, analisis kluster, dan lain-lain) maupun analisis kualitatif (penskoran/skala likert, analisis *cut off point*, *brain storming*, dan lain-lain). Untuk perhitungan kuantitatif dipergunakan analisis yang faktor konfirmatori. Analisis faktor ini adalah serangkaian langkah mengidentifikasi adanya hubungan antarvariabel penyusun faktor atau dimensi dengan faktor yang terbentuk, dengan menggunakan pengujian koefisien korelasi antar faktor dengan komponen pembentuknya.

3. Analisis (Analyze)

- a. Memetakan hubungan masing-masing variabel/atribut tersebut. Pemetaan dilakukan setelah mengetahui hubungan antar variabel dan mengukur keeratan hubungan masing-masing variabel satu dengan yang lain (*path analysis*). Hasilnya adalah gambaran hubungan, keeratan antar variabel dengan dicantumkan masing-masing bobot kepentingan (*peringkat/rating*)nya.
- b. Mengukur seberapa kuat/lemah pengaruh variabel/atribut satu sama lain. Dari beberapa variabel yang terukur, dapat diidentifikasi variabel mana yang paling berpengaruh dan variabel mana yang paling lemah dalam perhitungan penentuan variabel *greenship* untuk analisis kesehatan gedung.
- c. Membangun model konseptual. Dari hasil identifikasi variabel, hubungan antar variabel dan bobot variabel yang paling kuat dan paling lemah dapat dibuat pemetaan hubungan satu variabel dengan variabel yang lain.
- d. Membangun model matematis. Dari model konseptual yang telah terbangun, dihitung keeratan, hubungan dan bobot/peringkat masing-masing variabel dengan perhitungan matematis sehingga menghasilkan sebuah model matematis.

4. *Perbaikan (Improvement)*

Model yang sudah berjalan disempurnakan supaya berfungsi dengan baik *workability* dan *accessability*-nya. Alat ukur *greenship* yang telah terbentuk dari beberapa variabel, dipergunakan untuk mengukur tingkat kesehatan dan kenyamanan penghuni, dengan acuan Model konseptual dan model matematis yang telah terbentuk. Apabila alat ukur *greenship* telah dipergunakan secara kontinu dan beberapa waktu untuk pencegahan SBS, dan hasilnya adalah penurunan tingkat SBS, maka alat ukur dapat dikatakan memenuhi fungsinya. Apabila tingkat SBS tidak menurun setelah pengukuran *greenship*, maka komponen *greenship* yang ada dalam gedung perlu dievaluasi dan diperbaiki kualitasnya sehingga dapat mengurangi SBS. Langkah berikutnya adalah mengevaluasi alat ukur, apakah sudah dapat mengukur dengan baik dan benar kemudian memperbaiki alat ukur tersebut apabila terdapat ketidaksesuaian.

5. *Pengawasan (Controlling)*.

Baik model konseptual, maupun model matematis dan alat ukur yang sudah berjalan dimonitor dan dievaluasi terus menerus setiap tahun. Apabila menunjukkan ketidaksesuaian, harus diperbaiki secara kontinu, sehingga target gedung yang bebas SBS akan tercapai.

CONTOH TAHAPAN SOLUSI MENUJU GEDUNG YANG BEBAS SBS

Penerapan konsep *green building* yang mendukung kesejahteraan pekerja dan produktifitas kerja dilakukan oleh Jones Lang LaSalle (Anonymous, 2011). Perusahaan ini menganalisis perspektif keberlanjutan efek dari kualitas udara dalam ruangan, cahaya alami, kenyamanan termal dan fitur lingkungan bangunan lainnya pada produktivitas di tempat kerja secara global. Hasilnya adalah:

1. Kualitas udara dalam ruangan
 - a. memungkinkan individu melakukan kontrol tingkat kualitas udara dalam ruangan dan ventilasi,
 - b. menghindari penempatan printer dan mesin fotokopi di dekat meja kerja untuk meminimalkan polusi debu toner,

- c. menggunakan perlengkapan pembersih bebas kimia,
 - d. memasang dinding dan penutup lantai dengan emisi rendah,
 - e. melakukan pemantauan kualitas udara secara teratur.
2. Cahaya dalam ruangan
 - a. mengatur pencahayaan ruangan yang optimal dengan mempergunakan lampu, memasang tirai dengan corak yang dapat mengurangi silau matahari,
 - b. menghindari silau pada layar komputer dari pencahayaan jendela kantor.
 3. Kenyamanan termal dengan memberi wewenang pada individu pekerja atas suhu tempat dan lingkungan kerja, jika mungkin secara berkala memantau tingkat suhu udara.
 4. Akses ke tampilan luar dan ruang eksternal
 - a. merancang tata letak tempat kerja yang terbuka untuk memaksimalkan akses ke pandangan luar,
 - b. memberikan akses untuk staf ke ruang eksternal untuk digunakan sebagai tempat istirahat dan ruang kolaborasi.
 5. Akustik
 - a. memantau tingkat kebisingan printer dan mesin fotokopi,
 - b. menyediakan area kerja yang terpisah untuk mengakomodasi berbagai tingkat kebisingan, seperti area yang sepi, ruang pertemuan dan *lounge*.
 6. Ergonomi
 - a. mendidik karyawan tentang praktik ergonomi yang tepat,
 - b. mempergunakan peralatan yang dapat mengurangi gangguan muskuloskeletal.

PENUTUP

Model Bangunan Hijau (*green building*) Six Sigma adalah mengukur sejauh mana pencapaian tujuan bangunan hijau supaya bebas SBS dengan alat ukur *greenship*. Ketercapaian tingkat bangunan hijau yang sehat, aman, dan nyaman bagi penghuninya diukur kualitasnya secara berkelanjutan dengan model Six Sigma yaitu melalui serangkaian tahapan DMAIC. Yang perlu dilakukan adalah pengurangan polusi, pemantauan pencahayaan, suara dan suhu udara

di lingkungan kerja, tersedianya ruang istirahat yang nyaman dan peralatan kerja yang ergonomis untuk mencapai target gedung yang bebas SBS.

DAFTAR PUSTAKA

- Ackoff, R. (1962). *Scientific method, optimizing applied reasearch decisions*. New York: Wiley and Sons.
- Anonymous (2011). PR Newswire New York Tanggal 13 Juli 2011. Diakses tanggal 20 Agustus 2017, dari www.prnewswire.com .
- Armstrong, B. (2008). Green building strategies. *Manitoba Business*, 30 (2), ABI/INFORM Complete pg.14.
- Abouturban (2016). Eksistensi *green building* di Kota Jakarta. Diakses tanggal 20 Agustus 2017, dari <http://www.abouturban.com/2016/05/28/mahakarya-arsitek-tadao-ando-2/>.
- GBC Indonesia (2017). Rating tools. Diakses tanggal 22 Mei 2017, dari <http://www.gbcindonesia.org/greenship>.
- Greenshiphomes (2017). Greenship Homes Ver 1.0. Diakses tanggal 27 Mei 2017, dari www.greenshiphomes.org.
- GBC Indonesia (2011). Greenship Existing Building Version 1.0 Ringkasan Tolak Ukur. Green Building Council Indonesia.
- Kilbert, C.J. (2016). Sustainable construction: green building design and delivery. Diakses dari <https://books.google.co.id/books?hl=en&lr=&id=2xgWCgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR15&dq=Green+Buildin+g+A+Sustainable+Concepts>
- Majalah Techno Konstruksi (2012). Infrastruktur outlook 2012. Diakses tanggal 03 Oktober 2017 dari <http://majalahteknokonstruksi.blogspot.co.id/2012/01/no-44-edisi-januari-2012.html>.
- Redaksi Butaru (n.d). Green building a sustainable concept for construction development in Indonesia. Diakses dari

http://tataruang.atr-bpn.go.id/Bulletin/upload/data_artikel/Green%20Building%20A%20Sustainable%20Concept%20for%20Construction%20Development%20in%20Indonesia.pdf.

Sinha, R. (2009). The green building, a step toward to sustainable architecture. *The IUP Journal of Infrastructure*, VII (2): p91.

Triwidiastuti, S.E. (2010). Tinjauan metodologi antara analisis kapabilitas proses multivariat dengan metode grafis dan Six Sigma untuk pengukuran kualitas layanan pada pendidikan tinggi. Proceeding Seminar Nasional Matematika Universitas Parahyangan, 2 Oktober 2010.

PERANAN KIMIA HIJAU (*GREEN CHEMISTRY*) DALAM Mendukung TERCAPAINYA KOTA CERDAS (*SMART CITY*) SUATU TINJAUAN PUSTAKA

Dina Mustafa

PENDAHULUAN

Visi Kota Cerdas/*Smart City*, adalah perkotaan masa depan, yang dikembangkan agar memiliki lingkungan yang aman, terjamin, hijau serta efisien. Semua sistem dan strukturnya – baik sumberdaya listrik dan gas, air, transportasi dan sebagainya dirancang, dibangun, dan dikelola dengan memanfaatkan kemajuan di bidang materi terintegrasi, sensor, elektronik, dan jejaring yang dihubungkan dengan sistem komputer untuk database, pelacakan, dan algoritma untuk pengambilan keputusan (Calvillo, Sanchez-Mirallas, & Viilar, 2016). Untuk mewujudkan hal ini diperlukan penelitian dan teknologi dari berbagai bidang seperti Fisika, Kimia, Biologi, Matematika, Ilmu Komputer, serta Teknik-teknik Sistem, Mekanika, Elektronika dan Sipil (Woinaroschy, 2016).

Konsep kota cerdas diperkenalkan untuk mengusahakan tersedianya kehidupan perkotaan yang baik bagi penduduknya melalui

pengelolaan optimal berbagai sumberdaya yang diperlukan. Konsep kota cerdas merupakan proses kegiatan yang dilakukan untuk membuat perkotaan menjadi nyaman untuk kehidupan penduduknya dan siap menghadapi berbagai tantangan yang mungkin muncul. Tahun 2008 para walikota di Eropa telah menyepakati kebijakan-kebijakan pembangunan kota berkelanjutan, yaitu mencapai tujuan 20-20-20 (20% reduksi gas buang/emisi, 20% energi terbarukan, dan 20% peningkatan efisiensi energi) pada tahun 2020 (Woinasroschy, 2016).

Kota cerdas digambarkan dengan atribut kecerdasan dalam hal bangunan, infrastruktur, teknologi, energi, mobilitas, penduduk, administrasi, dan pendidikan (Albino, Berardi, & Dangelico, 2015). Atribut-atribut itu secara terintegrasi diterapkan dalam mengelola sumberdaya, mengendalikan tingkat polusi, dan mengalokasikan energi. Sebagai penggiat pengembangan ekonomi terutama pada industri moderen seperti elektronik, teknologi informasi, bio dan nanoteknologi, yang memainkan peran penting pada struktur dan pengelolaan kota cerdas, industri kimia yang menerapkan prinsip Kimia Hijau dapat memainkan peranan penting pada evolusi berkelanjutan kota cerdas.

Untuk Indonesia, standar kota cerdas sedang dikembangkan, yang didasarkan pada standar internasional (Prihadi, 2016). *Smart City* atau kota cerdas memiliki 6 (enam) indikator yaitu *smart governance*, pemerintahan transparan, informatif, dan responsif; *smart economy*, menumbuhkan produktivitas dengan kewirausahaan dan semangat inovasi; *smart people*, peningkatan kualitas sumber daya manusia dan fasilitas hidup layak; *smart mobility*, penyediaan sistem transportasi dan infrastruktur; *smart environment*, manajemen sumber daya alam yang ramah lingkungan; dan *smart living*, mewujudkan kota sehat dan layak huni. Menurut Guru Besar Sekolah Teknik Elektro dan Informatika (STEI) ITB, Suhono Harso Supangkat, yang juga adalah inisiator kota cerdas di Indonesia, kota-kota besar di Indonesia sedang berusaha mencapai standar kota cerdas, yang saat ini baru tercapai pada level 60 (Prihadi, 2016). Belum sempurnanya kota cerdas di Indonesia, menurut beliau, karena belum adanya sumber daya manusia yang mencukupi yang menguasai berbagai teknologi

pengelolaan kota cerdas dan belum adanya satu kesatuan soal standar nasional pengelolaan kota cerdas (Prihadi, 2016).

Dari total 514 kabupaten atau kota di Indonesia, ada 50 yang ditargetkan oleh Dewan Teknologi Informasi dan Komunikasi Nasional (Wantiknas) dapat memenuhi kriteria kota cerdas (Windhi, 2016). Pemerintah juga menunjuk lima universitas untuk membuat kriteria nasional dan melakukan sosialisasi mengenai kota cerdas ini.

Enam kriteria yang telah didefinisikan sebelumnya juga menjadi pertimbangan tim Wantiknas ini. Indonesia telah mencanangkan kriteria kota cerdas dengan menerbitkan Perpres Nomor 96 tahun 2014, yang mermuat Rencana Pita Lebar Indonesia atau RPI, yang diharapkan dapat bermanfaat, terjangkau, dan memberdayakan warga kota (Windhi, 2016). Indonesia telah merencanakan tercapainya prinsip kota cerdas yang layak huni, aman dan nyaman pada 2025, tercapainya kota hijau dan ketahanan terhadap perubahan iklim dan kejadian bencana pada 2035, dan terciptanya kota cerdas yang berdaya saing dan berbasis teknologi pada 2045 (Barus, 2017).

Peranan Ilmu dan Teknologi Kimia dalam pembentukan kota cerdas, antara lain, dengan diperkenalkannya konsep Kimia Hijau/*Green Chemistry* untuk pengelolaan pembangunan berkelanjutan. Kimia Hijau/*Green Chemistry*, yang berfokus pada produksi dan teknologi penerapan Ilmu Kimia yang ramah lingkungan, diperkenalkan pada awal 1990-an (Anastas & Warner, 1998). Kimia hijau ini merupakan pendekatan untuk mengatasi masalah lingkungan baik dari segi bahan kimia yang dihasilkan, proses, ataupun tahapan reaksi yang digunakan. Konsep ini menegaskan tentang suatu metode yang didasarkan pada pengurangan penggunaan dan pembuatan bahan kimia berbahaya baik itu dari segi perancangan maupun proses. Bahaya bahan kimia yang dimaksudkan dalam konsep Kimia Hijau ini meliputi berbagai ancaman terhadap kesehatan manusia dan lingkungan, termasuk toksisitas, bahaya fisik, perubahan iklim global, dan penipisan sumber daya alam.

Anastas dan Warner (1998) menguraikan tentang konsep Kimia Hijau sebagai gabungan dari 12 prinsip. Prinsip pertama menggambarkan ide dasar dari Kimia Hijau, yaitu pencegahan. Prinsip pertama ini menegaskan bahwa pencegahan limbah lebih diutamakan

daripada perlakuan terhadap limbah. Selanjutnya prinsip pertama ini diikuti oleh prinsip-prinsip berikutnya yang memandu pelaksanaan prinsip pertama. Prinsip-prinsip Kimia Hijau yang dapat diterapkan untuk pembentukan dan pengelolaan kota cerdas, adalah *atom economy*, penghindaran toksisitas, pemanfaatan solven dan media lainnya dengan konsumsi energi seminimal mungkin, pemanfaatan bahan mentah dari sumber terbarukan, serta penguraian produk kimia menjadi zat-zat nontoksik sederhana yang ramah lingkungan (Dhage, 2013).

Definisi aspek pengelolaan kota cerdas adalah terdiri dari sistem pengelolaan air, infrastruktur, transportasi, energi, pengelolaan limbah, dan konsumsi bahan mentah (Albino, Berardi, & Dangelico, 2015). Dengan demikian Ilmu dan teknologi Kimia, melalui pendekatan kimia hijau dapat membuat aspek-aspek ini dikembangkan dan dikelola dengan lebih berkelanjutan, yaitu dengan menerapkan efisiensi energi dan anggaran yang lebih efektif dan pemanfaatan materi yang ramah lingkungan. Selanjutnya uraian dalam artikel ini akan membahas peranan Ilmu dan Teknologi Kimia Hijau pada-pada masing-masing aspek yang membangun kota cerdas.

PEMBAHASAN

1. Sistem Pengelolaan Air

Di sebagian kota-kota besar di Indonesia, pengelolaan air bersih, badan air, serta air limbah masih belum sempurna. Banyak penduduk kota yang tidak punya akses kepada air bersih dan sistem sanitasi standar yang sehat. Sebenarnya Indonesia berkelimpahan air, namun sayangnya pengelolaan air masih belum sistematis. Indonesia, bersama lima negara lain, yaitu Brazil, Cina, Kanada, Kolombia, dan Rusia, menguasai 50% cadangan air tawar dunia (Andang, 2011). Namun demikian, data Bank Dunia menunjukkan, 1 dari 2 orang Indonesia tidak mendapatkan akses air bersih dan 50 ribu anak Indonesia meninggal karena kurangnya air bersih. Terbatasnya akses kepada air bersih karena tidak sistematisnya tata kelola daerah aliran sungai/DAS dan pencemaran badan air oleh kegiatan pertambangan, antara lain emas, yang menimbulkan pencemaran

logam berat merkuri, dan oleh kegiatan industri yang membuang air limbah ke badan air tanpa menghilangkan zat polutan yang terkandung dalam air limbah berbagai industri itu. Masyarakat yang bermukim di pinggiran sungai juga membuang limbah rumah tangga mereka ke badan air (sungai atau air tanah).

Masalah air makin diperumit karena adanya masalah privatisasi air yang dilakukan oleh perusahaan-perusahaan air minum dalam kemasan (AMDK) yang menguasai mata air sebagai sumber air perusahaan (Andang, 2011). Air yang mengalir di sungai-sungai di perkotaan sudah sangat tercemar dengan berbagai limbah sehingga airnya berwarna kehitaman. Penyedotan air tanah oleh penduduk dan oleh industri sertagedung-gedung juga menyebabkan menurunnya ketersediaan dan kualitas air tanah, terutama kota yang dekat dengan laut.

Pemerintah Indonesia sudah mengusahakan perbaikan akses terhadap air bersih dan sanitasi (*International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank*, 2015). Sejak 2011 sekitar 55% penduduk Indonesia memiliki akses kepada perbaikan pelayanan penyediaan air bersih dan 56% penduduk pada perbaikan pelayanan sanitasi. Ini merupakan peningkatan sebanyak 17% untuk ketersediaan air bersih dan 31% untuk ketersediaan sanitasi yang memadai sejak tahun 1993. Pemerintah terus berusaha untuk mencapai tujuan penyediaan air bersih dan sanitasi yang memadai bagi seluruh penduduk Indonesia pada tahun 2019.

Selanjutnya ada hubungan yang erat antara pengelolaan air dan kebutuhan energi, yaitu air diperlukan untuk menghasilkan energi seperti pada pembangkit listrik tenaga air, dan air memerlukan jumlah energi yang besar untuk sistem penyediaan dan distribusinya. Masalah diperberat dengan masih dimanfaatkannya sistem perlakuan terhadap air limbah yang tidak ramah lingkungan. Lebih jauh lagi, dengan berkembangnya Konsep Ekonomi Hijau, menyebabkan makin meningkatnya kebutuhan akan air untuk menghidupi hijauan. Konsep ekonomi hijau muncul karena kepedulian untuk mengurangi ketergantungan pada *fossil-based economy*, untuk energi, transportasi, produksi materi dan berbagai zat kimia (Eickhout, 2012).

Sehubungan dengan pemanfaatan air, kota-kota di Eropa mulai mengurangi konsumsi air pribadi, meningkatkan efisiensi air pada proses irigasi, mengurangi keperluan akan air pada berbagai proses pada semua industri, mengurangi air yang hilang saat pendistribusiannya, dan mengurangi energi yang digunakan pada sektor perairan. Inovasi-inovasi juga dikembangkan untuk mendaur ulang air yang telah dimanfaatkan (*grey water*), mengenalkan proses-proses yang menerapkan pengurangan konsumsi air di dunia industri dan teknik-teknik baru seperti penyaringan dengan sistem nanofiltrasi (Woinaroschy, 2016). Keahlian di bidang industri kimia akan bermanfaat mendapatkan solusi-solusi pengolahan dan daur ulang air buangan dan pemenuhan konsumsi air 24 jam/hari dan 7 hari/minggu yang berkelanjutan yang merupakan solusi yang layak secara ekonomi. Untuk mendapatkan air bersih untuk skala perkotaan, peranan teknologi membran penyaring air, yang digabungkan dengan dengan teknologi nanofiltrasi (NF) dan reverse osmosis (RO) menjadi sangat penting. Teknologi pembuatan membran tentu menerapkan prinsip-prinsip kimia hijau, seperti pencegahan terhadap polusi lingkungan oleh hasil buangan pembuatan membran tersebut.

Secara komersial membran yang tersedia adalah berbasis pada poliamida aromatik yang dibentuk menjadi *Thin Film Composite* (TFC). Namun demikian membran yang berasal dari senyawa ini memiliki kekurangan antara lain daya tahan rendah terhadap pembusukan, stabilitas rendah terhadap pengaruh zat kimia dan panas, dan toleransi rendah terhadap klorin. Untuk mengatasi hal ini Chaoyi (2010) mengembangkan membran untuk RO dan NF. Membran pertama memiliki karakteristik tahan terhadap solven (zat pelarut) dan bermuatan positif. Daya tahan terhadap solven ini dikembangkan dengan melakukan *cross-linking* terhadap membran poliimida menggunakan polietilenimina, sehingga menghasilkan membran yang tahan terhadap hampir semua pelarut organik. Membran ini juga bermuatan positif karena adanya gugus amina yang tersisa di permukaannya, yang berdampak kemampuannya untuk menghilangkan secara selektif logam berat multivalensi dengan efisiensi tinggi (95%).

Membran untuk RO dan NF diharapkan memiliki karakter anti pembusukan, karena pembusukan pada permukaan membran akan berdampak pada kebutuhan energi yang lebih tinggi, waktu untuk membersihkan sehingga membran jadi tidak berfungsi sementara, dan menurunkan umur produktif membran. Untuk pencegahan terhadap pembusukan maka Chaoyi (2010) juga mengembangkan sistem membran baru dengan menggunakan teknik pelapisan untuk memodifikasi sifat-sifat permukaan membran untuk menghindari adsorpsi zat-zat pembusuk seperti *humic acid*. Satu lapisan dari polimer yang larut dalam air seperti polivinil alcohol (PVA), poliakrilic acid (PAA), polivinil sulfat (PVS) atau sulfonated poli (eter-eter-keton) diadsorbsikan ke permukaan membran yang bermuatan positif. Membran yang dihasilkan memiliki permukaan yang halus dan bermuatan hampir netral dan menunjukkan daya tahan terhadap pembusukan yang lebih baik daripada membran NF yang bermuatan positif dan membran yang tersedia secara komersial yang bermuatan negatif, NTR-7450. Lebih jauh lagi membran yang dimodifikasi ini memiliki efisiensi tinggi untuk menghilangkan ion-ion multivalensi (95% untuk kation maupun anion). Dengan demikian pelapisan anti pembusukan ini sangat baik digunakan untuk penurunan kesadahan air, untuk desalinasi air, dan perlakuan terhadap air limbah pada proses *membran bioreactor* (MBR).

Selanjutnya ada teknologi pengembangan membran RO yang tahan panas. Membran RO yang tersedia secara komersial tidak dapat digunakan pada temperatur lebih tinggi dari 45^o C karena menggunakan senyawa polisulfonat yang sering membatasi pemanfaatan membran tersebut untuk industri. Untuk mengatasi hal ini Chaoyi (2010) berhasil pula mengembangkan poliimida sebagai substrat membran untuk RO yang stabil pada lingkungan panas karena daya tahan terhadap panas tinggi. Membran yang merupakan komposit poliamida berbasis poliimida menunjukkan kinerja desalinasi yang sebanding dengan membran TFC yang tersedia secara komersial, dengan kelebihan utama kestabilan pada lingkungan panas tinggi. Saat diujicoba dengan menaikkan temperatur dari 250^o C sampai dengan 950^o C, *water flux* meningkat 5 – 6 kali, dan penghilangan garam berhasil dipertahankan konstan. Membran ini dapat menjadi solusi

unik bagi desalinasi air panas dan layak untuk digunakan meningkatkan produktivitas air dengan meningkatkan temperature operasional tanpa mengurangi kemampuan penyaringan garam.

Selain mengatasi perolehan air bersih dengan menerapkan teknologi membran untuk NF dan RO, sebaiknya diusahakan untuk penerapan 4 Rs untuk mengembangkan sistem pengurangan pemakaian air (*reduce*), penggunaan kembali air untuk berbagai keperluan sekaligus (*reuse*), mendaur ulang buangan air bersih (*recycle*), dan pengisian kembali air tanah (*recharge*) (Joga, 2008). Sistem pengolahan air dalam rumah tangga ini mengolah air limbah bersih dengan cara mendaur ulang air buangan sehari-hari yang berasal dari air cuci tangan, peralatan makan dan minum, kendaraan, dan bersuci diri, maupun air limbah yaitu air buangan dari kamar mandi, sehingga dapat digunakan kembali yang dapat untuk mencuci kendaraan, membilas kloset, dan menyirami taman. Sistem pengolahan air ini termasuk juga membuat sumur resapan air (1 x 1 x 2 meter) dan lubang biopori (10 sentimeter x 1 meter) sesuai kebutuhan untuk menangkap air hujan

Selain menerapkan biopori untuk menangkap air hujan, juga ada teknologi penjernihan air sederhana. Untuk menjernihkan air sehingga tidak ada partikel halus dalam air, dapat dilakukan penyaringan dengan melewati air itu pada sistem penyaringan yang berisi karbon aktif dari arang, ijuk, pasir dan kerikil. Arang dapat menyerap bakteri sehingga dapat sebagai sanitasi. Jika air sangat keruh dapat ditambah kaporit dalam dosis kecil. Bahan-bahan penjernih air itu harus secara berkala dibersihkan.

Ide pemanfaatan membran dengan teknologi NF dan FO, penerapan 4 Rs, dan biopori dicoba disatukan dalam pendekatan kolaborasi antar keahlian, yaitu: Teknik Lingkungan, Teknik Industri, dan Biologi, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya, dengan menawarkan konsep *Surabaya Underground Aqua Project* (Nurdin dkk, 2015). Inti gagasan ini adalah sebuah inovasi teknologi pengelolaan air berskala kota yang menggunakan prinsip *water recycle* untuk menciptakan keberlanjutan lingkungan sebagai salah satu prinsip pengelolaan air. Prinsip *water recycle* yaitu pengelolaan air di dalam kota dilakukan dengan mengolah kembali campuran air limbah

dan air hujan untuk kemudian menjadi air minum sehingga akan tercipta kondisi lingkungan yang berkelanjutan. Perencanaan *Surabaya Underground Aqua Project* membedakan antara perencanaan instalasi dan jaringan distribusinya. Bagian instalasi terbagi atas dua area, yaitu 1) area pengolahan air limbah dan air hujan dan 2) area pengolahan air baku untuk air minum. Sementara itu, untuk bagian jaringan terbagi atas dua jaringan perpipaan, yaitu 1) Sistem penyediaan air minum dan 2) Sistem penyaluran air limbah dan air hujan. Seluruh instalasi dan jaringannya berada di bawah tanah. Sistem ini nantinya menerapkan membran untuk mendapatkan air berstandar air minum (Nurdin dkk, 2015).

2. Infrastruktur

Setelah penerapan Kimia Hijau dalam sistem pengelolaan air, akan diuraikan mengenai penerapan pada perolehan materi untuk infrastruktur. Dalam pengembangan infrastruktur industri konstruksi dan pelapisan/pengecatan telah maju pesat beberapa tahun belakangan ini. Pemanfaatan energi dalam bangunan secara global menyumbang hampir 40% konsumsi energi dan memunculkan emisi karbon dioksida sebanyak 36% dari total emisi karbondioksida yang terkait dengan konsumsi energi menurut *Intergovernmental Panel on Climate Change* (Woinaroschy, 2016). Di Uni Emirat Arab, energi dari pendingin ruang memunculkan 65-70% konsumsi listrik. Ada sejumlah solusi yang terkait dengan kimia, untuk membangun efisiensi energi pada bangunan guna mendukung konsep *smart cities*. Solusi itu, antara lain, dengan pemanfaatan (Bax, Cruxent, & Komornicki, 2013) adalah:

- a. cat pelapis interior yang mempunyai daya pantul tinggi (*High Reflectance Indoor Coatings*): memantulkan cahaya lebih baik dari cat normal dan memaksimalkan rasa ruang yang lebih luas dan cahaya yang lebih terang, sehingga mengurangi biaya pencahayaan buatan;
- b. cat pelapis eksterior yang memiliki daya pantul tinggi dan tahan terhadap cuaca (*High Reflectance and Durable Outdoor Coatings*), yang bila diterapkan pada atap dan dinding akan memantulkan radiasi sinar matahari sehingga mengurangi suhu atap dan

- dinding, yang selanjutnya menyebabkan penghematan energi yang signifikan untuk pendinginan ruang;
- c. busa pelapis untuk isolasi yang berkinerja tinggi dan panel isolasi vakum, untuk mengatasi cuaca dingin, yang bila diadopsi dapat mengurangi biaya energi pemanasan dari 30% sampai 80% saat musim dingin; dan
 - d. *phase change materials (PCM)*, yaitu materials yang memungkinkan dinding dan langit-langit bangunan menyerap dan menyimpan panas berlebih di siang hari dan membuangnya di malam hari, sehingga memoderasi suhu bangunan agar lebih menyenangkan dan nyaman sepanjang hari.

Saat ini sudah dipasarkan materi dari PCM yang mudah terurai di lingkungan dan bersumber dari bahan alami seperti minyak sawit, minyak inti sawit, minyak lobak, minyak kelapa, dan minyak kedelai (*PureTemp*). Bahan-bahan ini tidak beracun, tidak mudah terbakar dan bila dikemas dengan benar tidak akan teroksidasi dan menjadi tengik, dan akan stabil selama beberapa dekade. Bahan PCM yang berupa lemak dan minyak terhidrogenasi sepenuhnya dapat stabil selama beberapa dekade (*PureTemp*, 2017).

Seperti industri pembuatan PCM, banyak industri lain di bidang kimia juga telah mempromosikan berbagai usaha perbaikan untuk bahan-bahan bangunan dan telah memasarkannya. Dengan peran positif dari pemerintah pusat dan daerah maka adopsi dari bahan-bahan bangunan yang ramah lingkungan dan yang mendukung konsep hemat energi dapat digalakkan.

Industri kimia juga berhasil merekayasa bahan-bahan bangunan hasil olahan bahan alam dan bahan daur ulang yang lebih ringan dan ramah lingkungan daripada beton, antara lain:

- a. *timbercrete*, dibentuk dari pemadatan campuran bubuk gergaji dan semen, ringan sehingga proses transportasi lebih murah, dan mengurangi sampah bubuk gergaji;
- b. *ashcrete*, berasal dari abuterbang yang merupakan produk sampingan hasil pembakaran batubara;

- c. *ferrock*, merupakan hasil riset daur ulang barang-barang bekas seperti debu baja dari industri baja, yang mampu menyerap dan menahan gas CO₂;
- d. *plastik daur ulang*, yaitu bahan bangunan yang di dalamnya mengandung plastik daur ulang dan sampah, yang berdampak pada berkurangnya emisi gas rumah kaca dan pengurangan sampah; dan
- e. *hempcrete*, yaitu beton yang terbuat dari serta tanaman hemp, yang mudah tumbuh cepat di alam, yang dicampur kapur dan semen untuk membentuk bahan mirip beton yang kuat namun ringan, sehingga mudah diangkut (Kosasih, 2016).

Untuk cat dan pelapis permukaan yang ramah lingkungan dan sehat umumnya ditandai dengan rendahnya kandungan *volatile organic compound* (zat organik yang mudah menguap), dan pasti tidak boleh mengandung timbal dan merkuri dan tidak mengeluarkan bau yang menusuk hidung (Kardha, 2009). Cat yang ramah dan sehat biasanya menggunakan pelarut air bukan petroleum.

3. Transportasi

Pengembangan kota cerdas melibatkan peningkatan persentase penggunaan angkutan umum untuk tujuan efisiensi energi yang lebih besar, norma keselamatan yang lebih tinggi dan emisi gas buang yang lebih rendah, juga, sangat diharapkan untuk mengurangi berat kendaraan angkutan umum (Woinaroschy, 2016). Alat transport yang ramah lingkungan antara lain sepeda biasa dan sepeda listrik, mobil listrik, dan mobil hibrida. Saat ini, berbagai macam polimer komposit tersedia untuk bahan karoseri dan interior kendaraan umum yang lebih ringan. Teknik pembobotan ringan menggunakan busa kepadatan rendah yang tahan terhadap berbagai jenis cuaca, fluktuasi suhu, variasi tingkat kelembaban. Selanjutnya, dengan pemanfaatan materi elastomer secara khusus - getaran dapat dikurangi dan kita dapat mengaktifkan transportasi bebas kebisingan. Telah dikembangkan materi *fibre-reinforced plastic* (FRP) yang berpotensi untuk berkinerja baik melebihi baik baja maupun aluminium, meskipun saat ini para produser baja dan aluminium telah berhasil

memproduksi karoseri mobil yang jauh lebih ringan (Cefic, 2011). Materi-materi FRP belum dapat bersaing secara ekonomis dengan baja dan alumunium sebagai karoseri kendaraan. Masih banyak riset yang harus dilakukan untuk mencari komposit untuk eksterior kendaraan transportasi yang lebih ramah lingkungan (Woinaroschy, 2016).

Untuk interior kendaraan transportasi telah lama memanfaatkan komposit yang dinamakan elastomer yang berupa materi polimer plastik yang mudah dibentuk untuk insulasi pada kabel listrik dan penguas suara dalam kendaraan. Zat ini tahan gores, tahan korosi akibat zat kimia, dan tahan terhadap air baik kelembaban atau saat terendam (Elastomer, 2015).

4. Energi

Ada beberapa cara yang didukung oleh Ilmu Kimia untuk mengurangi konsumsi energi di kota cerdas. Karena adanya advokasi untuk memanfaatkan bahan bangunan hemat energi maka pemanfaatan materi poliuretan sebagai insulasi yang sangat baik digunakan dalam produksi panel prefabrikasi untuk industri konstruksi, untuk dinding pendingin pada gudang atau box kendaraan pembawa materi yang harus beku/dingin, dan pembentuk kayu imitasi. Poliuretan juga menawarkan kekuatan struktural yang sangat baik, daya tahan dan adhesi sebagai bahan laminasi dan *liner*, yang merupakan elemen struktural yang melekat pada produk akhir. Materi ini dapat menahan panas atau dingin agar tidak masuk atau ke luar, juga membuat ruang jadi kedap suara (Sullivan, 2006).

Selanjutnya ada cara untuk penghematan energi yang dapat dilakukan, yaitu dengan menerapkan golongan materi yang berperan sebagai cairan pemindah panas menerapkan teknologi khusus untuk mencapai kombinasi optimal antara stabilitas, efisiensi dan ekonomi. Materi ini merupakan campuran beberapa materi, misalnya cairan Dowtherm G, yang dibuat oleh Dow Chemical Company, tersusun dari senyawa di dan tri aril, yang secara luas digunakan oleh pengusaha ritel penyimpanan dingin di seluruh dunia (Dow, 1997). Fluida ini menawarkan penggantian yang stabil dari gas pendingin sehingga menghindari polusi.

Dengan telah dikembangkannya materi untuk bahan bangunan yang dapat menunjang penghematan penggunaan energi, maka konsumsi energi alternatif menjadi pertimbangan saat membangun ruang rumah atau gedung dan ini merupakan langkah logis, dengan demikian digunakan panel surya untuk menghasilkan energi listrik alternatif. Panel surya secara tradisional menggunakan komponen etilen vinil asetat, yang harganya mahal, dan tidak mudah didapat (Woinaroschy, 2016). Hal ini menjadi penghalang bagi meluasnya penggunaan energi matahari sebagai alternatif sumber daya listrik. Namun, para ilmuwan telah mampu menciptakan alternatif yang efektif yang menawarkan kinerja superior, sekaligus meningkatkan efisiensi biaya secara signifikan (Bagher, *et al.*, 2015). Materi tersebut antara lain polysilicone dan monocrystalline silicone, atau versi yang lebih murah yaitu amorphous Silicon, yaitu silikon yang tidak berbentuk kristal, jenis yang paling banyak digunakan sebagai materi untuk panel surya untuk rumah dan gedung. Ada teknologi panel surya yang disebut sebagai *buried contact solar cell* yang merupakan logam berlapis yang dipendam dalam alur pembentuk laser. Efisiensi dari panel surya ini adalah 25% lebih tinggi daripada panel surya yang berbentuk lempengan dengan lapisan tipis zat pembentuk listrik. Adapula panel surya yang dibuat dari kombinasi bahan organik dan anorganik yang dinamakan *biohybrid solar cell* yang masih dalam taraf penelitian

5. Pengelolaan Limbah

Industri kimia dapat menawarkan solusi yang kredibel untuk masalah pengolahan limbah pada kota cerdas. Pabrik pengolahan limbah dapat dibangun, yaitu yang dapat menggunakan perlakuan tersier lanjutan melalui teknologi ultrafiltrasi dan reverse osmosis, dapat beroperasi sepanjang waktu untuk menggunakan kembali air limbah dan menghemat sejumlah besar air setiap hari (Woinaroschy, 2016). Air hasil perlakuan kemudian dapat dimanfaatkan untuk kegiatan lain seperti pendinginan AC, penyiraman toilet, hortikultura, konstruksi, dan lain-lain. Salah satu cara pengolahan air limbah sudah diuraikan pada bagian sistem pengelolaan air (Nurdin dkk, 2015)

Selain pengelolaan limbah cair, konsep ramah lingkungan dewasa ini juga telah merambah ke dunia sanitasi, yang termasuk pada pengelolaan limbah pada rumah tangga (Maharani, 2015). Ilmu dan teknologi Kimia berhasil menciptakan bahan *fiberglass* untuk septik tank dan penyaring biologis, serta cairan desinfektan yang ramah lingkungan. Kesemuanya ini diterapkan pada septik tank dengan penyaring biologis (*biological filter septic tank*), yang dirancang dengan teknologi khusus untuk tidak mencemari lingkungan, memiliki sistem penguraian secara bertahap, dilengkapi dengan sistem desinfektan, hemat lahan, antibocor atau tidak rembes, tahan korosi, pemasangan mudah dan cepat, serta tidak membutuhkan perawatan khusus. Kotoran diproses untuk penguraian secara biologis dan filterisasi secara bertahap melalui tiga kompartemen (*Septic tank Biotech*). Media kontak yang dirancang khusus dan sistem desinfektan sarana pencuci hama yang digunakan sesuai kebutuhan membuat buangan limbah kotoran tidak menyebabkan pencemaran pada air tanah dan lingkungan. Kelebihan septik tank jenis ini dibandingkan dengan septic tank konvensional: hasil buangan sesuai standar BPLHD dan digunakan lagi sebagai air bersih level 3, pemasangan praktis dan mudah, tidak membutuhkan perawatan khusus, menggunakan *biological ball* dan *bio filter*, tidak mudah penuh, hemat lahan galian, tidak mencemari sumber air tanah dan dapat di tanam berdekatan dengan sumur.

Selanjutnya Prasetyono (2017), menjelaskan ide pengelolaan limbah, yaitu penggabungan “dua” teknologi untuk pengelolaan limbah sampah bagi kota besar Indonesia. Teknologi itu adalah, pertama disebut sebagai teknologi reaktor “fermentasi kontinyu” untuk sampah organik karena lebih ramah lingkungan (*green*), *zero waste*, sebab tidak ada proses pembakaran secara langsung. Gas metana yang dihasilkan dapat langsung digunakan sebagai bahan bakar “*methane engine*” untuk menghasilkan listrik atau gas untuk memasak di dapur. Teknologi ini juga akan menghasilkan pupuk kompos berkualitas tinggi. Teknologi yang kedua adalah teknologi gasifikasi yang mampu mengolah jenis sampah anorganik, seperti teknologi pirolisis. Jadi pasangan teknologi fermentasi kontinyu dan teknologi pirolisis adalah “pasangan” teknologi yang sangat tepat

untuk diterapkan di kota besar/modern karena sifatnya yang saling mengisi, sehingga keduanya akan dapat memenuhi harapan sebagai teknologi “*Green and Zero Waste*”.

Untuk pengelolaan limbah padat juga dapat diterapkan pemisahan limbah (*waste segregation*), yaitu dengan penyediaan empat kantong pembuangan sampah untuk jenis limbah organik, kaca atau keramik, kertas dan plastik yang akan mempermudah pengumpul limbah untuk mentransfer sampah ke tempat daur ulang. Ada pula ide membuat lokasi pembuangan sampah menjadi pembangkit energi listrik dan gas dengan system *hybrid* yang mengintegrasikan beberapa pembangkit seperti turbin angin, sel surya dan energi yang berasal dari gas metana yang dihasilkan dari sampah. Tempat pembuangan sampah ini dapat dijadikan lokasi wisata energi untuk pembelajaran generasi muda dan anak-anak.

6. Konsumsi Bahan Mentah

Kota pintar adalah konsumen besar dari banyak bahan baku. Masyarakat modern bergantung pada berbagai bahan baku, termasuk hasil industri mineral dan logam yang digunakan dalam aplikasi teknologi tinggi yang mendukung gaya hidup dan infrastruktur. Tapi banyak dari bahan baku ini tidak mudah didapat atau harus melalui proses yang rumit, membutuhkan banyak energi dan kadang-kadang menghasilkan limbah yang berbahaya saat proses produksi atau proses eliminasinya. Bumi ini adalah sumber daya yang pada dasarnya terbatas: kita hanya memiliki satu planet untuk hidup (Royal Society of Chemistry, 2009; Woinaroschy, 2016).

Dengan meningkatnya populasi dunia yang diikuti oleh pertumbuhan urbanisasi dan industrialisasi di negara berkembang, maka ketersediaan beberapa bahan baku menjadi sangat penting. Hal ini dapat membawa dampak ekonomi dan sosial pada masyarakat kita karena pasokan bahan baku kemungkinan dapat berkurang dan teknologi tertentu tidak lagi layak karena tidak ramah lingkungan atau tidak hemat energi. Selain itu ekstraksi dan pengolahan beberapa bahan baku memiliki dampak lingkungan yang signifikan.

Empat strategi solusi berkelanjutan dapat berkontribusi untuk meningkatkan keamanan pasokan untuk bahan baku inidi masa

depan. Kegiatan ini secara kolektif dikenal sebagai '4Rs' yaitu: *reduce*/kurangi – kurangi penggunaan bahan untuk menghasilkan efek produk yang sama; *reuse*/gunakan kembali – memulihkan material untuk menghasilkan efek yang sama berulang kali, *recycle*/daur ulang untuk memulihkan material untuk diproses kembali tanpa kehilangan nilainya, *replace*/ganti-ganti dengan material, proses, teknologi atau model bisnis yang memberikan efek yang sama atau lebih baik (Woinaroschy, 2016).

Setiap solusi baru juga harus mengurangi dampak lingkungan secara keseluruhan dan aman bagi pengguna dan konsumen. Semua solusi ini memerlukan kimia yang berkelanjutan untuk mencapainya dan akan berkontribusi pada kepastian pasokan bahan baku pada jangka menengah hingga jangka panjang. Solusi ini juga akan meningkatkan efisiensi sumber daya dan mengembangkan area bisnis baru misalnya proses daur ulang yang canggih. Industri kimia sedang mengembangkan teknologi baru untuk ekstraksi bahan baku yang lebih efisien dan sehingga dicapai penggunaan dan daur ulang bahan yang paling efisien. Solusi itu juga berbentuk pengembangan bahan pengganti dan teknologi alternatif untuk sektor industri dan sektor lain. Kota cerdas harus, secara bersamaan dan drastis, memperbaiki sumber daya dan meningkatkan efisiensi energi, serta sekaligus secara drastis mengurangi dampak lingkungan dari berbagai kegiatan pengelolaan kota. Kita semua perlu "berbuat lebih banyak - dan lebih baik - dengan sumber daya yang lebih sedikit" dan kimia akan menjadi alat utama untuk ini (Royal Society of Chemistry, 2009).

Cara Ilmu dan Teknologi Kimia mencapai pengembangan kota cerdas adalah dengan menemukan konsep dan bahan baru yang harus dikembangkan untuk energi (sumber, penyimpanan, dan efisiensi) dalam pembangunan berkelanjutan dan mobilitas perkotaan. Bahan baru yang diperlukan untuk kehidupan cerdas harus memiliki memiliki sifat baru untuk dimanfaatkan pada teknologi lingkungan seperti sistem pemanas dan pendingin dengan efisiensi tinggi, transportasi perkotaan, dan pengelolaan air. Lebih khusus lagi diperlukan teknologi yang dengan mudah dan efektif memperbaiki efisiensi energi dari sistem pada perumahan atau gedung yang sudah ada.

Pada sistem perumahan atau gedung yang sudah ada, maka sektor konstruksi dan transportasi merupakan sektor penting dalam mencapai kota cerdas. Sistem yang digerakkan oleh proses kimia berperan aktif untuk meningkatkan keberlanjutan pada bidang konstruksi dan transportasi. Bahan yang dibuat oleh industri kimia yang inovatif seperti insulasi, perekat dan *sealants* berperan penting dalam proses konstruksi (Bax, *et al.*, 2013). Kimia adalah kunci bagi sistem energi baru dan produksimaterial baru yang ringan yang dapat mengubah mobilitas perkotaan dan teknologi sekitar yang dapat memerangi polusi.

PENUTUP

Artikel ini meninjau cara mencapai kota cerdas dari sisi Ilmu dan Teknologi Kimia, dengan memperhatikan sistem pengelolaan air yang menerapkan teknologi membran untuk nanofiltrasi dan reverse osmosis untuk segi kimia dan penerapan biopori untuk segi fisika. Selanjutnya dibahas mengenai pembuatan dan pemanfaatan materi untuk infrastruktur seperti cat interior dan exterior yang memiliki daya pantul tinggi dan rendah kandungan *volatile organic compound*, busa dan *phase change material* pelapis dinding sehingga dapat menghemat energi untuk pendinginan atau pemanasan ruang. Untuk bahan bangunan ramah lingkungan juga diusulkan bahan dari alam seperti timbercrete dan hempcrete, disamping bahan daur ulang seperti ashcrete, ferrock, dan plastik daur ulang.

Kemudian dibahas mengenai peranan Ilmu Kimia dalam pengembangan interior dan eksterior alat transportasi yang ramah lingkungan, antara lain mengurangi bobot kendaraan dengan mengurangi penggunaan baja dan menggantikannya dengan *fibre-reinforced plastic*, serta pemanfaatan elastomer untuk pelapis interior kendaraan yang dapat berindak sebagai insulasiterhadap kebisingan dan cuaca.

Setelah itu dibahas cara mengurangi konsumsi energi untuk ruang dengan memanfaatkan insulasi dari poliuretan, cairan pemindah panas yang menggantikan gas pendingin yang berbahaya bagi lingkungan seperti freon, serta materi untuk membuat solar sel untuk

sumber listrik alternatif. Untuk pengelolaan limbah diusulkan untuk melakukan kombinasi antara teknologi reaktor fermentasi kontinyu untuk sampah organik yang dapat menghasilkan gas metana yang dapat digunakan untuk pembakaran sampah pada teknologi gasifikasi atau pirolisis, sehingga kombinasi teknologi ini sejauh mungkin mencapai *green and zero waste*.

Strategi konsumsi bahan mentah yang dianjurkan agar tidak ada sampah yang mengotori lingkungan dan menjamin keberlangsungan pasokan materi bahan baku adalah 4Rs, *reduce, reuse, recycle, dan replace*. Prinsip Kimia Hijau juga diterapkan pada pembuatan dan pengolahan bahan mentah berdasarkan prinsip kimia hijau yang berkelanjutan.

Agar ramah lingkungan, kompetitif secara ekonomi dan tetap menarik untuk ditinggali, kota cerdas perlu mengurangi total konsumsi energi, meningkatkan penggunaan energi terbarukan, menyesuaikan infrastruktur fisik dan komunikasi, menemukan solusi untuk masalah mobilitas dalam kota - khususnya mobilitas pribadi - dan memperbaiki kondisi pendidikan dan kerja.

DAFTAR PUSTAKA

- Albino, V., Berardi, U., and Dangelico, R. M. (2015). Smart cities: definitions, dimensions, performance, and initiatives. *Journal of Urban Technology*, 22 (1), 3–21.
- Anastas, P. T., and Warner, J. C. (1998) *Green chemistry: theory and practice* Eds. Oxford University Press: Oxford, UK.
- Andang, I. S. (2011). Tantangan pengelolaan air di kota (Dimuat di majalah *Warta Konsumen*). Diunduh dari <http://ylki.or.id/2011/09/tantangan-pengelolaan-air-di-kota/> pada 6 September 2017
- Anonimous (2017). Elastomer. Diunduh dari <http://www.wisegeek.com/what-are-elastomers.htm> pada 20 Juni 2017
- Bagher, A. M., Vahid, M., Mahmoud, A., Mohsen, M. (2015). Types of solar cells and application. *American Journal of Optics and Photonics*. 3 (5), 94-113.
- Barus, H. (2017). Pemerintah dorong penerapan konsep smart city. Diunduh dari <http://www.industry.co.id/read/8809/pemerintah-dorong-penerapan-konsep-smart-city> pada 6 September 2017
- Bax, L., Cruxent, J., Komornicki, J. (2013). Innovative chemistry for energy efficiency of building in smart cities. Brussel-Belgia: SusChem - European Technology Platform for Sustainable Chemistry. Diunduh dari www.suschem.org/files/library/Publications/CEEBCS.pdf pada 20 Juni 2017
- Calvillo, C.F., Sanchez-Miralles, A., and Villar, J. (2016). Energy management and planning in smart cities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 55, 273-287

Chaoyi, B. (2010). *Design of advanced reverse osmosis and nanofiltration membranes for water purification* – A Dissertation (Submitted for the degree of Doctor of Philosophy in Materials Science and Engineering in the Graduate College of the University of Illinois at Urbana-Champaign, Urbana, Illinois).

Cefic - The European Chemical Industry Council. (2011). Tomorrow starts with chemistry: innovation for sustainable, smart, and inclusive Europe. Brussel: Belgia. Diunduh dari www.suschem.org/files/.../Tomorrow-starts-with-Chemistry.pdf pada 20 Agustus 2017

Dhage, S. D. (2013). Applications of green chemistry principles in every day life. *International Journal of Research in Pharmacy and Chemistry*. Retrieved from <http://www.ijrpc.com/files/01-346.pdf> 16/03/2016

Dow (1997). Dowtherm G heat transfer fluid (Product technical data). Diunduh dari http://msdssearch.dow.com/Published Literature DOWCOM/dh_0032/0901b803800325da.pdf?filepath=/heattrans/pdfs/noreg/176-01353.pdf&fromPage=GetDoc pada 20 Juni 2017

Eickhout, B. (2012). *A Strategy for a bio-based economy*, Based on A study by Jonna Gjaltma and Femke de Jong. This report was published for the Greens/EFA Group by The Green European Foundation – Brussels, Belgium. Diunduh dari http://gef.eu/wp-content/uploads/2017/01/A_strategy_for_a_bio-based_economy.pdf pada 20 Juni 2017

Innovation for a sustainable, smart and inclusive Europe. www.suschem.org/files/.../Tomorrow-starts-with-Chemistry.pdf. Retrieved 8/5/2017

International Bank for Reconstruction and Development-The World Bank. (2015). *Water supply and sanitation in Indonesia turning finance into service for the future (Service Delivery Assessment)*.

Diunduh dari <https://www.wsp.org/sites/wsp.org/files/publications/WSP-Indonesia-WSS-Turning-Finance-into-Service-for-the-Future.pdf> pada 20 Juni 2017

Jenis septic tank yang sebaiknya anda pilih untuk rumah minimalis anda. Diunduh dari <http://www.diminimalis.com/jenis-septic-tank/> pada 20 Juni 2017

Joga, N. (2008). Bangunan hijau, hemat dan ramah lingkungan. Kompas.com - 29/05/2008, Diunduh dari <http://nasional.kompas.com/read/2008/05/29/14062635/bangunan.hijau.hemat.dan.ramah.lingkungan> pada 27 Juni 2017

Kardha, M. M. (2009). Ini lho, cara pilih cat yang aman. Diunduh dari Kompas.com - 07/09/2009 <http://properti.kompas.com/read/2009/09/07/08393813/ini.lho.cara.pilih.cat.yang.aman> pada 20 Agustus 2017.

Kosasih, D. (2016). Sebelas macam bahan bangunan yang lebih hijau dibanding beton. 22 Juli 2016, Diunduh dari <http://www.greeners.co/ide-inovasi11-macam-bahan-bangunan-lebih-hijau-dibanding-beton/11/> pada 5 Agustus 2017

Maharani, D. (2015). Menurunkan penyakit dengan limbah ramah lingkungan. <http://nationalgeographic.co.id/berita/2015/12/menurunkan-penyakit-dengan-limbah-ramah-lingkungan>. Diunduh pada 20 Agustus 2017

Nurdin, F. A., Mulia, G. J. T., Rosyidah, B., Ishar, M., & Munir, M. (2015). Surabaya underground aqua project - Konsep pengelolaan air minum, air limbah, dan air hujan perkotaan di bawah tanah sebagai solusi permasalahan air di kota besar. Diunduh dari <artikel.dikti.go.id/index.php/PKMGT/article/download/493/493> pada 6 September 2017

- Prasetyono, A. P. (2017). Mengolah sampah perkotaan. Diunduh dari <http://www.dikti.go.id/mengolah-sampah-perkotaan/> pada 20 Juni 2017,
- Prihadi, S. D. (2016). Mencari standar definisi smart city. Diunduh dari <https://www.cnnindonesia.com/teknologi/20161130134019-185-176347/mencari-standar-definisi-smart-city/> pada 6 September 2017
- PureTemp. (2017). *Entropy solutions, global authority on phase change material*. Diunduh dari <http://www.puretemp.com/stories/understanding-pcms>, pada 28 Juni 2017.
- Royal Society of Chemistry. (2009). *Chemistry for tomorrow's world: A road map for chemical sciences*. Diunduh dari <http://www.rsc.org/globalassets/04-campaigning-outreach/tackling-the-worlds-challenges/roadmap.pdf> pada 20 Juni 2017
- Septic Tank Biotech: Sanitasi ramah lingkungan untuk rumah anda. Diunduh dari <http://www.diminimalis.com/septic-tank-biotech/> pada 20 juni 2017
- Sullivan, Ed. (2006). Polyurethane wall insulation slashes energy costs and presents important structural possibilities. Diunduh dari http://www.awci.org/cd/pdfs/0106_d.pdf
- Windhi. (2016). Ini kriteria standar smart city Indonesia. Diunduh dari <http://www.centroone.com/News/Detail/2016/12/16/13645/ini-kriteria-standar-smart-city-indonesia-> pada 6 September 2017
- Woinaroschy, A. (2016). Smart cities will need chemistry. *Scientific Bulletin of the "Petru Maior". University of Tîrgu Mures*, 13 (XXX) (1), 2016.

MENINGKATKAN *WATER RESILIENCE* UNTUK MENUNJANG *SMART CITY*

Agus Susanto

PENDAHULUAN

Membicarakan mengenai *smart city*, tidak hanya sekedar membicarakan sebuah kota yang mengandalkan kemajuan teknologi informasi dan komunikasi (ICT) yang didukung oleh jaringan infrastruktur internet yang kuat, tetapi kota yang mampu menggali potensi lokal dan memaksimalkan sumber daya kota. *Smart city* menggambarkan warga yang mampu mengatasi masalah ekonomi dengan cerdas (*smart economy*). *Smart city* didukung oleh pusat bisnis, industri dan jasa yang ramah lingkungan, serta dapat memaksimalkan sumber daya alam yang terbatas, seperti: air, lahan, pertambangan, dan energi fosil, sehingga tumbuh perekonomian yang berkelanjutan (*green economy*).

Salah satu indikator utama dalam *smart city* adalah *smart environment*. Dalam sub indikator *smart environment* terdapat *smart water and waste water management* (Supangkat, 2016). Air merupakan barang ultra esensial bagi kelangsungan makhluk hidup di suatu kota. Tanpa air makhluk hidup tidak mungkin bisa bertahan, dan

bahkan semua makhluk hidup terbuat dari air sebagaimana tercantum dalam kitab suci Al Qur'an surat Al-Anbiya (21) ayat (30) yang artinya: "... Dan kami jadikan segala sesuatu yang hidup dari air, mengapakah mereka tidak beriman?".

Hingga saat ini masyarakat secara umum masih memandang air hanya sebagai komoditas sosial yaitu sebagai kebutuhan hidup dan bukan sebagai komoditas ekonomi. Ada dua alasan yang mendorong masyarakat memandang air sebagai komoditas ekonomi, yaitu: 1). air merupakan barang yang dapat mendukung kegiatan ekonomi, seperti industrialisasi dan pertanian, dan 2). masyarakat sering tanpa kesulitan untuk dapat memperoleh air yang dapat didayagunakan (Siradj, 1992).

Selain itu, air merupakan kunci pembangunan perkotaan yang berkelanjutan dan pilar kesehatan masyarakat serta kesejahteraan sosial (WHO, 2012). Air dan sanitasi lingkungan yang tidak memadai akan mengancam kesehatan manusia dan lingkungan. Air memiliki multi fungsi, antara lain: sebagai fungsi sosial, ekonomi, dan lingkungan yang dibutuhkan untuk mendukung proses produksi dan berkontribusi pada pertumbuhan ekonomi serta pengurangan kemiskinan perkotaan. Dengan berbagai fungsi tersebut, apabila tidak ada perubahan paradigma dalam pengelolaan air, maka akan terjadi ketidak-amanan dan ketidaknyamanan lingkungan perkotaan yang menyebabkan degradasi lingkungan dan sosial ekonomi, sehingga tujuan *smart city* tidak tercapai.

Di perkotaan, air menghadapi berbagai tekanan sebagai akibat dari meningkatnya kebutuhan air, pola urbanisasi yang cepat, pertumbuhan penduduk yang tinggi, dan meningkatnya risiko perubahan iklim (Leeuwen Van Dan & Dieperink, 2015 *dalam* Mulyana dan Suganda, 2017). Perubahan iklim diharapkan dapat memberikan konsekuensi signifikan bagi sistem air perkotaan. Akan tetapi dengan perubahan iklim justru mengakibatkan perubahan pola hujan yang sering terjadi akhir-akhir ini, yaitu hujan dengan intensitas tinggi namun mempunyai durasi yang pendek. Kondisi ini akan mempengaruhi ketersediaan air, kualitas air, dan akses air, serta risiko banjir. Sebaliknya jika terjadi musim kering yang panjang akan mengakibatkan kelangkaan sumber air baik dari potensi maupun

akses. Untuk itu, infrastruktur air perkotaan perlu diadaptasi agar dapat mengatasi kondisi perubahan iklim dan hidrologi yang baru. Di lain pihak, ada yang menyatakan bahwa krisis air di perkotaan tidak hanya terkait dengan rekayasa air, tetapi diakibatkan juga oleh kegagalan tata kelola air (Mulyana dan Suganda, 2017). Tata kelola air merupakan rangkaian sistem politik, sosial, ekonomi, administrasi dan kelembagaan untuk mengembangkan dan mengelola sumber daya air serta penyampaian layanan air pada berbagai tingkat masyarakat, sehingga isu air di perkotaan dapat digunakan sebagai alat untuk mengembangkan solusi terpadu.

Dengan berbagai isu yang merupakan tekanan baik sosial maupun ekologis di perkotaan terhadap sumber daya air, ditambah dengan gaya hidup (*life style*) masyarakat perkotaan yang mengarah ke konsumtif, dampaknya adalah kebutuhan air di perkotaan menjadi meningkat. Di sisi lain, ketahanan air di Indonesia masih sangat rendah bila dibandingkan dengan negara-negara lain, yaitu hanya sebesar 63 m³/kapita/tahun, sedangkan yang ideal adalah 1.600 m³/kapita/tahun (Kementerian PUPR, 2016). Untuk itu, pemerintah melalui program kerjanya yaitu Nawacita yang dituangkan dalam Nawacita ke 7 (tujuh) yang berbunyi: “Pemerintah mewujudkan kemandirian ekonomi dengan menggerakkan sektor-sektor strategis ekonomi domestik dengan prioritas pembangunan yakni peningkatan kedaulatan pangan dan peningkatan *water resilience* (ketahanan air)”. Dalam tulisan ini akan dianalisis bagaimana meningkatkan resiliensi sumberdaya air di perkotaan untuk menunjang indikator-indikator yang ada dalam *Smart City*. Tujuan yang ingin dicapai adalah agar dapat meningkatkan pasokan air bagi masyarakat, industri dan pertanian serta untuk mengurangi risiko banjir. Untuk meningkatkan pasokan air, target utama adalah memperbaiki infrastruktur alami seperti: ekosistem hutan, ekosistem sungai, dan infrastruktur buatan seperti: embung, bendungan, jaringan irigasi, jaringan drainase, dengan memfokuskan pada empat hal yakni: ketersediaan (*availability*), aksesibilitas (*accessibility*), berkelanjutan (*sustainability*), dan keamanan (*security*).

BAHAN DAN METODOLOGI

Makalah ini ditulis berdasarkan *desk study* (studi literatur) untuk mengembangkan *baseline* awal tentang ketahanan (*resilience*) air perkotaan dari berbagai tekanan sosio-ekologis untuk menuju *water smart city* dalam menunjang program *smart city*. Sebagian besar data dan informasi yang digunakan dalam artikel ini berasal dari sumber data sekunder, seperti: ulasan literatur, jurnal, data statistik, laporan proyek, laporan tahunan institusi, dan lain-lain.

KEDUDUKAN WATER SMART CITY DALAM SMART CITY

Di Indonesia, sumber daya air melimpah tetapi tidak merata di seluruh nusantara. Hal ini disebabkan oleh adanya iklim Monsoon. Iklim Monsoon dapat menyebabkan banjir di musim hujan dan kekurangan air di musim kemarau. Di samping itu, perubahan iklim cenderung meningkatkan tekanan pada sumber daya air melalui pola curah hujan yang berubah-ubah dan peristiwa cuaca ekstrim, ditambah lagi dengan kapasitas penyimpanan air yang rendah, sehingga mengakibatkan ketersediaan air tanah berkurang. Kondisi seperti ini disebabkan oleh degradasi lahan daerah aliran sungai (DAS) serta kondisi infrastruktur sumber daya air (irigasi dan air bersih) yang buruk merupakan penyebab ketahanan air (*water resilience*) di Indonesia sangat rendah (63%). Selain itu, diakibatkan juga oleh kualitas air akibat limbah domestik, pembuangan limbah padat, dan limbah industri yang tidak diolah dan langsung dibuang ke perairan juga berpengaruh besar terhadap *water resilience*, karena *water resilience* disamping kuantitas air juga kualitasnya.

Paradigma masa lalu dalam kaitannya dengan sumber daya air perencanaan kota dirancang untuk mengalirkan air hujan dan air limbah secepatnya ke luar kota agar kota terhindar dari banjir. Namun pada kenyataannya untuk memperoleh sumber air bersih diperoleh dari air sungai dan air tanah yang didapatkan dari luar kota. Paradigma tersebut sejak tahun 2000an berubah seiring dengan urbanisasi yang cukup tinggi $\pm 1.6\%$ (untuk Indonesia), dan perubahan iklim yang mengakibatkan pola hujan berubah-ubah yaitu hujan dengan

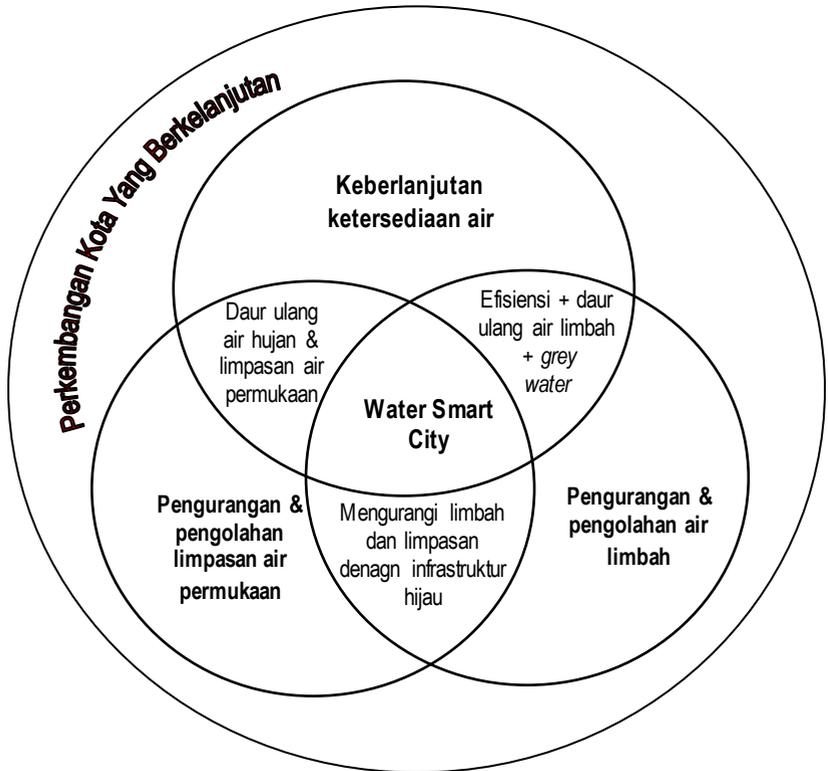
intensitas tinggi tetapi durasinya pendek. Kondisi ini mengakibatkan banjir dan tanah longsor di perkotaan. Sebaliknya di musim kemarau terjadi kekeringan, sehingga paradigmanya sekarang berubah menjadi “kota diasumsikan sebagai daerah tangkapan air hujan, dimana air hujan ditahan selama mungkin agar masuk ke dalam tanah untuk mensuplai air tanah, dan baru dilepaskan secara pelan-pelan ke saluran pembuang”. Paradigma ini disebut *water smart city*.

Water smart city adalah suatu metode di mana sumber air dijaga agar berkelanjutan sehingga memungkinkan generasi masyarakat perkotaan di masa yang akan datang dapat memiliki akses untuk mengelola air di wilayah perkotaan dengan infrastruktur pendukungnya sehingga dapat bertahan dan berfungsi meskipun ada tekanan dari iklim yang lebih ekstrem (Hattum, *et al.* 2016). Pendekatan yang digunakan dalam *water smart city* adalah integrasi perencanaan kota dengan siklus air perkotaan agar supaya kegiatan ekonomi dan bisnis dapat berjalan dengan baik sehingga kesejahteraan masyarakat perkotaan lebih terjamin. Adapun tujuannya adalah untuk meminimalkan dampak hidrologi pembangunan perkotaan terhadap lingkungan sekitar. Konsepnya meliputi: integrasi air hujan, air tanah, pengelolaan air limbah, dan pasokan air untuk mengatasi tantangan masyarakat terkait dengan perubahan iklim, efisiensi sumber daya dan peralihan energi, dalam rangka untuk meminimalkan degradasi lingkungan dan meningkatkan daya guna infrastruktur perkotaan. Pendekatan lainnya adalah dengan mengembangkan strategi integratif untuk keberlanjutan dimensi ekologi, ekonomi, dan sosial budaya, sesuai dengan konsep pembangunan yang berkelanjutan.

Integrasi pembangunan perkotaan dan pengelolaan air perkotaan yang berkelanjutan dalam pelaksanaan *smart city* didukung oleh *water smart city* yang merupakan perpaduan antara 3 (tiga) komponen/pilar utama yang saling berinteraksi. Komponen tersebut yaitu (a) keberlanjutan ketersediaan air, (b) pengurangan dan pengolahan air limbah, dan (c) pengurangan dan pengolahan air permukaan.

Interaksi antara ketiga komponen utama tersebut adalah:

- a. Interaksi antara keberlanjutan ketersediaan air dengan pengurangan dan pengolahan air limbah (*grey water*). Hasilnya adalah efisiensi atau pengurangan penggunaan sumber air, sehingga limbah yang ditimbulkan juga berkurang. Limbah (*grey water*) tersebut kemudian dimanfaatkan kembali (*reuse*), serta didaur ulang kembali agar menjadi air baku air bersih.
- b. Interaksi antara keberlanjutan ketersediaan air dengan pengurangan dan pengolahan limpasan air permukaan. Hasilnya adalah pengurangan (*reduce*) penggunaan air permukaan. Karena penggunaan air permukaan yang efisien, maka terdapat sisa limpasan permukaan yang sedikit pula. Sisa limpasan air permukaan yang terbuang tersebut ditampung kembali dan dimanfaatkan untuk menunjang kegiatan ekonomi masyarakat perkotaan sehingga tidak ada limbah limpasan air permukaan. Interaksi antara pengurangan dan pengolahan air limbah dengan pengurangan dan pengolahan air permukaan. Hasilnya adalah sisa air limpasan yang tidak dipakai dan limbah domestik (*grey water*) diproses atau diolah menjadi sumber air baku air bersih dengan teknologi yang ramah lingkungan (*green technology*). Secara agramatis, integrasi pembangunan perkotaan yang berkelanjutan dengan pengelolaan air perkotaan yang berkelanjutan dalam pelaksanaan *smart city* disajikan dalam Gambar 1.



Sumber: modifikasi dari Hattum *et al.* (2016)

Gambar 1. Integrasi Pembangunan Perkotaan yang Berkelanjutan dan Pengelolaan Air Perkotaan yang Berkelanjutan

Selanjutnya, Wong and Brown (2009) mendiskripsikan integrasi pembangunan perkotaan dan pengelolaan air yang berkelanjutan melalui 3 (tiga) pilar, yaitu:

1. Kota sebagai Daerah Tangkapan Air

Sebuah kota memiliki sumber air yang beragam yang selama ini dialirkan secara langsung dialirkan, tetapi dalam konsep ini sumber air perkotaan tersebut dialirkan melalui infrastruktur yang terpusat dan terpadu serta terdesentralisasi pada skala yang berbeda. Oleh karena

itu, kota dapat diberikan fleksibilitas untuk mengakses sumber-sumber air tersebut, dengan tujuan untuk menekan biaya lingkungan, sosial, dan ekonomi.

2. Kota Menyediakan Jasa Ekosistem dan Meningkatkan Daya Tampung

Konsep yang digunakan dalam jasa ekosistem untuk peningkatan daya tampung adalah dengan mengintegrasikan kawasan perkotaan dengan infrastruktur yang ramah lingkungan (*green infrastructure*). Konsep ini merupakan solusi berbasis sumber daya alam yang dapat membantu dalam pengelolaan sumber daya air secara berkelanjutan. Pilar ini berkontribusi pada produksi pangan lokal, mendukung keanekaragaman hayati, dan mengurangi emisi gas rumah kaca, yaitu dengan jalan semua kegiatan ekonomi berbasis ekosistem, seperti kegiatan wisata yang berwawasan lingkungan (*ecotourism*). Solusi pengelolaan air berbasis sumber daya alam bermanfaat untuk:

- a. Melindungi dan meningkatkan sistem air alami dalam perkembangan perkotaan.
- b. Mengintegrasikan perlakuan air hujan ke dalam kawasan perkotaan dengan menggabungkan beberapa infrastruktur penggunaan air.
- c. Melindungi kualitas air buangan dari pembangunan perkotaan dengan cara mengolah air buangan tersebut terlebih dahulu sebelum dilepas ke saluran pembuang.
- d. Mengurangi limpasan (*run off*) dan debit puncak dari perkembangan perkotaan dengan menerapkan konsep minimalisasi kerusakan kawasan perkotaan yaitu dengan menerapkan konsep zonasi (zona lindung dan zona budidaya).
- e. Menerapkan kegiatan terpadu untuk meminimalisir banjir, kekeringan, dan mitigasi bencana lainnya.
- f. Meminimalkan biaya pengembangan infrastruktur drainase yaitu dengan konsep *green infrastructure*, karena hal ini akan mempunyai nilai tambah tersendiri.

3. Kota terdiri dari Komunitas dan Institusi *Smart Water*

Konsep yang ditawarkan adalah masyarakat menjalani gaya hidup berkelanjutan secara ekologis dan sadar akan keseimbangan dan ketegangan (konflik) yang terus berlanjut antara konsumsi dan konservasi, industri dan kapasitas profesional untuk berinovasi dan beradaptasi sebagai praktisi yang reflektif. Disamping itu, konsep ini juga didukung oleh kebijakan pemerintah yang memfasilitasi evolusi adaptif terhadap *water sensitive city* (ketahanan air perkotaan) yang sedang berlangsung yaitu dengan melibatkan semua pemangku kepentingan agar *water smart city* dapat diwujudkan.

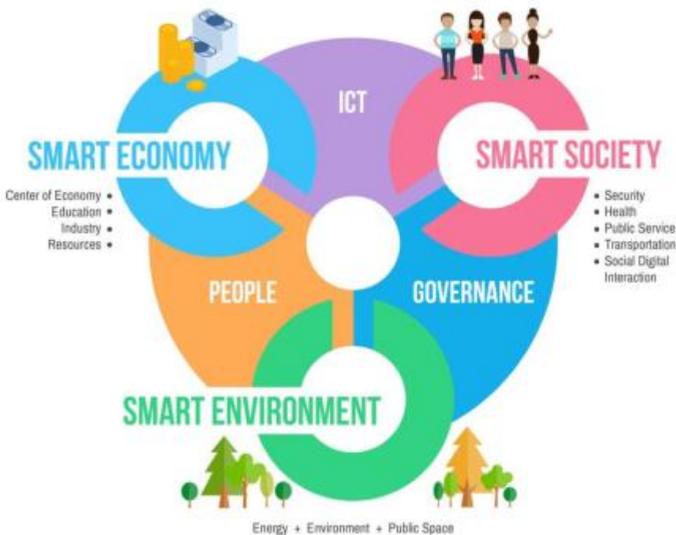
HUBUNGAN WATER RESILIENCE, WATER SMART CITY, DAN SMART CITY

Supangkat (2016) dalam bukunya “Tantangan dan Peluang Pembangunan *Smart City*”, mendefinisikan *smart city* sebagai “kota yang mengetahui permasalahan yang ada di dalamnya (*sensing*), memahami kondisi permasalahan tersebut (*understanding*), dan dapat mengatur (*acting*) berbagai sumber daya yang ada untuk digunakan secara efektif dan efisien dengan tujuan untuk memaksimalkan pelayanan kepada warga masyarakat perkotaan. Konsep yang dikembangkan adalah suatu konsep yang dimulai dari Desa Cerdas, Kecamatan Cerdas, Kabupaten Cerdas, dan Kota Cerdas. Dengan demikian, Supangkat (2016) membagi *smart city* ke dalam 3 (tiga) indikator utama, yaitu: (1) *Smart Economy*, (2) *Smart Society*, dan (3) *Smart Environment*. Selain itu, terdapat 3 (tiga) indikator pendukung yang merupakan interaksi antar indikator utama, yaitu: (a) interaksi antara *Smart Economy* dengan *Smart Society* menghasilkan indikator pendukung *Smart Information Communication and Technology* (ICT), (b) interaksi antara *Smart Society* dengan *Smart Environment* menghasilkan indikator pendukung *Smart Governance*, dan (c) interaksi antara *Smart Environment* dengan *Smart Economy* menghasilkan indikator pendukung *Smart People*.

Untuk mempermudah dalam implementasinya, maka masing-masing indikator mempunyai sub indikator, yaitu:

1. *Smart economy* mempunyai sub indikator: *smart economy*, *smart education*, *smart resources management*, dan *smart industry*.
2. *Smart society* mempunyai sub indikator yang terdiri dari: *smart health*, *smart public service*, *smart social digital*, dan *smart safe and security*, dan
3. *Smart environment* mempunyai sub indikator yang meliputi: *smart energy*, *smart environment*, *smart public space*, dan *smart water and waste management*.

Secara diagramatis Model *Smart City* disajikan dalam Gambar 2.



Sumber: Supangkat (2016)

Gambar 2. Salah Satu Model *Smart City*

JALAN MENUJU WATER SMART CITY UNTUK MENUNJANG SMART CITY

Dalam perspektif sumber daya air, *smart city* adalah suatu konsep yang digunakan untuk menjawab pertanyaan bagaimana semua indikator atau sub indikator dalam *smart city* tersebut dapat dilayani

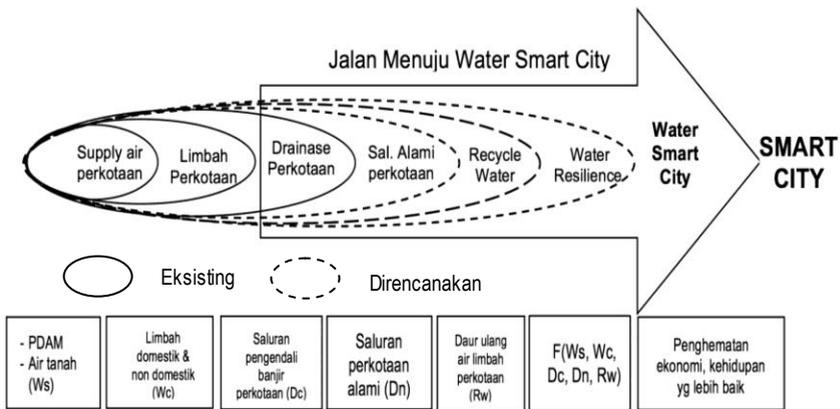
oleh air. Untuk itu dikembangkan konsep *water smart city*. Untuk menuju *water smart city* dalam rangka menunjang **Smart City** terdapat 6 (enam) tahapan atau langkah yang harus dilalui yang dimodifikasi dari Konsep *Australian Sensitive Water City*, yaitu:

1. Terpenuhi suplai air perkotaan (W_s).
Suplai air perkotaan diperoleh dari PDAM, air tanah bagi masyarakat dalam kota, sedangkan bagi masyarakat pinggiran kebutuhan air bersih selain dari air tanah juga diperoleh dengan air permukaan dan air hujan melalui tampungan air atap.
2. Pengolahan limbah perkotaan (W_c).
Limbah perkotaan yang terdiri dari limbah domestik dan non domestik (*grey water*) hanya kota-kota besar yang sudah melakukannya yang dikelola oleh swasta, seperti kawasan Bumi Derpong Damai (BSD), Alam Sutera di Tangerang Selatan, Kelapa Gading di Jakarta, Delta Mas di Bekasi, dan lain-lain.
3. Pengelolaan drainase perkotaan (D_c).
Drainase perkotaan dalam hal ini adalah saluran pengendali banjir. Air hujan yang jatuh di perkotaan ditahan dahulu jangan cepat dibuang ke saluran pembuang yaitu melalui embung atau kolam konservasi (*retention pound*) yang berfungsi selain untuk pengendali banjir juga sebagai tandon air.
4. Pengelolaan saluran alami perkotaan (D_n).
Saluran alami perkotaan, meliputi sungai, parit, alur sungai, dan lain-lain, dengan jalan memperlebar bantaran sungai di berbagai tempat secara selektif di sepanjang sungai.
5. *Recycle water* (R_w).
Dalam *recycle water* berupa limbah industri. Limbah industri didaur ulang untuk menjadi bahan baku air pada proses industri.
6. *Water Resilience* (ketahanan air) (W_r).
Ketahanan air merupakan penjumlahan dari suplai air perkotaan (W_s), limbah perkotaan (W_c), drainase perkotaan (D_c), saluran alami perkotaan (D_n), dan *recycle water* (R_w), sehingga dapat dirumuskan menjadi: *water resilience* yang merupakan fungsi dari W_s , W_c , D_c , D_n dan R_w), atau:

$$W_r = f (W_s, W_c, D_c, D_n, R_w)$$

Konsep *water resilience* ini sudah dikembangkan di Australia (Monash University) sejak tahun 2010 dengan nama *water sensitive city*.

Secara umum, untuk jalan menuju *water smart city* dapat dikembangkan pada kota-kota yang sudah maju karena infrastruktur airnya sudah lebih baik, yang digambarkan dalam garis putus-putus (Gambar 3). Untuk kota-kota yang masih dalam tahap perkembangan baru dapat memenuhinya pada 3 (tiga) tahapan, yaitu suplai air perkotaan (Ws), pengelolaan limbah perkotaan (*grey water*) (Wc), dan manajemen saluran pengendali banjir (Dc) yang digambarkan dalam garis penuh. Apabila *water resilience* tercapai, maka jalan menuju *water smart city* akan tercapai juga, yang akhirnya *smart city* dari perspektif sumber daya air akan tercapai juga. Semua indikator dalam *smart city* yang memerlukan air akan terlayani dengan baik. Secara garis besar jalan menuju *water smart city* untuk menunjang *smart city* disajikan dalam Gambar 3 berikut.



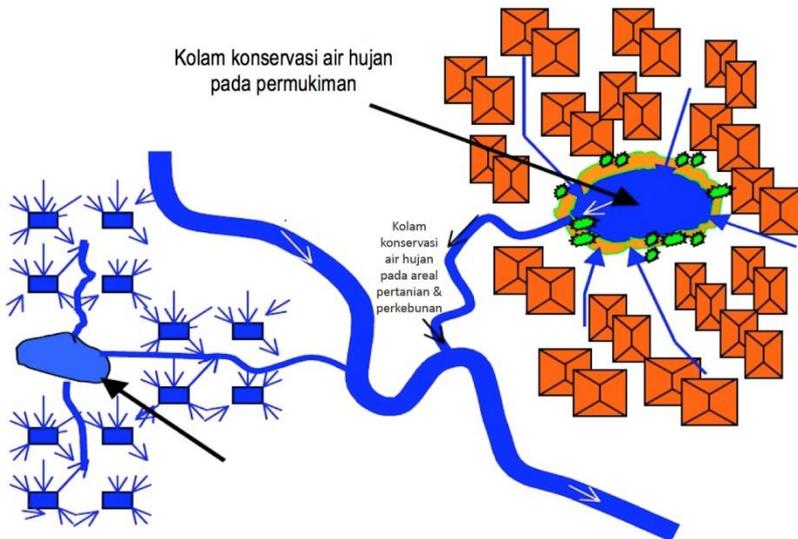
Sumber: Modifikasi dari Wong and Brown (2009)

Gambar 3. Jalan Menuju *Water Smart City* untuk mendukung *Smart City*

UPAYA PENINGKATAN WATER RESILIENCE

Berdasarkan Gambar 3 terlihat bahwa untuk mencapai *water smart city*, maka *water resilience* harus terpenuhi dahulu, karena *water resilience* sama dengan *water smart city*. Untuk mencapai *water resilience* harus melalui 5 tahapan yaitu: (1) ketersediaan supply air perkotaan, (2) pengolahan limbah domestik (*grey water*), (3) treatment saluran pengendali banjir perkotaan, (4) pengelolaan saluran alami perkotaan (sungai, parit, dan lain-lain), dan (5) pengolahan air limbah. Untuk meningkatkan *water resilience* dalam rangka menunjang *smart city* kaitannya dengan *water smart city* dapat dipisahkan menjadi 2 (dua) bagian yaitu:

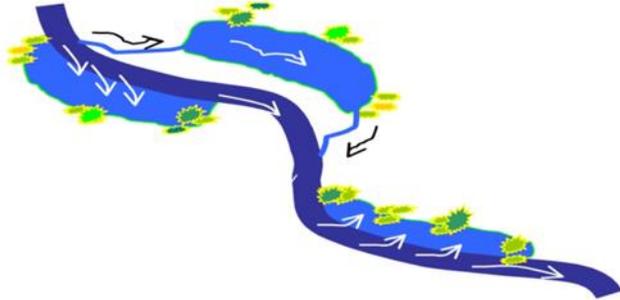
1. Restorasi kapasitas saluran drainase alami perkotaan, yang meliputi:
 - a. *Retention pound* atau kolam konservasi, yaitu: kolam yang dapat dibuat dengan memanfaatkan daerah-daerah dengan topografi rendah, daerah bekas galian (pasir, tambang, material lainnya) atau secara ekstra dibuat dengan menggali suatu areal atau bagian tertentu di kawasan permukiman, pertanian, dan perkebunan. Bentuk fisik berupa embung, situ, dan lain-lain. Fungsi dari *retention pound* adalah sebagai pengendali banjir dan ketersediaan air. Secara detail *retention pound* disajikan dalam Gambar 4.



Sumber: Sawiyo (2010)

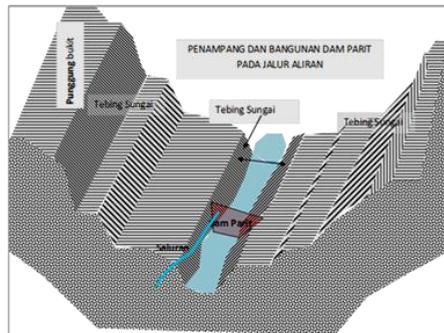
Gambar 4. Retention Pond Daerah Perkotaan

- b. *Detention pond*, yaitu kolam konservasi yang dibuat di pinggir sungai, dengan cara memperlebar bantaran sungai di berbagai tempat secara selektif di sepanjang sungai. Fungsinya adalah untuk mengurangi volume air sungai agar tidak terjadi banjir, dan ketersediaan air. Bagi kota yang terletak di bagian hulu (*up stream*) daerah aliran sungai (DAS), *detention pond* dapat dilaksanakan dengan dam parit (*channel resevoir*). *Detention pond* dengan dam parit ini sudah dilaksanakan di Sub DAS Cibogo, pada DAS Ciliwung Hulu (Sawiyo, 2010). Secara detail *detention pond* dan dam parit disajikan dalam Gambar 5 dan 6.



Sumber: Sawiyo (2010)

Gambar 5. *Detention Pond* Daerah Perkotaan



Sumber: Sawiyo (2010)

Gambar 6. Penampang Sungai dan Posisi Pengembangan Dam Parit yang Letaknya di Hulu DAS

- c. Penampungan air hujan (PAH) melalui tampungan atap, yaitu air hujan yang jatuh pada rumah kemudian dialirkan melalui talang, selanjutnya ditampung dalam bak penampungan yang bisa dibuat dari bahan *inert*, beton bertulang, fiberglass, atau stainless steel (Gambar 7). Air hasil tampungan tersebut dimanfaatkan pada musim

kering dan hanya untuk minum dan memasak, sedangkan untuk kebutuhan air lainnya seperti air permukaan (sungai, embung, setu, dan lainnya). Metode ini dilakukan pada daerah-daerah yang curah hujannya kecil seperti di wilayah Indonesia Timur (NTT, Papua, dan Maluku).



Sumber: Harsoyo (2010)

Gambar 7. Salah Satu Cara Penampungan Air Hujan (PAH) Lewat Atap

- d. Sumur resapan. Metode sumur resapan hampir sama dengan tampungan air hujan (PAH) lewat atap. Perbedaannya adalah setelah air hujan dari talang tidak ditampung di bak penampung, tetapi dialirkan (dimasukkan) ke dalam tanah. Fungsinya adalah untuk mensuplai atau sebagai imbuhan air tanah.

Berdasarkan hasil penelitian Susanto dan Suhardianto (2005), ukuran sumur resapan di daerah perumahan Reni Jaya, Kota Tangerang Selatan yang didasari pada luas atap rumah, curah hujan, dan laju infiltrasi. Hasil perhitungan disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Ukuran Sumur Resapan Berdasarkan tipe rumah Beserta Alternatifnya

| Tipe Rumah | Ukuran Sumur Resapan Diameter (X cm) n Kedalaman (Y-Z cm)* | | |
|-------------------------------------|---|--------------------------------------|-------------------------------------|
| | Alternatif I | Alternatif II | Alternatif III |
| Tipe 21/60 ▪ Asli ▪ Renovasi | 80 – (65 + 15) 90 – (140 + 30) | 90 – (50 + 10) 100 – (115 + 25) | 110 – (100 + 20) |
| Tipe 36/100 ▪ Asli ▪ Renovasi | 80 – (105 + 25) 110 – (155 + 35) | 90 – (85 + 20) 120 – (130 + 300) | 100 – (70 + 15) 130 – (110 + 25) |
| Tipe 56/110 ▪ Asli ▪ Renovasi | 90 – (125 + 25) 120 – (145 + 30) | 100 – (100 + 20) 130 – (120 + 25) | 110 – (85 + 20) 140 – (105 + 25) |
| Tipe 70/120 ▪ Asli ▪ Renovasi | 100 – (130 + 30) 120 – (155 + 35) | 110 – (110 + 25) 130 – (135 + 30) | 120 – (90 + 20) 140 – (120 + 25) |

Sumber: Susanto dan Suhardianto (2005)

Keterangan: *) = Y adalah kedalaman sumur tanpa isi, dan Z kedalaman sumur dengan isi (ijuk/geo tekstile)

- e. Biopori. Metode biopori ini sudah dikembangkan oleh Institut Pertanian Bogor (IPB), yaitu dengan membuat lubang pada lahan dengan diameter 20 cm (memakai *hand auger hole*, atau alat yang lain) dengan kedalaman $\pm 0.5-1.0$ meter yang dapat dilakukan di pekarangan rumah atau perkebunan dan areal yang lain (hutan kota, taman, dan lainnya) dengan interval 10 meter. Fungsi biopori adalah untuk mensuplai (imbuhan) ketersediaan air tanah dangkal (*unconfined aquifer*) atau akuifer bebas, dan pengendali banjir.
- f. Menjaga kualitas air, yaitu dengan cara menjaga atau memproteksi sumber air yang digunakan sebagai sumber air baku air bersih (air permukaan bisa air sungai, embung, situ, danau, dan air tanah) dari polutan.

g. Pengelolaan air yang adaptif. Pengelolaan model ini merupakan pengelolaan air dengan mengantisipasi ramalan cuaca jangka panjang akibat perubahan iklim yang akhir-akhir ini terjadi, tujuannya adalah untuk meningkatkan kapasitas penyimpanan air bak air permukaan maupun air tanah (Hattum *et al.* 2016).

2. Memutus siklus air perkotaan

a. Optimalisasi pemanfaatan air dari PDAM

Optimalisasi PDAM dapat dilakukan dengan jalan memperluas layanan jaringan suplai PDAM, dimana yang dahulu layanannya 60% ditingkatkan menjadi 80%, demikian seterusnya. Satu hal yang perlu dicatat adalah air baku PDAM. Air baku PDAM adalah air permukaan (sungai, dam, atau situ) bukan air tanah. Tujuan dari perluasan layanan PDAM adalah agar: (1) masyarakat perkotaan dalam memenuhi kebutuhan akan air bersih tidak dengan mengekstrak (memakai) air tanah, tetapi dengan memakai PDAM, karena air tanah dapat diibaratkan sebagai uang di Bank yang dapat dijadikan cadangan pada saat curah hujan berlebih, dan dimanfaatkan pada saat curah hujan menurun akibat musim kemarau. Namun apabila cadangan air tanah habis karena terdeplesi, maka akan berakibat bencana yang akan ditimbulkan seperti penurunan muka air tanah (*ground water level*), dan bahkan dapat menimbulkan penurunan muka tanah, seperti yang terjadi di kota-kota besar di Indonesia (Jakarta, Semarang, Surabaya). Kondisi seperti ini akan menimbulkan biaya yang sangat tinggi. Berdasarkan ilmu ekonomi terdapat kaitan antara air tanah dengan ilmu ekonomi yang dikenal istilah *ground water diamond paradoks* atau paradok air tanah dan berlian, dimana air tanah yang begitu esensial dinilai begitu murah sementara mutiara yang hanya sebatas perhiasan dinilai sangat mahal (Fauzi, 2006).

b. *Reduce water use*

Reduce water use atau efisiensi penggunaan air, hal ini bisa dilakukan pada masyarakat perkotaan yang biasa menggunakan air dalam 1 hari 150-200 Lt/orang/hari (untuk

kota Metropolitan), dan 120-150 lt/orang/hari (untuk kota besar), dan untuk kota kecil 90-120 lt/orang/hari (Kimpraswil, 2003) dikurangi menjadi 80% dari standar pemakaiannya. Demikian juga untuk penggunaan air di hotel dan fasilitas sosial lainnya.

c. *Reuse Water*

Pemanfaatan air kembali dari limbah domestik (*grey water*). Metode yang digunakan adalah sistem komunal, limbah rumah tangga dari beberapa rumah ditampung dalam satu bak penampung dengan sistem perpipaan menggunakan tenaga gravitasi. Limbah domestik tersebut dapat digunakan kembali tanpa diolah (*treatment*) terlebih dahulu, sebagai contoh, *grey water* digunakan untuk menyirami tanaman, karena *grey water* kandungan unsur kimianya (unsur Cl) tinggi, sehingga bagus untuk kesuburan tanaman.

c. *Water treatment*

Water treatment (water recycling) adalah pemanfaatan kembali air limbah industri menjadi bahan baku penunjang proses industri, yaitu air limbah beberapa industri yang berada dalam kawasan industri ditampung dalam satu kolam (IPAL) (komunal), kemudian limbah tersebut diolah, bisa dengan kimiawi maupun biologi. Setelah melalui proses pengolahan di IPAL, hasilnya dijadikan air baku dalam penunjang proses industri, seperti untuk mencuci peralatan industri, dan lain sebagainya, tetapi bukan sebagai air baku industri.

PENUTUP

Terjadi perubahan paradigma dalam perencanaan kota kaitannya dengan sumber daya air, yaitu: kota diasumsikan sebagai daerah tangkapan air hujan, dimana air hujan ditahan selama mungkin agar masuk ke dalam tanah untuk mensuplai air tanah, dan baru dilepaskan secara perlahan ke saluran pembuang. Paradigma ini disebut *water smart city*.

Kedudukan *water resilience* di dalam jalan menuju *Water Smart City* terletak pada *Water Sensitive City* (langkah ke enam dalam *Water Smart City*). Langkah-langkah untuk menuju *Water Smart City* dalam menunjang *Smart City* ada 6 (enam) langkah, yaitu: (1) terpenuhi suplai air perkotaan yang meliputi PDAM, air tanah, dan sungai; (2) pengolahan limbah perkotaan (*grey water*), yang meliputi: pengelolaan limbah domestik dan non domestik; (3) pengelolaan drainase perkotaan yang terdiri dari: pengelolaan saluran pengendali banjir; (4) pengelolaan saluran alami perkotaan (sungai, parit, alur sungai); (5) *recycle water*, yang meliputi limbah perkotaan yang terdiri dari limbah domestik dan industri; dan (6) *Sensitive Water City* yang meliputi *water resilience* yang berguna untuk keberlanjutan inter generasi.

Upaya peningkatan *water resilience* untuk menunjang *Smart City* dapat digolongkan menjadi 2 (dua), yaitu: (a) restorasi kapasitas saluran drainase alami perkotaan, yang terdiri dari: *retention pound* atau kolam konservasi, *detention pound* (kolam konservasi yang dibuat di bantaran sungai) untuk wilayah kota di hilir DAS, sedangkan untuk wilayah hulu dengan dam parit (*channel conservation*), panampungan air hujan (PAH) melalui tampungan atap, sumur resapan, biopori, menjaga kualitas air, dan pengelolaan air yang adaptif; serta (b) memutus siklus air perkotaan, yaitu dengan jalan: optimalisasi pemanfaatan air PDAM, *reduse water use*, *reuse water*, dan *treatment water (recycling water)*.

DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (Kimpraswil). (2003). *Standar Penggunaan Air Bersih*. Ditjen Cipta Karya. Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah. Jakarta.
- Fauzi, A. (2006). *Ekonomi Sumberdaya Alam dan Lingkungan Teori dan Aplikasi*. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
- Harsoyo. B., 2010, Teknik Pemanenan air hujan (*rain water harvesting*) sebagai alternatif upaya penyelamatan sumberdaya air di Jakarta. *Jurnal Sain dan Teknologi modifikasi cuaca* Vol 10 No. 2; 29-39
- Hattum. Tim Van, Maaik Blauw, Marina Bergen Jensen, and Karianne de Bruin. (2016). *Towards Water Smart Cities, Climate Adaptation is a huge Opportunity to Improve the Quality of Life in Cities*. University of Research, Wageningen.
- Kementerian PUPR. (2016). *Ketahanan Air Indonesia Dinilai Masih Rendah*, <https://kumparan.com/angga-sukmawijaya/ketahanan-air-indonesia-dinilai-masih-rendah>, diakses 14/05/17.
- Mulyana W. dan Emirhadi Suganda. (2017). Water Governance for Urban Resilience Analysis of Key Factors and the Role of Stakeholders in Metropolitan Area. *The Indonesian Journal of Planning and Development*, Vol 2 No 1, February, 11-18. Journal Homepage: <http://ejournal2.undip.ac.id/index.php/ijpd>, <http://dx.doi.org/10.14710/ijpd.2.1.11-18>.
- Sawiyo. (2010). *Petunjuk Teknis. Pengembangan Teknologi Alternatif Panen Hujan Untuk Efisiensi Air dan Pengurangan Resiko Banjir*. Satuan Kerja Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Departemen Pertanian. ISBN : 987-602-9065-00-8.

- Siradj, M. (1992). *Metodologi Prakiraan Dampak pada air tanah. Seminar Nasional Metodologi Prakiraan Dampak dalam AMDAL*, Bogor: PPLH-LP-IPB dan BK-PSL dan Bappedal.
- Supangkat, S.S. (2016). *Tantangan dan Peluang pembangunan Smart City, Smart City and Community Innovation Centre ITB*, jababekaexpo_2016.pdt.12/05/2017.
- Susanto, Adan Anang Suhardianto. (2005). Penentuan Sumur Resapan Berdasarkan Luas Rumah, Curah Hujan dan Infiltrasi (Studi Kasus di Komplek Perumahan Reni Jaya, Pamulang, Banten). *Jurnal Matematik, Sain dan Teknologi*, Vol 6 No, 1, Maret, hal 38-48.
- Wong, T.H.F. and Brown, R.R. (2009). *The water sensitive city: principles for practice*. *Water Science and Technology*, 60(3), pp.673-682.
- World Health Organization (WHO). (2012). UN-water global annual assessment of sanitation and drinking-water (GLAAS) 2012 report: The challenge of extending and sustaining services. Retrieved from http://www.un.org/waterforlifedecade/pdf/glaas_report_2012_eng.pdf.

KETERSEDIAAN AIR BERSIH UNTUK KESEHATAN: KASUS DALAM PENCEGAHAN DIARE PADA ANAK

Sri Utami & Sri Kurniati Handayani

PENDAHULUAN

Di era sekarang ini *smart city* menjadi salah satu parameter keberhasilan suatu kota, yaitu sebagai kota yang mampu mengontrol dan mengintegrasikan semua infrastruktur termasuk dalam menciptakan lingkungan yang cerdas. Lingkungan cerdas (*smart environment*) didefinisikan sebagai lingkungan yang *dapat* memberikan kenyamanan, keberlanjutan sumber daya, keindahan fisik maupun non fisik, visual maupun tidak, bagi masyarakat dan publik (Antariksa, 2017). Pengembangan kualitas dan kuantitas air bersih merupakan salah satu pengembangan infrastruktur lingkungan yang perlu mendapat perhatian. Selain karena merupakan salah satu sumber daya yang vital, air juga merupakan penyebab utama masalah-masalah lingkungan yang dialami oleh penduduk, terutama yang tinggal di daerah perkotaan. Bahkan ketersediaan air, terutama air bersih, menjadi salah satu penentu kualitas hidup suatu masyarakat.

Saat ini dunia telah mengalami krisis air bersih. Jumlah air bersih di dunia hanya 1% yang dapat dikonsumsi. Dari 1% air bersih yang tersedia tersebut, tidak semuanya *dapat* dengan mudah diakses oleh

masyarakat. Data WHO 2015 menemukan bahwa 663 juta penduduk masih kesulitan dalam mengakses air bersih (Rochmi, 2016). Berkaitan dengan krisis air ini, diramalkan pada tahun 2025 nanti hampir dua pertiga penduduk dunia akan tinggal di daerah-daerah yang mengalami kekurangan air (Unesco, 2017). Ramalan itu dilansir *World Water Assesment Programme* (WWAP), bentukan *United Nation Educational, Scientific, and Cultural Organization* (Unesco). Terkait Indonesia, pada tahun 2012 Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) mencatat Indonesia menduduki peringkat terburuk dalam pelayanan ketersediaan air bersih dan layak konsumsi se-Asia Tenggara (Rochmi, 2016). Bahkan Direktur Pemukiman dan Perumahan Kementerian PPN (Bappenas) memperkirakan bahwa Indonesia juga akan mengalami krisis air. Hal ini karena melihat ketersediaan air bersih melalui jumlah sungai yang mengalirkan air bersih terbatas, sedangkan cadangan air tanah (*green water*) di Indonesia hanya tersisa di dua tempat yakni Papua dan Kalimantan. Indonesia juga diprediksi bahwa akan ada 321 juta penduduk yang kesulitan mendapatkan air bersih. Sebab permintaan air bersih naik sebesar 1,33 kali, berbanding terbalik dengan jumlah penduduk yang kekurangan air (Rochmi, 2016).

Di sisi lain, kabar baik datang dari laporan Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2016. BPS mencatat bahwa saat ini Indonesia telah mengalami peningkatan yang cukup signifikan terkait persentase rumah tangga dengan sumber air minum bersih yang layak, yaitu dari 41,39% pada tahun 2012 menjadi 72,55% pada tahun 2015 (Badan Pusat Statistik, 2016). Namun jika dibandingkan dengan tujuan *Sustainable Development Goals* (SDGs), capaian tersebut masih belum mencapai target. Per 2030 dalam milestone SDGs, setiap negara diharapkan telah mampu mewujudkan 100% akses air minum layak untuk penduduknya. Indonesia meletakkan target pencapaiannya lebih awal yaitu akhir tahun 2019 sebagaimana amanat Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) 2015-2016 (Portal Sanitasi Indonesia, 2015). Walaupun capaian belum 100%, ini merupakan capaian yang cukup baik mengingat permasalahan sanitasi dan air dikategorikan sebagai sektor yang sulit untuk mencapai target. Faktor ekonomi, faktor wilayah geografis, dan faktor ketersediaan

sumber air teridentifikasi sebagai faktor penyebab kesulitan akses air bersih tersebut (Rochmi, 2016).

Rendahnya ketersediaan air bersih memberikan dampak buruk pada semua sektor, termasuk kesehatan. Disebutkan bahwa tanpa akses air minum yang higienis mengakibatkan 3.800 anak meninggal tiap hari oleh penyakit. Penyakit kolera, kurap, kudis, diare/disentri, atau thypus adalah sebagian kecil dari penyakit yang mungkin timbul jika air kotor tetap dikonsumsi (Untung, 2008). Bahkan ditemukan bahwa sanitasi dan perilaku kebersihan yang buruk serta air minum yang tidak aman berkontribusi terhadap 88% kematian anak akibat diare di seluruh dunia (Unicef Indonesia, 2012). Di Indonesia, insiden penyakit diare dilaporkan mengalami peningkatan dari 301/1000 penduduk pada tahun 2000 naik menjadi 411/1000 penduduk pada tahun 2010. Bahkan Kejadian Luar Biasa (KLB) diare juga masih sering terjadi, dengan *case fatality rate* (CFR) yang masih tinggi (Depkes RI, 2011). Risiko kematian ini dapat dicegah melalui penurunan faktor lingkungan yang beresiko, yaitu dengan penyediaan air bersih, sanitasi, dan kebersihan (Chola, Michalow, Tugendhaft, & Hofman, 2015) seperti yang dicanangkan oleh UNICEF dan WHO. Tujuannya adalah untuk menghambat transmisi kuman patogen penyebab diare dari lingkungan ke tubuh manusia.

Berdasarkan uraian di atas, dapat disimpulkan arti pentingnya ketersediaan air bersih bagi kehidupan. Tulisan ini akan mengkaji tentang pentingnya ketersediaan air bersih untuk kesehatan, khususnya untuk kasus pencegahan diare pada anak. Jika suatu kota dapat mencapai 100% akses air bersih, tidak hanya keberhasilan dalam menciptakan lingkungan cerdas melalui infrastruktur perairan, namun juga keberhasilan dalam meningkatkan kualitas kehidupan melalui penurunan kejadian penyakit diare pada anak. Bahkan tercapainya akses air minum yang sehat juga menjadi salah satu indikator bahwa kota tersebut adalah kota layak anak (Widiyanto & Rijanta, 2012).

BAHAN DAN METODOLOGI

Tulisan ini merupakan hasil studi literatur yang mengkaji peran pentingnya ketersediaan air bersih bagi kesehatan untuk mendukung tercapainya *smart living* dalam *smart city*. Hasil studi literatur ini mencakup bahasan tentang kondisi pencemaran air di Indonesia, kondisi ketersediaan air bersih di Indonesia, peran air bersih sebagai upaya pencegahan diare pada anak, serta beberapa alternatif teknologi untuk mendukung ketersediaan air bersih di Indonesia. Sebagian besar data dan informasi yang digunakan dalam tulisan ini berasal dari sumber data sekunder berupa jurnal, data statistik, laporan organisasi terkait, laporan tahunan institusi, peraturan pemerintah, dan literatur pendukung lainnya.

PEMBAHASAN

Tulisan ini membahas tentang beberapa komponen yang berkaitan dengan pencemaran air, ketersediaan air bersih dalam mendukung *smart city*, air bersih sebagai upaya pencegahan diare pada anak, serta teknologi penyediaan air bersih.

Pencemaran Air

Kualitas air sungai di Indonesia sebagian besar berada pada status tercemar. Pencemaran air didefinisikan sebagai masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia, sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya (PP RI, 2001). Direktorat Jenderal Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan Lingkungan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) melaporkan bahwa di tahun 2015 hampir 68% mutu air sungai di 33 provinsi di Indonesia dalam status tercemar berat. Angka ini mengalami penurunan jika dibandingkan pencemaran di tahun 2014 yang mencapai 79%. Walaupun mengalami penurunan, namun persentasenya masih tergolong tinggi, terutama di sungai-sungai yang terletak di wilayah regional Sumatera (68%), Jawa (68%), Kalimantan (65%), dan Bali Nusa

Tenggara (64%). Sedangkan di wilayah regional Indonesia Timur seperti Sulawesi dan Papua relatif lebih kecil, yaitu 51% (Wendyartaka, 2016).

Terkait penentuan status air sungai tercemar atau tidak, terdapat tujuh parameter yang digunakan untuk menghitung indeks kualitas air yang dianggap mewakili kondisi riil kualitas air sungai. Tujuh parameter tersebut meliputi: 1) *Total Suspended Solid* (TSS) adalah residu dari padatan total yang tertahan oleh saringan dengan ukuran partikel maksimal 2,0 μm , yang konsentrasinya dapat digunakan untuk indikator tingkat sedimentasi. 2) *Dissolved Oxygen* (DO) untuk mengukur banyaknya oksigen yang terkandung dalam air, yang diindikasikan memiliki tingkat pencemaran tinggi jika air memiliki DO rendah. 3) *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) menunjukkan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk menguraikan senyawa organik pada kondisi aerobik. 4) *Chemical Oxygen Demand* (COD) digunakan untuk pengukuran jumlah senyawa organik dalam air yang setara dengan kebutuhan jumlah oksigen untuk mengoksidasi senyawa organik secara kimiawi. 5) *Total Phosfat* (T-P) menunjukkan keberadaan senyawa organik seperti protein, urea, dan hasil proses penguraian. 6) *Fecal Coli* menunjukkan keberadaan mikroorganisme yang umumnya terdapat pada limbah domestik dalam jumlah banyak seperti coliform, fecal coli, dan salmonella, dan 7) *Total Coli* sebagai indikator adanya pencemaran yang disebabkan oleh tinja manusia (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2015).

Banyak faktor yang menjadi penyebab pencemaran air, namun limbah domestik atau rumah tangga seperti kotoran manusia, limbah cucian piring dan baju, kotoran hewan, dan pupuk dari perkebunan dan peternakan teridentifikasi sebagai sumber utama pencemaran (Whitten, Soeriaatmadja, & Afiff, 1999; Wendyartaka, 2016). Limbah rumah tangga berupa feses dan urin berperan dalam meningkatkan kadar fecal coli atau bakteri *E. coli* dalam air yang merupakan sumber berbagai penyakit. Bahkan dilaporkan bahwa di kota-kota besar seperti Jakarta dan Yogyakarta, kandungan *E. coli* di sungai maupun air sumur penduduk melebihi ambang batas normal (Wendyartaka, 2016). Di sisi lain, pencemaran oleh limbah industri juga tidak dapat diabaikan. Pencemaran ini diperkirakan memberi kontribusi rata-rata

25-50%. Penelitian di Surabaya menemukan bahwa limbah domestik tidak berpengaruh signifikan dalam meningkatkan pencemaran sungai, namun kondisi air di hulu yang banyak dipengaruhi limbah industri justru sebagai faktor yang paling berkontribusi terhadap pencemaran air di sungai Surabaya (Nugroho, Masduqi, & Widjanarko Otok, 2014).

Kondisi pencemaran di sebagian besar sungai di perkotaan Indonesia perlu mendapat perhatian, mengingat banyaknya sungai di daerah perkotaan Indonesia yang dijadikan sebagai sumber air baku untuk keperluan air minum. Bahkan secara global ditemukan bahwa minimal 1,8 milyar penduduk minum air dari sumber yang terkontaminasi feses (WHO, 2016). Hal ini tentunya akan memberikan dampak negatif terhadap kesehatan masyarakat yang mengonsumsinya. Ada banyak penyakit yang disebabkan oleh pencemaran air, dengan resiko terbesar menjangkit mereka yang memiliki sistem imun lemah seperti bayi, anak, wanita hamil, dan lansia. Bahkan WHO (2015) menyebutkan bahwa dari 133 penyakit, diperhitungkan terdapat 101 yang mempunyai hubungan yang signifikan dengan lingkungan, diantaranya berkaitan dengan air yang tidak aman. Adapun beberapa penyakit yang paling sering berjangkit karena air yang terkontaminasi antara lain sebagai berikut (WHO, 2016).

1. Diare

Diare adalah salah satu penyakit paling umum akibat bakteri dan parasit yang berada di air tercemar. Diare mengakibatkan feses encer/cair yang menyebabkan penderitanya mengalami dehidrasi, bahkan kematian pada anak dan balita. Sejumlah 842 ribu penduduk diperkirakan meninggal setiap tahunnya karena diare akibat konsumsi air minum yang tidak aman (WHO, 2016).

2. Kolera

Penyebabnya adalah bakteri *Vibrio cholerae* yang masuk melalui air atau makanan yang terkontaminasi oleh feses orang yang mengidap penyakit ini. Anda juga *dapat* terjangkit kolera jika Anda mencuci bahan makanan dengan air yang terkontaminasi. Gejalanya

diantaranya adalah diare dengan warna putih keruh, muntah, kram perut, dan sakit kepala.

3. Dysentri

Dysentri disebabkan bakteri jenis dysentery bacillus yang masuk dalam mulut melalui air atau makanan yang tercemar (Said, 1999). Tanda dan gejala disentri termasuk demam, muntah, sakit perut, diare berdarah, dan berlendir parah.

4. Hepatitis A

Penyebabnya adalah virus hepatitis A yang menyerang hati. Biasanya menyebar melalui konsumsi air atau makanan yang terkontaminasi feses, atau melalui kontak langsung dengan feses dari pengidap. Gejalanya antara lain rasa mual, pusing disertai demam, rasa lemas di seluruh tubuh, dan gejala spesifiknya berupa pembengkakan liver dan timbul gejala sakit kuning.

5. Typhoid

Penyebabnya adalah jenis bacillus typhus yang masuk melalui mulut dan menjangkit pada struktur lymphata pada bagian bawah usus halus, kemudian masuk ke aliran darah dan terbawa ke organ-organ internal sehingga gejala muncul pada seluruh tubuh. Penularan dapat terjadi karena infeksi yang disebabkan oleh bakteri yang ada di dalam tinja penderita melalui air minum, makanan, atau kontak langsung.

6. Polio

Penyebabnya adalah poliovirus yang masuk melalui mulut dan menginfeksi seluruh struktur tubuh dan menjalar melalui simpul saraf lokal yang menyerang sistem saraf pusat dan menyebabkan kelumpuhan. Gejalanya berupa demam, meriang, sakit tenggorokan, pusing, dan terjadi kejang mulut. Polio menyebar melalui feses dari pengidap penyakit dan penularan dapat melalui air minum atau makanan yang terkontaminasi.

Ketersediaan Air Bersih Dalam Mendukung *Smart City*

Air bersih merupakan salah satu kebutuhan vital di masyarakat. Air dibutuhkan dalam berbagai kepentingan mulai dari irigasi, pertanian, kehutanan, industri, pariwisata, air minum, dan masih banyak lagi kegiatan yang dapat memanfaatkan air. Permasalahan yang terjadi adalah kualitas air permukaan yang semakin menurun akibat limbah, baik limbah domestik maupun industri. Hal ini berdampak pada terbatasnya ketersediaan air bersih, yang bahkan *dapat* dikatakan saat ini dunia berada pada kondisi krisis air bersih. Dengan demikian, tersedianya air bersih di setiap wilayah menjadi suatu hal yang sangat penting sehingga kebutuhan masyarakat terhadap air bersih dapat terpenuhi.

Jika dilihat dari segi infrastruktur suatu wilayah itu sendiri, ketersediaan air bersih juga merupakan salah satu komponen yang layak menjadi fokus perhatian. Terutama di daerah perkotaan dengan jumlah penduduk yang padat. Ketercapaian suatu kota terhadap 100% akses air bersih dapat mengindikasikan keberhasilan kota tersebut dalam menangani permasalahan lingkungan. Sementara itu, menangani permasalahan lingkungan merupakan salah satu dimensi penting untuk mewujudkan *smart city*. *Smart city* dalam kajian *Assessing Smart city Initiatives for The Mediteranean Region (ASCIMER)* diartikan sebagai sebuah konsep daerah yang menghubungkan kepentingan manusia, kehidupan sosial dan infrastruktur terintegrasi menjadi kesatuan. Tujuannya adalah untuk mengatasi permasalahan-permasalahan publik agar mencapai pembangunan berkelanjutan dan dapat meningkatkan kualitas hiduparganya (Okezone Finance, 2016).

Persyaratan Air Bersih

Kualitas air secara umum menunjukkan mutu atau kondisi air yang dikaitkan dengan suatu keperluan tertentu. Air bersih, air minum, air kolam renang, ataupun air pemandian umum memiliki indikator kualitas yang berbeda-beda, namun tulisan ini difokuskan pada pembahasan air bersih. Air bersih adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari yang kualitasnya memenuhi syarat kesehatan dan dapat diminum apabila telah dimasak. Berdasarkan Peraturan

Menteri Kesehatan Nomor 416/MEN.KES/PER/IX/1990 disebutkan bahwa air bersih harus memenuhi persyaratan yang dikelompokkan secara fisika, kimia, mikrobiologis, dan radiologis seperti berikut ini.

Tabel 1. Persyaratan Kualitas Air Bersih

| No | Parameter | Satuan | Kadar Maksimum | Keterangan |
|--------|------------------------------------|-----------|--------------------|--------------|
| 1. | Persyaratan Fisika | | | |
| | a. Bau | - | - | Tidak Berbau |
| | b. Jumlah zat padat terlarut (TDS) | Mg/L | 1000 | - |
| | c. Kekeruhan | Skala NTU | 5 | - |
| | d. Rasa | - | - | Tidak Berasa |
| | e. Suhu | 0°C | Suhu udara ±3°C | - |
| | f. Warna | Skala TCU | 15 | - |
| 2. | Persyaratan Kimia | | | |
| | a. Kimia Anorganik | | | |
| | Air raksa | mg/L | 0,001 | |
| | Arsan | mg/L | 0,05 | |
| | Besi | mg/L | 1,0 | |
| | Flourida | mg/L | 1,5 | |
| | Kadmium | mg/L | 0,005 | |
| | Kesadanan (CaCO3) | mg/L | 500 | |
| | Klorida | mg/L | 600 | |
| | Kronium, valensi 6 | mg/L | 0,05 | |
| | Mangan | mg/L | 0,5 | |
| | Nitrat, sebagai N | mg/L | 10 | |
| | Nitrit, sebagai N | mg/L | 1,0 | |
| | pH | mg/L | 0,05 | |
| | Salenium | mg/L | 0,01 | |
| | Seng | mg/L | 15 | |
| | Sianida | mg/L | 0,1 | |
| Sulfat | mg/L | 400 | | |
| Timbal | mg/L | 0,05 | | |

| No | Parameter | Satuan | Kadar Maksimum | Keterangan |
|----|---|-------------------|----------------|----------------|
| | b. Kimia Organik | | | |
| | Aldrin dan dieldrin | mg/L | 0,0007 | |
| | Benzene | mg/L | 0,01 | |
| | Benzo (a) pyrene | mg/L | 0,00001 | |
| | Chloroform (total isomer) | mg/L | 0,007 | |
| | Chloroform | mg/L | 0,03 | |
| | 2,4-D | mg/L | 0,10 | |
| | DDT | mg/L | 0,03 | |
| | Detergen | mg/L | 0,5 | |
| | 1,2-Dichloroethene | mg/L | 0,01 | |
| | 1,1- Dichloroethene | mg/L | 0,0003 | |
| | Heptachlor dan heptaclor epoxide | mg/L | 0,003 | |
| | Hexachlorobenzena | mg/L | 0,00001 | |
| | Gamma-HCH (Lindane) | mg/L | 0,004 | |
| | Methoxychlor | mg/L | 0,10 | |
| | Pentachloropenol | mg/L | 0,01 | |
| | Pestisida total | mg/L | 0,10 | |
| | 2,4,6-trichlorophenol | mg/L | 0,01 | |
| | Zat organik (KmnO4) | mg/L | 10 | |
| 3. | Persyaratan Mikrobiologis | | | |
| | a. Total Koliform (MPN) | Jumlah per 100 ml | 0 | Bukan air pipa |
| | b. Koliform tinja belum diperiksa | Jumlah per 100 ml | 0 | Bukan air pipa |
| 4. | Persyaratan Radiologis | | | |
| | a. Aktivitas Alpha (Gross Alpha activity) | Bq/L | 0,1 | |
| | b. Aktivitas Beta (Gross Beta activity) | Bq/L | 1,0 | |

Sumber: Kemenkes RI. (1990)

Berdasarkan Tabel 1 di atas jelas menunjukkan adanya batas kadar maksimum suatu zat dalam air sehingga air aman untuk

dikonsumsi. Apabila air dengan kandungan bahan kimia yang berlebih tetap dikonsumsi akan menimbulkan gejala keracunan yang akan nampak setelah bertahun-tahun mengonsumsinya.

Air Bersih di Indonesia

Dalam kondisi alami, sebagian besar air hujan meresap ke dalam tanah sehingga hanya sebagian kecil yang mengalir langsung ke dalam sungai. Semakin banyaknya pendirian bangunan, berdampak pada berkurangnya jumlah air yang mengalir melalui bawah tanah. Kondisi ini diperburuk oleh pengambilan air melalui sumur-sumur yang lebih dalam karena persaingan untuk mendapatkan sumber air (Whitten, Soeriaatmadja, & Afiff, 1999). Banyak faktor yang mempengaruhi ketersediaan daya air. Penyebab permasalahannya adalah terkait penyimpanan dan distribusinya ke daerah-daerah kota atau pinggiran kota. Menurut UNESCO (1978) *dalam* Engineer Weekly (2016), volume total air dunia sebesar $\pm 1,8$ milyar kilometer kubik, dan sekitar 11 juta meter kubik air tawar berada di permukaan dan dalam tanah. Diketahui pula bahwa jumlah air tawar kira-kira hanya 2,6% air di bumi dan hampir semuanya tertahan sebagai salju, glasier, dan air tanah. Hanya 0,007% berada di danau, 0,005% di dalam tanah yang lembab, dan 0,0001% di dalam sungai (Whitten, Soeriaatmadja, & Afiff, 1999). Pada tahun 2000, data dari Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) melaporkan bahwa ketersediaan air permukaan hanya cukup untuk memenuhi sekitar 23% kebutuhan penduduk.

Terkait air bersih, saat ini dilaporkan bahwa jumlah air bersih di dunia hanya 1% yang dapat dikonsumsi dan tidak semuanya *dapat* diakses dengan mudah oleh masyarakat. Organisasi kesehatan dunia menemukan bahwa di tahun 2015, terdapat 663 juta penduduk masih kesulitan dalam mengakses air bersih (Rochmi, 2016). Bahkan diramalkan pada tahun 2025 nanti hampir dua pertiga penduduk dunia akan tinggal di daerah-daerah yang mengalami kekurangan air (Unesco, 2017). Kondisi inilah mengapa disebut bahwa dunia saat ini mengalami krisis air bersih, termasuk Indonesia. Bahkan kondisi defisit air bersih sudah dilaporkan di Jawa dan Bali sejak tahun 1995 (Whitten, Soeriaatmadja, & Afiff, 1999). Status krisis air bersih ini didasarkan pada kajian bahwa jumlah sungai yang mengalirkan air

bersih di Indonesia terbatas, sedangkan cadangan air tanah (*green water*) di Indonesia hanya tersisa di dua tempat yakni Papua dan Kalimantan. Selain itu, Indonesia juga dikategorikan memiliki pelayanan ketersediaan air bersih dan layak konsumsi yang buruk di Asia-Tenggara, bahkan diprediksikan akan ada 321 juta penduduk yang kesulitan mendapatkan air bersih karena adanya peningkatan permintaan air bersih sebesar 1,33 kali yang berbanding terbalik dengan jumlah penduduk yang kekurangan air (Rochmi, 2016). *Environmental performance index* juga menunjukkan bahwa di tahun 2016, Indonesia menduduki peringkat ke-128 terkait sumber air dan peringkat ke 104 terkait air bersih dan sanitasi se Asia Tenggara (Engineer Weekly, 2016). Secara lebih spesifik, capaian rumah tangga dengan sumber air bersih yang layak berdasarkan provinsi disajikan pada Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Persentase Rumah Tangga dengan Sumber Air Bersih yang Layak menurut Provinsi Tahun 2012-2015

| Provinsi | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Aceh | 26,65 | 27,80 | 26,02 | 64,19 |
| Sumatera Utara | 40,06 | 39,52 | 36,54 | 73,39 |
| Sumatera Barat | 34,63 | 31,88 | 29,30 | 71,12 |
| Riau | 36,27 | 37,43 | 33,96 | 82,24 |
| Jambi | 45,16 | 42,00 | 41,90 | 67,27 |
| Sumatera Selatan | 43,89 | 46,17 | 45,43 | 69,80 |
| Bengkulu | 26,76 | 25,48 | 24,03 | 43,85 |
| Lampung | 36,41 | 40,28 | 35,36 | 57,79 |
| Kepulauan Bangka Belitung | 28,25 | 24,15 | 22,18 | 80,52 |
| Kepulauan Riau | 18,32 | 15,71 | 15,38 | 88,34 |
| DKI Jakarta | 23,18 | 22,48 | 21,00 | 93,68 |
| Jawa Barat | 31,43 | 30,71 | 29,40 | 68,38 |
| Jawa Tengah | 54,92 | 53,51 | 53,25 | 73,91 |
| DI Yogyakarta | 58,23 | 60,01 | 55,30 | 81,10 |
| Jawa Timur | 52,28 | 53,58 | 50,97 | 75,89 |
| Banten | 21,63 | 20,20 | 18,14 | 69,66 |

| Provinsi | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|
| Bali | 52,54 | 50,60 | 48,66 | 91,09 |
| Nusa Tenggara Barat | 44,01 | 45,68 | 47,86 | 70,66 |
| Nusa Tenggara Timur | 50,44 | 48,33 | 47,26 | 62,39 |
| Kalimantan Barat | 50,37 | 52,87 | 49,46 | 72,91 |
| Kalimantan Tengah | 33,81 | 33,22 | 30,76 | 64,58 |
| Kalimantan Selatan | 46,39 | 46,38 | 44,49 | 68,63 |
| Kalimantan Timur | 31,81 | 32,02 | 29,08 | 89,52 |
| Kalimantan Utara | - | - | - | 89,17 |
| Sulawesi Utara | 39,95 | 31,93 | 30,73 | 75,05 |
| Sulawesi Tengah | 42,47 | 40,03 | 38,15 | 62,61 |
| Sulawesi Selatan | 44,40 | 43,62 | 41,70 | 73,12 |
| Sulawesi Tenggara | 50,44 | 52,13 | 49,34 | 78,17 |
| Gorontalo | 37,58 | 36,70 | 35,48 | 67,49 |
| Sulawesi Barat | 33,60 | 31,85 | 29,97 | 54,68 |
| Maluku | 48,67 | 44,76 | 45,56 | 64,55 |
| Maluku Utara | 47,11 | 42,63 | 40,89 | 59,89 |
| Papua Barat | 38,13 | 39,08 | 36,93 | 72,95 |
| Papua | 25,40 | 29,52 | 29,49 | 52,72 |
| Indonesia | 41,39 | 41,09 | 39,31 | 72,55 |

Sumber: Badan Pusat Statistik (2016)

Berdasarkan laporan dari Badan Pusat Statistik tersebut, dapat diketahui bahwa persentase rumah tangga dengan sumber air bersih di Indonesia pada tahun 2015 yaitu $\pm 73\%$ dengan capaian tertinggi di daerah Jakarta (93,7%) dan Bali (91,1%), sedangkan capaian terendah di daerah Bengkulu (43,9%) dan Papua (52,7%). Capaian air bersih di tahun 2015 ini mengalami peningkatan jika dibandingkan tahun 2012 (41%). Semenjak adanya Millenium Development Goals pada tahun 2000, akses air minum yang sehat menjadi salah satu tujuannya. Berbagai upaya dilakukan untuk mencapai target yang diharapkan. Capaian ini menjadi salah satu bukti keberhasilan dari berbagai strategi yang dilakukan pemerintah Indonesia selama ini, baik dalam penyediaan air bersih maupun pemberdayaan masyarakat melalui perubahan perilaku higienis (Badan Pusat Statistik, 2015). Namun jika dibandingkan dengan capaian di beberapa negara tetangga, capaian

akses air bersih di Indonesia ini masih tergolong rendah. Menurut the Economist World Figures in Pocket 2016, negara yang sudah sukses dengan akses air bersih yaitu Singapura (100%), Korea (100%), Malaysia (99,6%), Brazil (97,5%), Thailand (95,8%), Vietnam (95%), India (92,6%), China (91,9%), dan Philipina (91,8%) (Engineer Weekly, 2016). Untuk itu, masih dibutuhkan upaya keras dari semua pihak terutama dinas-dinas terkait untuk meningkatkan persentase akses terhadap air bersih dari 73% menuju 100% yang dapat menjangkau penduduk di tahun 2019 sesuai dengan RPJMN 2015-2016.

Air Bersih sebagai Upaya Pencegahan Diare pada Anak

Ketersediaan air bersih mempunyai peran besar dalam penurunan kejadian diare terutama pada anak, bahkan juga disebutkan ketersediaan air bersih ini memberikan kontribusi pada penurunan angka kematian pada anak akibat diare. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan akses air bersih tidak hanya berperan dalam menciptakan *smart environment*, namun juga berperan dalam pencapaian *smart living* yaitu mampu menunjang kesehatan masyarakat. *Smart environment* dan *smart living* merupakan dua dari enam komponen penting untuk mewujudkan *smart city*.

Penyakit diare masih menjadi permasalahan kesehatan masyarakat di negara berkembang, karena morbiditas dan mortalitasnya yang masih tinggi. Penyakit diare disebutkan sebagai penyebab utama kedua dari kematian anak di bawah usia 5 tahun. Secara global, hampir 1.7 milyar kasus diare pada anak terjadi setiap tahunnya (WHO, 2017). WHO juga melaporkan bahwa setiap tahunnya diare membunuh sekitar 525.000 anak di bawah lima tahun. Laporan tersebut juga didukung laporan Unicef yang menyatakan bahwa 1.400 anak di bawah lima tahun meninggal setiap harinya karena penyakit diare terkait dengan kurangnya air bersih dan sanitasi serta kebersihan yang memadai (Engineer Weekly, 2016). Di Indonesia sendiri, laporan insiden diare cenderung naik. Pada tahun 2010, *incidence rate* (IR) penyakit Diare dilaporkan 411/1000 penduduk, naik jika dibandingkan IR tahun 2000 yaitu 301/1000 penduduk (Depkes RI, 2011). Hasil Survei Morbiditas Diare tahun 2012 menyebutkan bahwa angka kesakitan nasional diare sebesar 214/1000 penduduk

(Kemenkes RI, 2015). Kejadian Luar Biasa (KLB) diare juga masih sering terjadi, dengan *case fatality rate* (CFR) yang masih tinggi. Pada tahun 2015 terjadi 18 kali KLB Diare yang tersebar di 11 provinsi, 18 kabupaten/kota, dengan jumlah penderita 1.213 orang dan kematian 30 orang (CFR 2,47%) (Kemenkes RI, 2015). CFR pada KLB tahun 2015 tersebut juga cenderung meningkat dibandingkan CFR tahun 2010 yaitu 1,74 % (Depkes RI, 2011).

Menurut World Health Organization (WHO), diare didefinisikan sebagai suatu penyakit yang ditandai dengan perubahan bentuk dan konsistensi tinja yang lembek sampai mencair dan bertambahnya frekuensi buang air besar yang lebih dari biasa, yaitu tiga kali atau lebih dalam sehari. Diare biasanya merupakan bagian dari gejala infeksi saluran intestinal, yang dapat disebabkan oleh berbagai jenis bakteri, virus, atau organisme parasit. Infeksi ini disebarkan melalui kontaminasi makanan ataupun minuman, atau dari orang ke orang (WHO, 2017). Riset kesehatan dasar yang dilakukan oleh Dinas Kesehatan RI menunjukkan bahwa angka diare pada anak-anak dari rumah tangga yang menggunakan sumur terbuka untuk air minum tercatat 34% lebih tinggi dibandingkan dengan anak-anak dari rumah tangga yang menggunakan air ledeng. Selain itu, angka diare lebih tinggi sebesar 66% pada anak-anak dari keluarga yang melakukan buang air besar di sungai atau selokan dibandingkan mereka pada rumah tangga dengan fasilitas toilet pribadi dan septik tank (Depkes RI, 2011).

Manajemen sanitasi dan air yang tidak adekuat di perkotaan serta adanya limbah industri dan pertanian menjadikan air minum dari jutaan penduduk terkontaminasi. WHO (2015) memperkirakan bahwa dari semua kasus diare dapat disebabkan karena air minum yang tidak adekuat (34%), sanitasi (19%), dan hygiene (20%) (Permatasari & Sinuraya, 2016). Oleh karena itu disebutkan bahwa area intervensi yang secara signifikan dapat mencegah kejadian diare adalah melalui ketersediaan air yang layak, serta sanitasi dan higiene yang memadai (WHO, 2016; Pruss-Ustun, dkk., 2016). WHO juga menambahkan bahwa kematian dari 361.000 anak di bawah usia lima tahun setiap tahunnya dapat dihindari jika keberadaan faktor risikonya dapat (WHO, 2016). Sehingga melalui suplai air bersih yang sehat,

penurunan angka penderita penyakit khususnya penyakit yang berhubungan dengan air termasuk diare, diharapkan dapat tercapai.

Banyak penelitian yang sudah membuktikan korelasi antara lingkungan terutama terkait ketersediaan air bersih terhadap kejadian diare. Penelitian Chandra, Hadi, dan Yulianty (2013) menemukan bahwa penggunaan sarana air bersih yang tidak memenuhi syarat sanitasi akan meningkatkan risiko terjadinya diare berdarah pada anak balita sebesar 2,47 kali dibandingkan dengan keluarga yang menggunakan sarana air bersih yang memenuhi syarat sanitasi. Hasil yang sama juga ditemukan pada penelitian Siregar, Chahaya, & Naria (2016) bahwa ada hubungan yang signifikan antara sarana air bersih yang tidak memenuhi syarat, jamban keluarga yang tidak memenuhi syarat, pembuangan air limbah yang tidak memenuhi syarat, dan pembuangan sampah yang tidak memenuhi syarat dengan kejadian diare pada anak. Terkait efektifitas air bersih terhadap penurunan kejadian diare, penelitian Freeman *et al.* (2014) dan Wolf *et al.* (2014) menemukan bahwa intervensi berupa peningkatan kualitas air minum mampu menurunkan risiko kejadian diare secara efektif sebesar 45%. Penelitian-penelitian tersebut cukup memberikan dasar kuat bahwa ketersediaan air bersih merupakan infrastruktur yang layak menjadi perhatian utama, tidak hanya memberikan kenyamanan lingkungan dalam bentuk *smart environment*, namun juga mampu memberikan kontribusi terhadap kualitas hidup masyarakat yang lebih baik melalui kesehatan (*smart living*).

Teknologi Penyediaan Air Bersih

Konsep *smart city* dirancang untuk membantu berbagai hal kegiatan masyarakat terutama dalam upaya mengelola sumber daya yang ada dengan efisien, termasuk pengelolaan ketersediaan air bersih. Selain sebagai upaya pencapaian *smart environment*, ketersediaan air bersih juga terbukti efektif dalam mengurangi beban penyakit karena faktor lingkungan, khususnya kejadian diare pada anak. Mengingat kondisinya yang sudah mencapai krisis, pengembangan ketersediaan air bersih perlu dilakukan secara berkelanjutan agar dapat dialirkan kepada seluruh lapisan masyarakat dan mendistribusikannya secara merata. Selain itu yang perlu

ditargetkan terutama akses pada orang miskin, seperti diketahui bahwa sebagian besar yang tidak memiliki akses terhadap air yang aman adalah penduduk miskin (Engineer Weekly, 2016).

Pasokan air selalu menjadi kendala utama penyediaan air bersih di Indonesia. Sebagian besar PDAM mengandalkan air baku dari air sungai untuk memasok air ke rumah tangga dan industri. Padahal kualitas air sungai telah mengalami penurunan dari tahun ke tahun akibat kerusakan lingkungan dan perubahan iklim. Terlebih lagi kondisi perkotaan dengan kepadatan penduduk yang berlebihan, kurangnya ruang, dan dekatnya jarak sumber air menjadikannya tidak cukup hanya dengan penerapan teknologi sederhana. Di sisi lain, penggunaan air tanah harus dihindari untuk tetap menjaga keseimbangan air darat dengan air laut. Untuk itu dibutuhkan inovasi teknologi modern dengan menggunakan air permukaan (air sungai, air limbah, atau air laut) yang dapat memberikan solusi produksi air bersih dalam jangka panjang yang dapat diterapkan di perkotaan. Berikut beberapa teknologi modern yang diharapkan dapat menjadi solusi kelangkaan air bersih saat ini.

1. *Grey water bio Rotasi*

Grey water adalah air limbah yang berasal dari aktivitas domestik masyarakat (KM-ITB, 2014). Instalasi pengolahan air limbah *grey water bio* rotasi ini terdiri dari sistem bio filter dan taman sanitasi dengan resirkulasi yang dapat mengolah air limbah rumah tangga untuk digunakan kembali menjadi air bersih (Engineer Weekly, 2016). Teknologi ini menjadi salah satu teknologi tepat guna untuk penyediaan air bersih mengingat 60-85% dari penggunaan air bersih, 75%-nya menjadi *grey water* (KM-ITB, 2014). Penelitian Luvita, Sugiarto, dan Wijonarko (2015) melakukan pengolahan *grey water* melalui reaksi kimia dengan menggunakan teknologi oksidasi dan filtrasi di daerah Jakarta Timur. Setelah diproses dengan menggunakan teknologi oksidasi, maka *grey water* yang dihasilkan mengalami penurunan kandungan organik, ammonia, padatan terlarut, dan BOD sehingga sesuai dengan standar baku mutu air bersih. Di Indonesia, teknologi ini sudah diterapkan di beberapa

perusahaan untuk memenuhi kebutuhan internal perusahaan (PAM Jaya, 2015).

2. Teknologi Desalinasi Air laut

Teknologi ini mengubah air laut menjadi air bersih yang siap digunakan untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari. Tahapan desalinasi air laut meliputi pengambilan air laut, pengolahan awal, proses pemisahan garam, dan pengolahan akhir. Pengolahan awal dilakukan untuk membersihkan air laut dari bahan pengotor seperti molekul makro dan mikro (Wrzesniewski & Harrison, 2017). Kemudian dilakukan proses penyisihan garam, *dapat* berbasis panas (*Multistage flash distillation system*), dan berbasis membran (*Reverse osmosis system*). Penambahan mineral dilakukan pada tahap pengolahan akhir agar dihasilkan produk air bersih dengan kualitas air minum (Engineer Weekly, 2016; Wrzesniewski & Harrison, 2017). Negara yang telah lama menggunakan teknologi ini adalah Arab Saudi, Bahrain, dan Kuwait. Teknologi ini sangat mungkin diterapkan di Indonesia mengingat Indonesia memiliki sumber daya air laut yang luas. Kendala utamanya adalah Indonesia belum memiliki aturan mengenai pengelolaan air laut sebagai air baku (PAM Jaya, 2015).

3. Metode *Reverse Osmosis* (RO)

Pengolahan air dengan metode *reverse osmosis* adalah suatu sistem pengolahan air dari air yang mempunyai konsentrasi tinggi melalui membran semipermeabel menjadi air yang mempunyai konsentrasi rendah dikarenakan adanya tekanan osmosis. Metode ini merupakan metode penyaringan yang dapat menyaring berbagai molekul besar dan ion-ion dari suatu larutan dengan cara memberi tekanan pada larutan ketika larutan itu berada di salah satu sisi membran seleksi (lapisan penyaring). Proses tersebut menjadikan zat terlarut terendap di lapisan yang dialiri tekanan sehingga zat pelarut murni *dapat* mengalir ke lapisan berikutnya. Pengolahan air dengan menggunakan teknologi ini banyak diaplikasikan pada pengolahan air asin menjadi air bersih (desalinasi), pemurnian air kotor menjadi air bersih, ataupun pemurnian air limbah menjadi air bersih (Engineer Weekly, 2016).

Teknologi RO ini merupakan teknologi yang lebih baru dibandingkan desalinasi air laut. Desalinasi yang menggunakan sistem RO lebih kompleks jika dibandingkan sistem RO untuk memurnikan air tawar. Dalam proses desalinasi, setelah tahap pre-treatment maka air laut disalurkan ke membran RO yang bertekanan 55 dan 85 bar. Air yang ke luar berupa air tawar dan air berkadar garam tinggi (*brine water*), untuk selanjutnya air tawar dialirkan ke tahapan *post treatment* untuk diolah sesuai standar yang diinginkan. Desalinasi dengan teknologi RO ini dianggap yang paling rendah konsumsi daya listriknya diantara sistem desalinasi lainnya (TSM, 2012). Amerika, Jepang, Israel, Singapura, dan Sanyol merupakan negara-negara yang telah memanfaatkan teknologi ini untuk memproduksi air bersih (Engineer Weekly, 2016).

Selain dengan kecanggihan teknologi, upaya preventif juga harus terus digalakkan agar permasalahan air ini tidak berkelanjutan. Mengingat banyaknya sungai di area perkotaan Indonesia yang dijadikan sumber air minum, maka kualitas air sungai perlu dikelola dengan baik. Upaya ini dapat ditempuh dengan cara peningkatan sosialisasi agar masyarakat dan industri tidak membuang limbah cair maupun sampah ke air permukaan sehingga tidak memperburuk kondisi pencemaran air. Peningkatan sosialisasi ini dimaksudkan agar dapat meningkatkan kepedulian masyarakat dalam memperbaiki sektor air dan lingkungan khususnya di perkotaan besar di Indonesia, terlebih jika dapat menyasar komunitas ahli. Sebuah penelitian menemukan bahwa kepedulian komunitas ahli seperti ahli ekonomi, ahli lingkungan, engineer sungai, dan ahli perencanaan wilayah kota terhadap kualitas air sungai lebih tinggi dibandingkan aspek lainnya (Komariah & Matsumoto, 2016; Mahyudin, Soemarno, & Prayogo, 2015). Penggunaan air secara efisien juga menjadi faktor penting lain untuk mengatasi permasalahan air ini (Parikesit, 2017). Selain itu hal penting lain yang tidak dapat diabaikan dalam peningkatan kualitas air adalah adanya kebijakan pengendalian pencemaran dari penegak hukum yang disertai pembinaan dan pengawasan terhadap air sungai (Mahyudin, Soemarno, & Prayogo, 2015; Rosiana, Handayani, & Qomariah, 2016).

PENUTUP

Air bersih merupakan salah satu kebutuhan vital di masyarakat. Namun saat ini dapat dikatakan bahwa krisis air bersih menjadi permasalahan di banyak negara berkembang, termasuk di Indonesia. Terlebih lagi yang terjadi di perkotaan dengan kepadatan penduduk yang tinggi dan memiliki jarak sumber air yang tidak memadai. Rendahnya ketersediaan air bersih ini memberikan dampak buruk pada semua sektor, terutama bagi kesehatan. Penyakit diare diketahui sebagai penyakit yang mempunyai hubungan signifikan dengan lingkungan, dan menjadi penyebab utama kedua dari kematian anak di bawah usia 5 tahun yang masih menjadi permasalahan global. Beberapa penelitian menunjukkan efektifitas peningkatan kualitas air terhadap penurunan kejadian diare. Hal ini menunjukkan bahwa ketersediaan air bersih tidak hanya berperan dalam pencapaian *smart environment* namun juga berperan dalam pencapaian *smart living* melalui peningkatan kualitas kesehatan.

Smart environment dan *smart living* merupakan dua dari enam dimensi pokok dalam pencapaian *smart city*. Konsep *smart city* dirancang untuk membantu berbagai hal kegiatan masyarakat terutama dalam upaya mengelola sumber daya yang ada secara efisien, termasuk dalam penyediaan air bersih. Di tengah permasalahan pencemaran air sungai yang kompleks dan dihindarnya eksploitasi air tanah secara terus menerus, maka dibutuhkan inovasi teknologi yang mampu memenuhi kebutuhan air bersih di masyarakat dalam jangka panjang. *Grey water bio* rotasi, desalinasi air laut, ataupun sistem *reverse osmosis* merupakan beberapa teknologi modern yang diharapkan mampu memberikan solusi dalam permasalahan air bersih ini. Selain itu, upaya pengembangan teknologi tersebut juga harus diimbangi dengan peningkatan kesadaran masyarakat agar dapat memanfaatkan air bersih secara efisien. Kerjasama antara berbagai sektor yang didukung adanya kebijakan lingkungan juga menjadi kunci sukses penyelesaian masalah ini. Sehingga diharapkan di akhir tahun 2019 setiap orang di Indonesia memiliki akses air bersih, termasuk pada orang miskin.

DAFTAR PUSTAKA

- Antariksa, S. (2017). 'Smart city, menuju Kota kita yang dinamis dan smart'- Kota yang menjadi Impian Masyarakat. Diakses tanggal 3 Mei 2017, dari https://www.academia.edu/26144112/_Smart_City_Menuju_Kota_Kita_Yang_Dnamis_dan_Smart_Kota_Yang_Menjadi_Impian_Masyarakat.
- Badan Pusat Statistik (2015). *Mewujudkan aksesibilitas air minum dan sanitasi yang aman dan berkelanjutan bagi semua*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Badan Pusat Statistik (2016). *Perkembangan beberapa indikator utama sosial-ekonomi Indonesia*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Chandra Y, Hadi MC, dan Yulianty AE. (2013). Hubungan antara keadaan sanitasi sarana air bersih dengan kejadian diare pada balita di desa Denbantas Tabanan tahun 2013. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 4(1):112-117.
- Chola L, Michalow J, Tugendhaft A, and Hofman K. (2015). Reducing diarrhoea deaths in South Africa: costs and effects of scaling up essential interventions to prevent and treat diarrhoea in under-five children. *BMC Public Health*, 15(394):1-10.
- Depkes RI. (2011). *Situasi diare di Indonesia*. Jakarta: Departemen Kesehatan Indonesia.
- Engineer Weekly. (2016). Mengelola air bersih. Diakses tanggal 3 Mei 2017, dari <http://pii.or.id>.
- Freeman, MC, Stocks, ME, Cumming O, Jeandron A, Higgins JP, Wolf J, Pruss-Ustun A, Bonjour, S, Hunter PR, Fewtrell L, Curtis V. (2014). Hygiene and health: systematic review of handwashing practises worldwide and update of health effects. *Trop Med Int Health*, 19 (8): 906-916.

- Kemenkes RI. (1990). *Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 416/MEN.KES/PER/IX/1990 Tentang Syarat-Syarat dan Pengawasan Kualitas Air*. Jakarta: Kementerian Kesehatan RI.
- Kemenkes RI. (2015). *Profil kesehatan Indonesia tahun 2015*. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2015). *Statistik Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Tahun 2014*. Jakarta: Pusat Data dan Informasi Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- KM-ITB. (2014). Apa itu GreyWater?. Diakses tanggal 17 April 2017, dari <https://km.itb.ac.id/apa-itu-grey-water/>.
- Komariah, I. & Matsumoto, T. (2016). Investigation on the Expert Communities Awareness of the Urban River Water Quality, Case Study of Sugutamu River, Indonesia. *Journal Sampurasun: Interdisciplinary Studies for Cultural Heritage*, 2 (1), p.115.
- Luvita, V., Sugiarto, A.T., & Wijonarko, S. (2015). Pengolahan grey water menjadi air bersih menggunakan ozonasi dan filtrasi carbon aktif. *Publikasi ilmiah PPI-KIM*, LIPI-14059: 235-242.
- Mahyudin, Soemarno, & Prayogo. (2015). Analisis Kualitas Air Dan Strategi Pengendalian Pencemaran Air Sungai Metro di Kota Kepanjen Kabupaten Malang. *J-PAL*, 6 (2): 105-114.
- Nugroho, AR., Masduqi, A., & Widjanarko Otok, B. (2014). Aplikasi Partial Least Square Structural Equation Modelling untuk Menilai Faktor Pencemar Air Kali Surabaya. *Jurnal Purifikasi*, 14 (2): 136-148.
- Okezone Finance. (2016). Mengenal Konsep Wilayah *Smart city*. Diakses tanggal 28 April 2017, dari

<http://economy.okezone.com/read/2016/03/22/470/1342503/mengenal-konsep-wilayah-smart-city>.

PAM Jaya. (2015). BUMN usulkan solusi penanganan krisis air bersih. Diakses tanggal 27 September 2017, dari <http://www.pamjaya.co.id/detail//328/this-bumn-proposed-clean-water-crisis-solution>.

Parikesit, Husodo T., Okubo S., Herwanto T., Badri, I., Gunawan, R., Megantara, E.N., Muhammad, D., Takeuchi, K. (2017). Urban-rural interrelations in water resource management: Problems and factors affecting the sustainability of the drinking water supply in the city of Bandung, Indonesia. Sustainable Landscape Planning in Selected Urban Regions. DOI 10.1007/978-4-431-56445-4_15.

Permatasari, AC & Sinuraya, RK. (2016). Perbaikan Sanitasi, Higienitas, dan Ketersediaan Air Bersih dalam Pencegahan Diare. *Farmaka*, 4 (4): 1-16.

PP RI. (2001). Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Diakses tanggal 31 Juli 2017, dari <http://pelayanan.jakarta.go.id/download/regulasi/peraturan-pemerintah-nomor-82-tahun-2001-tentang-pengelolaan-kualitas-air-dan-pengendalian-pencemaran-air.pdf>.

Portal Sanitasi Indonesia. (2015). Sanitasi dan Sustainable Development Goals (SDGs). Diakses tanggal 26 September 2017, dari <http://www.sanitasi.or.id/?p=709>.

Pruss-ustun, A., dkk. (2016). *Preventing diseases through healthy environments. A global assessment of the burden of disease from environmental risks*. Switzerland: World Health Organization.

Rosiana M., R., Handayani, FS., & Qomariah, S. (2016). Strategi Pengendalian Pencemaran Air Sungai Pepe. *E-Jurnal Matriks Teknik Sipil*: 562-569.

Rochmi, MN. (2016). Akses air bersih masih jauh dari target. Diakses dari <https://beritagar.id/artikel/editorial/hapuskan-perda-penyebab-ekonomi-biaya-tinggi>.

Said, N.I. (1999). Kesehatan Masyarakat dan Teknologi Pengolahan Air. Diakses 29 Maret 2017, dari <http://www.kelair.bppt.go.id/Publikasi/BukuKesmas/BAB1.pdf>.

Siregar W, Chahaya I, & Naria E. (2016). Hubungan sanitasi lingkungan dan personal hygiene ibu dengan kejadian diare pada balita di lingkungan pintu angin Kelurahan Sibolga Hilir Kecamatan Sibolga Utara Kota Sibolga Tahun 2016. Laporan Penelitian Universitas Sumatera Utara. Diakses 31 Juli 2017, dari [http://s3.amazonaws.com/academia.edu/documents/](http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/).

TSM. (2012). Sea water RO Indonesia-RO air laut- desalinasi pengolahan air laut menjadi air minum dan air bersih. Diakses tanggal 25 September 2017, dari <http://www.tsm.or.id/products/sea-water-ro-indonesia-ro-air-lautdesalinasi-pengolahan-air-laut-menjadi-air-minum-dan-air-bersih>.

Untung, O. (2008). *Menjernihkan air kotor*. Jakarta: Pustaka Pembangunan Swadaya Nusantara.

Unicef Indonesia. (2012). Ringkasan Kajian: Air Bersih, Sanitasi, & Kebersihan. Diakses tanggal 02 Juli 2017, dari https://www.unicef.org/indonesia/id/A8_-_B_Ringkasan_Kajian_Air_Bersih.pdf.

Unesco. (2017). Global Climate Change. Diakses tanggal 28 April 2017, dari www.unesco.org.

- WHO. (2015). The Global Health Observatory. Diakses tanggal 28 April 2017, dari <http://www.who.int/gho/en/>.
- WHO. (2016). Drinking-water. Diakses tanggal 28 April 2017, dari <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs391/en/>.
- WHO. (2017). Diarrhoeal Disease. Diakses tanggal 4 Mei 2017, dari <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs330/en/>.
- Whitten, T., Soeriaatmadja, RE., & Afiff, SA. (1999). *Ekologi Jawa dan Bali*. Alih bahasa oleh Kartikasari, S.N, Utami, T.B, & Widyantoro, A. Jakarta: Prenhallindo.
- Wendyartaka, A. (2016). Air Sungai di Indonesia Tercemar Berat. Diakses tanggal 29 Maret 2017, dari <http://print.kompas.com>.
- Wolf J, Pruss-Ustun A, Cumming O, Bartram J, Bonjour S, Caincross S, Clasen T, Colford JM Jr, Curtis V, De France J, Fewtrell L, Freeman MC, Gordon B, Hunter PR, Jeandron A, Johnston RB, Mausezahl D, Mathers C, Neira M, Higgins JP. (2014). Assessing the impact of drinking water and sanitation on diarrhoeal disease in low- and middle-income settings: systematic review and meta-regression. *Trop Med Int Health*, 19 (8): 928-942.
- Widiyanto, D. & Rijanta, R. (2012). Lingkungan kota layak anak (child-friendly city) berdasarkan Persepsi Orangtua di Kota Yogyakarta. *Jurnal Bumi Lestari*, 12 (2): 211-216.
- Wrzesniewski, M. & Harrison, E. (2017). *Reverse osmosis desalination: The solution to water scarcity*. University of Pittsburgh, Swanson School of Engineering.

PEMANFAATAN TANAMAN OBAT UNTUK PENCEGAHAN DAN PENGOBATAN PENYAKIT DEGENERATIF

Mutimanda Dwisatyadini

PENDAHULUAN

Di Indonesia saat ini terjadi transisi epidemiologi yang menyebabkan terjadinya pergeseran pola penyakit, yaitu adanya peningkatan penyakit degeneratif. Penyakit degeneratif adalah penyakit tidak menular yang berlangsung kronis karena kemunduran fungsi organ tubuh akibat proses penuaan, seperti penyakit jantung, hipertensi, diabetes, kegemukan dan lainnya (Handajani *et al.*, 2010). Beberapa jenis penyakit degeneratif menjadi peringkat 10 besar penyakit tidak menular yang menyebabkan masyarakat Indonesia harus berobat rawat jalan atau rawat inap di beberapa rumah sakit. Terdapat tiga jenis penyakit degeneratif yang paling banyak diderita oleh masyarakat Indonesia. Pada tahun 2009 sebesar 2,43% masyarakat harus dirawat inap, karena penyakit jantung dan tahun 2010 sebesar 2,71%. Sedangkan pada tahun 2009 masyarakat yang

berobat di rawat jalan menderita hipertensi sebesar 2,44% dan tahun 2010 sebesar 2,36%, sedangkan masyarakat yang menderita penyakit diabetes mellitus dan dirawat inap tahun 2009 sebesar 3,93% dan tahun 2010 sebesar 3,81% (Kemenkes, 2013).

Untuk mengatasi masalah penyakit degeneratif, pemerintah Indonesia menetapkan kebijakan dalam upaya peningkatan pelayanan kesehatan. Sistem Kesehatan Nasional adalah suatu tatanan yang mencerminkan upaya bangsa Indonesia untuk meningkatkan kemampuan mencapai derajat kesehatan yang optimal sebagai perwujudan kesejahteraan umum. *Primary Health Care (PHC)* merupakan suatu strategi yang ditetapkan oleh pemerintah Indonesia untuk mencapai kesehatan semua masyarakat. Salah satu unsur penting dalam *Primary Health Care (PHC)* adalah penerapan teknologi tepat guna dan peran serta masyarakat. Peran serta masyarakat dalam menunjang pembangunan kesehatan berdasarkan *Primary Health Care (PHC)* adalah berbentuk upaya pengobatan tradisional (Badan Pusat Statistik, 2008). Selain itu, peningkatan penyelenggaraan pembangunan Sistem Kesehatan Nasional yang merupakan penjabaran pola pembangunan nasional dan sebagai petunjuk pelaksanaan pembangunan dibidang kesehatan, telah ditetapkan dalam Keputusan Menteri Kesehatan RI No.131/Menkes/SK/II/2004.

Pemerintah juga menetapkan Keputusan Menteri Kesehatan RI No. 381/Menkes/SK/III/2007 dalam salah satu subsistem dari Sistem Kesehatan Nasional. Dalam keputusan Menkes tersebut, disebutkan bahwa pengembangan dan peningkatan penelitian uji klinis pemanfaatan obat tradisional ditujukan agar diperoleh obat tradisional yang bermutu tinggi, aman, memiliki khasiat nyata yang teruji secara ilmiah, dan dimanfaatkan secara luas, baik digunakan sendiri maupun dalam pelayanan kesehatan formal. Selain itu pemerintah menetapkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 9 Tahun 2016 tentang upaya pengembangan kesehatan melalui asuhan mandiri pemanfaatan tanaman obat keluarga dan ketrampilan budidaya dan pengolahannya. Asuhan mandiri kesehatan tradisional adalah upaya untuk memelihara dan meningkatkan kesehatan serta mencegah dan mengatasi gangguan kesehatan ringan oleh individu,

keluarga, kelompok, dan masyarakat dengan memanfaatkan tanaman obat keluarga dan keterampilan dalam memanfaatkannya.

Mengubah kesadaran, pola pikir dan gaya hidup masyarakat memerlukan adanya sosialisasi. Pemerintah melalui kementerian kesehatan secara terus-menerus mensosialisasikan tanaman obat keluarga (TOGA) dan memotivasi masyarakat agar menanam tanaman obat-obatan. Bekerja sama dengan Dinas Kesehatan dan Pembina Kesejahteraan Keluarga (PKK) di masing-masing kabupaten di Indonesia, sosialisasi TOGA terus dilakukan baik melalui pelatihan-pelatihan hingga pengadaan lomba Desa atau Kota Pelaksana Terbaik Kegiatan Pemanfaatan Hasil TOGA hingga tingkat nasional. Salah satu kota yang berhasil menjuarai lomba Desa atau Kota Pelaksanaan Terbaik Kegiatan Pemanfaatan Hasil TOGA tingkat nasional yang diadakan oleh PKK Pusat adalah Kota Karang Anyar (Aini, 2017). Tiga tahap keberhasilan sosialisasi pemanfaatan tanaman obat keluarga yang dilakukan oleh Tim Pergerak PKK, yakni persiapan, pelaksanaan serta evaluasi dan monitoring (Susanto, 2017).

Keberhasilan sosialisasi dapat meningkatkan minat masyarakat dalam memanfaatkan pengobatan tradisional. Hal itu dikarenakan masyarakat merasa pengobatan tradisional tersebut berasal dari bahan alami yang lebih murah dan bahan bakunya lebih mudah didapatkan Nursiyah (2013). Selain itu, kearifan lokal masyarakat pada komunitas tertentu memungkinkan pemanfaatan obat-obat tradisional (Situmorang & Harianja, 2014). Menurut Katno (2009) beralihnya masyarakat kepada obat tradisional karena harga lebih murah, bahan lebih mudah didapatkan bila ditanam sendiri, dan umumnya satu tanaman memiliki efek farmakologi lebih dari satu sehingga bermanfaat untuk pengobatan penyakit degeneratif dan metabolik.

Penelitian Effendi (2013) juga menunjukkan bahwa ada manfaat pengobatan tradisional yang dilakukan masyarakat untuk berobat dan terapi kesehatannya. Adapun faktor yang melatarbelakangi masyarakat menggunakan pelayanan pengobatan tradisional yang disediakan di puskesmas, dikarenakan obatnya berasal dari herbal dan teknik pengobatannya alami, sehingga efek sampingnya kecil dan biaya pengobatan lebih murah daripada pengobatan modern. Efek

dari pengobatan tradisional yang dirasakan oleh masyarakat yaitu penyakit yang diderita sembuh dan cocok dengan obat yang diberikan oleh pengobatan tradisional yang disediakan oleh puskesmas. Semua jenis tanaman obat memang mengandung senyawa kimia alami, yang memiliki efek farmakologis dan aktivitas penting sampai berpotensi sebagai agen anti penyakit degeneratif (Rahmawati *et al.*, 2012).

Pengobatan tradisional yang berasal dari tanaman merupakan manifestasi dari partisipasi aktif masyarakat dalam menyelesaikan problematika kesehatan dan telah diakui peranannya oleh berbagai bangsa dalam meningkatkan derajat kesehatan masyarakat. *World Health Organization (WHO)* merekomendasi penggunaan obat tradisional termasuk obat herbal dalam pemeliharaan kesehatan masyarakat, pencegahan dan pengobatan penyakit, terutama untuk kronis, penyakit degeneratif dan kanker (Agustina, 2016). Selain tanaman obat digunakan untuk pengobatan penyakit degeneratif di kota Samarinda mulai adanya upaya membangun ketahanan dan kemandirian pangan terutama obat pada skala rumah tangga dilakukan dengan memanfaatkan sumber daya yang tersedia diantaranya melalui pemanfaatan perkarangan (Sumarmiyati & Rahayu, 2015). Masyarakat Indonesia secara turun temurun telah memanfaatkan keunggulan tanaman obat untuk mengobati penyakit degeneratif. Saat ini masyarakat perkotaan telah menyadari pemanfaatan tanaman obat untuk mengobati penyakit degeneratif yang diderita baik oleh dirinya sendiri dan keluarga. Terdapat beberapa jenis tanaman obat yang dapat bermanfaat untuk pencegahan dan pengobatan penyakit degeneratif, seperti kayu manis yang mengandung senyawa antioksidan yang dapat mencegah penyakit degeneratif seperti kanker, jantung koroner, hipertensi dan diabetes (Biofarmaka IPB, 2015).

Pemanfaatan tanaman obat sendiri di perkotaan telah terlaksana melalui penerapan program pemerintah (*Smart Government*), yang mensosialisasikan pemanfaatan lahan pekarangan sebagai media untuk budidaya tanaman obat, sehingga masyarakat diperkotaan dapat lebih merasakan manfaat dari tanaman obat (*Smart Living*). Terlihat pada keberhasilan sosialisasi pemerintah yang dilakukan oleh Puskesmas Kecamatan Pasar Rebo dengan pergerakan PKK Rt 011, Rw

003, Kalisari, Pasar Rebo, Jakarta Timur, yang mana telah berhasil mensosialisasikan pemanfaatan tanaman obat keluarga (TOGA), sehingga masyarakat yang tinggal pada Rt 011, Rw 003, Kalisari, Pasar Rebo dapat memanfaatkan keunggulan tanaman obat untuk mengobati penyakit degeneratif dalam keluarganya yang tertulis pada buku ini. Pembahasan mengenai Smart Government dan Smart Living dapat dilihat lebih lanjut pada tulisan dalam buku ini.

Kesehatan Keluarga Versus Penyakit Degeneratif

Penyakit degeneratif menyebabkan kematian terbesar di dunia, bahkan di Indonesia terjadi peningkatan penyakit kronis degeneratif tiap tahunnya (Handajani *et al.*, 2010). Terdapat beberapa teori tentang proses timbulnya penyakit degeneratif, diantaranya adalah teori genetika, teori *tear and wear*, teori *crosslink*, teori lingkungan dan teori radikal bebas (Sutrisna, 2013). Penyakit degeneratif merupakan penyakit yang sulit untuk diperbaiki yang ditandai dengan degeneratif (kemunduran fungsi) sel dan organ tubuh yang dipengaruhi gaya hidup (Notoatmojo, 2007). Manifestasi klinis dari degeneratif sel dapat menyerang semua organ tubuh. Manifestasi pada sistem musculoskeletal bisa berupa osteoporosis. Manifestasi pada sistem neurosensori berupa prebiop maupun katarak senilis. Manifestasi pada sistem endokrin bisa berupa diabetes mellitus. Pada sistem kardiovaskular dapat menyebabkan penyakit jantung koroner, *acute miocard infarc*. Pada sistem saraf manifestasi klinis degeneratif sel dapat berupa demensia, parkinson, delirium, stroke, *transien iskemik attack (TIA)*. Selain itu degeneratif seluler dapat menyebabkan terjadinya *benigna prostat hyperplasia (BPH)* (Sutrisna, 2013).

Penyebab terjadinya penyakit degeneratif menurut teori genetika, teori *tear and wear*, serta teori *crosslink* penyebab terjadinya penyakit degeneratif diawali peningkatan akumulasi sampah metabolik dalam sel yang berakibat pada gangguan sintesis DNA. Gangguan ini dapat menyebabkan resiko mutasi sel, degenerasi sel dan kerusakan sel. Menurut teori lingkungan diawali kebiasaan yang tidak sehat seperti merokok, mengkonsumsi minuman alkohol, pola makan yang tidak sehat, aktifitas fisik yang kurang, dan pencemaran lingkungan (radikal

bebas) dan stress oksidatif yang dapat merusak tubuh. Menurut teori radikal bebas diawali perubahan degenerasi seluler akibat radikalbebas yang berlebih masuk ke dalam tubuh (Sutrisna, 2013). Penelitian Handajani *et al.* (2010) menyatakan penyebab penyakit degeneratif adalah aktivitas fisik yang kurang, obesitas, tingkat stress yang tinggi, dan faktor usia yang dapat menyebabkan kelainan miokardium dan aterosklerosis yang mengakibatkan insufisiensi aliran darah koroner dan peningkatan tekanan darah (hipertensi), kondisi tersebut merupakan proses degeneratif. Penyebab penyakit degeneratif lainnya yaitu diabetes mellitus yang juga dapat menyebabkan kematian.

Program Pemerintah Mengenai Tanaman Obat

Obat tradisional telah diterima secara luas di negara-negara yang tergolong berpenghasilan rendah sampai sedang. Bahkan di beberapa negara berkembang obat tradisional telah dimanfaatkan dalam pelayanan kesehatan terutama dalam pelayanan kesehatan strata pertama. Dalam Undang-undang Nomor 23 tahun 1992 tentang kesehatan disebutkan bahwa obat tradisional adalah bahan atau ramuan bahan yang berupa bahan tumbuhan, hewan, mineral, sediaan sarian (galenik), dapat digunakan secara turun temurun untuk pengobatan. Berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 131/MENKES/SK/II/2004, mengenai Sistem Kesehatan Nasional (SKN) disebutkan bahwa pengembangan dan peningkatan obat tradisional ditujukan agar diperoleh obat tradisional yang bermutu tinggi, aman, memiliki khasiat nyata yang teruji secara ilmiah, dan dimanfaatkan secara luas, baik untuk pengobatan sendiri oleh masyarakat maupun digunakan dalam pelayanan kesehatan formal.

Dengan kebijakan yang dibuat pemerintah tersebut diharapkan terjadi pengembangan dan peningkatan produksi pada industri obat tradisional sebagai bagian integral dari pertumbuhan ekonomi nasional yang ditetapkan dalam Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 381/MENKES/SK/III/2007. Selain itu pemerintah juga mengharapkan pengobatan komplementer alternatif dilakukan sebagai upaya pelayanan yang berkesinambungan untuk meningkatkan derajat kesehatan masyarakat mulai dari peningkatan

kesehatan (*promotif*), pencegahan penyakit (*preventif*), penyembuhan penyakit (*kuratif*) dan pemulihan (*rehabilitatif*) yang mana telah ditetapkan dalam Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1109/Menkes/Per/IX/2007.

Dalam mendukung pemanfaatan tanaman obat untuk meningkatkan kesehatan pada masyarakat Indonesia, pemerintah juga menetapkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 9 Tahun 2016 mengenai upaya pengembangan kesehatan melalui asuhan mandiri pemanfaatan tanaman obat keluarga dan ketrampilan budidaya serta pengolahannya. Asuhan mandiri kesehatan tradisional adalah upaya untuk mencegah, memelihara, meningkatkan kesehatan, dan mengatasi gangguan kesehatan ringan yang dialami individu, keluarga, maupun kelompok, serta masyarakat dengan memanfaatkan tanaman obat keluarga dan keterampilan dalam mengelolanya. Pemanfaatan tanaman obat dalam keluarga di masyarakat Indonesia diharapkan dapat membantu pemerintah dalam meningkatkan kesehatan.

Tumbuhan Berkhasiat Obat; Tanaman Obat; Apotik Hidup

Lingkungan merupakan suatu hal yang tidak dapat dipisahkan dari manusia. Lingkungan banyak memberikan manfaat bagi manusia. Pemanfaatan perkarangan adalah bagian dari pemanfaatan sumberdaya alam dan lingkungan yang memberikan manfaat bagi manusia (Nurmayulis & Hermita, 2015). Dalam pemanfaatan perkarangan, manusia dapat memelihara tumbuhan liar ataupun tanaman yang sengaja di tanam (budidaya). Hal tersebut dikarenakan tumbuhan atau tanaman memiliki peran dalam ekosistem, antara lain dalam siklus hara, pengurangan erosi, peningkatan infiltrasi, sebagai sumber plasma nutfah, sebagai sumber obat-obatan, sebagai sumber pakan ternak dan satwa hutan, serta manfaat lainnya (Abdiyani, 2008 dalam Hadi *et al.*, 2015).

Kajian tentang interaksi antara masyarakat dengan lingkungan alamnya dipelajari dalam ilmu Etnobotani. Etnobotani dapat diartikan sebagai bentuk penelitian ilmiah murni yang menggunakan pengalaman pengetahuan tradisional dalam memajukan dan meningkatkan kualitas hidup, tidak hanya bagi manusia tetapi juga kualitas lingkungan (Suryadharma, 2008). Kajian etnobotani

menekankan pada keterkaitan antara budaya masyarakat dengan sumberdaya tumbuhan, baik secara langsung maupun tidak langsung (Setiawan & Qiptiyah, 2013). Pemahaman tentang Etnobotani berguna agar masyarakat dapat mempertahankan kearifan lokal yang dimilikinya dalam pemanfaatan tumbuhan atau tanaman diperkarangan rumah.

Pengetahuan masyarakat lokal dalam memanfaatkan sumber daya tumbuhan akan sangat membantu menjaga kelestarian keanekaragaman hayati dan usaha domestikasi tanaman obat (Kandari *et al.*, 2012). Pengetahuan masyarakat dalam memanfaatkan sumber daya tumbuhan dapat dilihat melalui apotik hidup. Apotik hidup merupakan istilah penggunaan lahan yang ditanami tumbuhan yang berkhasiat untuk obat secara tradisional (Syarif *et al.*, 2011). Pekarangan merupakan lahan terbuka yang terdapat disekitar lingkungan rumah tinggal. Pekarangan rumah merupakan tempat yang sangat tepat untuk melaksanakan apotik hidup untuk tanaman berkhasiat obat (Nurmayulis & Hermita, 2015).

Tumbuhan atau tanaman obat tradisional merupakan tanaman yang dapat dipergunakan sebagai obat, baik yang disengaja ditanam (budidaya) maupun tanaman yang tumbuh secara liar (Nursiyah, 2013). Tanaman dimanfaatkan oleh masyarakat untuk diramu dan disajikan sebagai obat guna penyembuhan penyakit. Obat tradisional adalah ramuan obat yang berasal dari tumbuh-tumbuhan yang berkhasiat obat (Hajawinata *et al.*, 2015). Penggunaan tanaman obat atau jamu sebagai obat tradisional diharapkan dapat digunakan sebagai pengobatan komplementer alternatif yang bisa disandingkan dengan pengobatan konvensional (modern) yang sudah berkembang dan telah lama dipakai pada fasilitas pelayanan kesehatan (Ahmad, 2012). Sosialisasi yang dilakukan oleh pemerintah melalui puskesmas pada masyarakat perkotaan diharapkan dapat mempertahankan kearifan lokal interaksi masyarakat dengan lingkungan alamnya (Etnobotani), seperti membuat apotik hidup, sehingga meningkatkan kualitas hidup masyarakat di perkotaan dan kualitas lingkungannya (Suryadarma, 2008).

Pemanfaatan Tanaman Obat oleh Masyarakat Indonesia

Pengetahuan masyarakat tentang pemanfaatan tanaman sebagai obat sebagian besar hanya sebatas pengetahuan turun temurun sebagai bentuk interaksi antara masyarakat dengan lingkungannya khususnya tumbuhan (etnobotani) (Atmojo, 2015). Saat ini tanaman obat atau tanaman herbal telah banyak digunakan dalam bidang medis atau kesehatan. Masyarakat sekarang ini lebih memilih untuk menggunakan produk yang berasal dari alam dengan alasan keamanan. Tanaman obat atau yang dikenal dengan tanaman herbal secara umum dapat diartikan semua jenis tanaman yang mengandung senyawa kimia alami yang memiliki efek farmakologis dan bioaktivitas penting terhadap penyakit infeksi sampai penyakit degeneratif (Suryanto & Setiawan, 2013).

Bangsa Indonesia mengenal jamu dan Tanaman Obat Keluarga (TOGA) (Suryanto & Setiawan, 2013). Setiap daerah memiliki sistem pemanfaatan tumbuhan yang khas dan berbeda dengan daerah lainnya. Sistem pemanfaatan ini berkaitan dengan keanekaragaman tumbuhan di masing-masing daerah. Pemanfaatan tanaman obat di kota Bogor sudah dimasukkan dalam program pembinaan kesejahteraan keluarga, sedangkan di kota Karang Anyar, Gianyar, dan Sumenep dimasukkan dalam program ekonomi dan program tanaman obat yang berasal dari tanaman hias (Sari *et al.*, 2015). Pendekatan penduduk lokal terhadap manajemen pemanfaatan ekosistem alam merupakan model jangka panjang dalam menopang kebutuhan hidup manusia. Selain itu, manajemen sumber daya alam tradisional mampu mempertegas hubungan antara sistem konservasi dengan pemanfaatan keanekaragaman hayati (Kandowangko *et al.*, 2011).

Masyarakat mengenal jamu sebagai bentuk pemanfaatan tanaman obat. Jamu meliputi segala bahan alam yang diolah atau diracik, menurut cara tradisional manfaat dari jamu sendiri adalah untuk memperkuat badan manusia, mencegah penyakit atau menyembuhkan manusia yang menderita penyakit. Biasanya jamu digunakan dalam pengobatan komplementer alternatif yaitu pengobatan non konvensional yang bertujuan untuk upaya preventif, promotif, dan kuratif dalam meningkatkan derajat kesehatan masyarakat perkotaan dan pedesaan (Ahmad, 2012). Ada beberapa

cara penggunaan tanaman obat. Tanaman obat yang diolah dengan direbus (jamu godok) telah banyak digunakan untuk pengobatan, karena manfaatnya sudah dirasakan dan efek samping yang ringan, serta mudah didapatkan. Cara pemanfaatan lainnya secara turun temurun yang dilakukan oleh masyarakat dengan dimakan langsung (dilalap), direbus, dibuat teh, di jus (Hadi *et al.*, 2015). Hal ini karena masyarakat meyakini bahwa tanaman obat yang mengandung senyawa kimia alami, memiliki efek farmakologis dan bioaktivitas yang penting terhadap penyakit infeksi sampai penyakit degeneratif. Saat ini informasi mengenai klinik dan fasilitas pelayanan kesehatan menyediakan tanaman obat sudah banyak terutama di puskesmas (Ahmad, 2012).

Tanaman Obat yang Bermanfaat Mengatasi Penyakit Degeneratif

Beberapa jenis tanaman obat yang dimanfaatkan oleh masyarakat Indonesia, antara lain: kunyit, temu lawak, kencur, jahe, lengkuas, salam, pace, pyanghong, kumis kucing, soka, belimbing, sirih, meniran, kecubung, kemlandingan, kangkung lumut, kunir putih, kayu manis, pegagan, alang-alang, dan tapak dara putih (Syarif *et al.*, 2011). Masyarakat secara turun temurun telah memanfaatkan keunggulan tanaman obat untuk mengobati penyakit degeneratif. Selain tumbuhan tersebut tumbuhan obat tradisional Indonesia yang memiliki aktivitas sebagai antioksidan adalah sambiloto (*Andrographis paniculata* Ness.). Pengujian antioksidan dari ekstrak etanol akar, kulit batang dan daun sambiloto dilakukan menggunakan metode Linoleat-Tiosianat dengan vitamin E sebagai kontrol positif. Warna yang terbentuk diukur secara spektrofotometri pada λ 479 nm. Tiga ekstrak dengan daya antioksidan terbesar terdapat pada ekstrak akar dengan konsentrasi 0,25% sebesar 79,37%, ekstrak kulit batang dengan konsentrasi 0,5% memiliki daya antioksidan 75,93%, dan ekstrak daun memiliki daya antioksidan sebesar 76,63%, sedangkan vitamin E memiliki daya antioksidan 75,37% (Wardatun, 2011). Selain itu terdapat salah satu tumbuhan obat tradisional Indonesia yakni Sirih (*Piper betle* L.). sirih merupakan tumbuhan merambat dengan bentuk daun menyerupai jantung dan berwarna hijau. Minyak atsiri yang terkandung dalam sirih dimanfaatkan masyarakat suku Madura

tepatnya di kota Sumenep untuk obat anti jamur, anti bakteri, dan anti oksidan, yang dapat menyembuhkan penyakit asam urat, jantung, nyeri otot dan persendian, serta stroke (Ningtias *et al.*, 2014). Tumbuhan lain adalah binahong. penelitian Fitriyah *et al.*, (2013) menyatakan tanaman binahong (*Anredera cordifolia*) adalah tanaman obat potensial yang dapat mengatasi berbagai jenis penyakit. Bagian tanaman binahong yang bermanfaat sebagai obat pada umumnya adalah daun.

Cara Budidaya Tanaman Obat

Masyarakat memanfaatkan tanaman obat untuk kebutuhan sehari-hari dalam mengobati suatu penyakit. Masyarakat mendapatkan tanaman obat dengan cara mencarinya di pekarangan rumah atau hutan berupa tanaman liar atau membeli di pasar. Demikian saat ini sudah banyak masyarakat yang membudidayakannya dengan berbagai cara, antara lain dengan sistem *agroforestry* yaitu suatu sistem pengelolaan lahan yang ditawarkan untuk mengatasi masalah yang timbul akibat alih guna lahan dan untuk mengatasi masalah pangan hingga kesehatan. Sistem agroforestri pada budidaya tanaman obat membutuhkan curah hujan yang cukup dengan distribusi yang merata. Ketersediaan air merupakan salah satu faktor penentu keberhasilan budidaya tanaman obat. Agroforestri banyak diadopsi oleh petani di Indonesia, karena merupakan teknik penggunaan lahan yang sempit (pekarangan) dan tegalan (lahan kering) (Kusumedi & Jariyah, 2010). Pemanfaatan pekarangan sebagai sarana budidaya tanaman obat (tanaman obat keluarga) yang sudah lama dilakukan oleh masyarakat.

Di wilayah perkotaan yang terbatas akan lahan (pekarangan), serta kesibukan masyarakatnya, cara yang tepat untuk budidaya tanaman berkhasiat obat adalah dengan cara hidroponik atau akuaponik (Martono *et al.*, 2017). Hidroponik merupakan metode bercocok tanam dengan menggunakan media tanam selain tanah, seperti batu apung, kerikil, pasir, sabut kelapa, potongan kayu atau busa (Roidah, 2014). Keberhasilan budidaya hidroponik ditentukan pada medium tanam yang digunakan serta larutan nutrisi yang diberikan. Larutan nutrisi yang digunakan pada hidroponik harus

mengandung unsur hara makro dan mikro, seperti pupuk organik cair (super bionik) (Silvina & Syafrinal, 2008). Cara bercocok tanam secara hidroponik menguntungkan dari kualitas dan kuantitas hasil pertaniannya, serta memaksimalkan lahan pertanian (Roidah, 2014)

Masyarakat di kota Salatiga melakukan budidaya tanaman secara akuaponik, tahelarang, dan fermenter pupuk cair organik cocok untuk sarana budidaya tanaman obat pada masyarakat perkotaan yang memiliki keterbatasan lahan dan waktu perawatan (Martono *et al.*, 2017). Akuaponik merupakan sistem resirkulasi air yang telah digunakan dalam budidaya ikan untuk di alirkan kembali ke tanaman herbal. Dalam akuaponik air menjadi media budidaya ikan digunakan sebagai sumber nutrisi pada pemeliharaan tanaman, sedangkan tanaman berfungsi sebagai biofilter untuk air (Setijaningsih *et al.*, 2015). Selain hidroponik dan akuaponik, masyarakat yang tinggal di perkotaan yang memiliki sedikit perkarangan dapat melakukan budidaya tanaman obat keluarga dengan teknik apotik hidup. Apotik hidup adalah pemanfaatan lahan yang ditanami tumbuhan berkhasiat obat (Syarif *et al.*, 2011). Cara yang tepat untuk masyarakat perkotaan dalam memanfaatkan pekarangan rumah untuk budidaya tanaman obat adalah secara hidroponik, akuaponik dan apotik hidup.

Studi Pemanfaatan Tanaman Berkhasiat Obat untuk Pencegahan dan Pengobatan Penyakit Degeneratif dalam Keluarga Warga Rt. 011, Rw. 003, Kalisari, Jakarta Timur.

Studi kasus dilaksanakan di RT 011, RW. 003, Kalisari, Jakarta Timur. Tujuan penelitian untuk mengetahui pemahaman masyarakat di RT 011, RW. 003, Kalisari, Jakarta Timur setelah diberi sosialisasi mengenai cara budidaya tanaman obat keluarga (TOGA). Penelitian ini juga bertujuan mengetahui keberhasilan sosialisasi yang dilakukan oleh pemerintah melalui puskesmas, mengenai pemanfaatan lahan pekarangan sebagai media untuk budidaya tanaman obat oleh masyarakat di RT 011, RW. 003, Kalisari, Jakarta Timur. Pengumpulan data dengan menggunakan kuesioner. Responden berjumlah 30 orang yang menderita penyakit degeneratif.



Sumber : Data Primer (2017)

Gambar 1 . Sosialisasi oleh Puskesmas Kecamatan Pasar Rebo dengan pergerakan Pembinaan Kesejahteraan Keluarga (PKK)

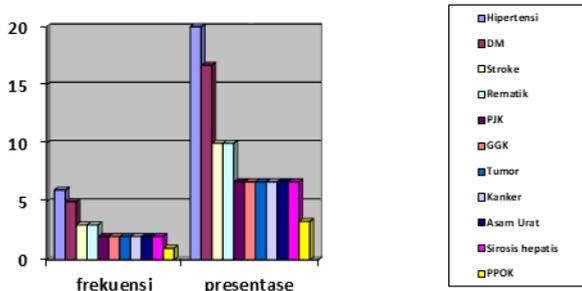
Seminggu setelah sosialisasi pengumpulan data dengan kuesioner dan juga observasi keberhasilan masyarakat memanfaatkan tanaman obat baik dengan budidaya hidroponik dan apotik hidup yang dapat dilihat pada Gambar 2.



Sumber : Data Primer (2017)

Gambar 2. Hasil Hidroponik dan Apotik Hidup di beberapa rumah Warga RT 011, RW. 003, Kalisari, Pasar Rebo, Jakarta Timur

Hasil analisis data deskriptif responden Warga RT 011, Kalisari, Jakarta Timur dan pembahasannya dapat dilihat dari beberapa grafik dibawah ini.

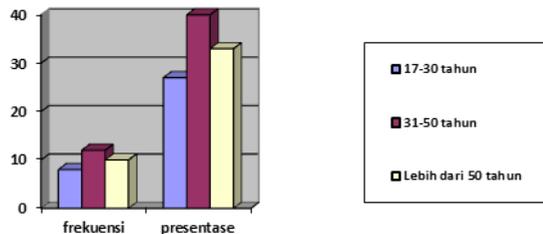


Sumber : Data Primer (2017)

Grafik 1. Penyakit degeneratif yang diderita warga Rt 011, Rw 003, Kalisari, Jakarta Timur.

Penyakit yang diderita responden sebesar 20% (6 dari 30 responden) menderita Hipertensi, sebesar 16,7% (5 dari 30 responden) menderita Diabetes Melitus, 10% (3 dari 30 responden) menderita Stroke. Sebesar 10% (3 dari 30 responden) menderita Rematik, 6,7% (2 dari 30 responden) menderita Penyakit Jantung Koroner (PJK), 6,7% (2 dari 30 responden) Gagal Ginjal Kronik (GGK), 6,7% (2 dari 30 responden) Tumor, Kanker, 6,7% (2 dari 30 responden) Asam Urat, dan 6,7% (2 dari 30 responden) menderita Sirosis Hepatis, 3,3% (1 dari 30 responden) menderita Penyakit Paru Obstruksi Kronik (PPOK). Penelitian Kartidjo *et al.* (2014) menunjukkan rerata jenis penyakit degeneratif pada pasien kunjungan rawat jalan RSUP dr. Hasan Sadikin Bandung adalah Hipertensi 2,38%, Diabetes Melitus 11,9%, Artitis Gout 2,38%, Kanker servik dan ovarium 4,76%, sirosis hepatitis 2,38% (Grafik 1). Penelitian Widowati *et al.* (2014) rerata paling tinggi penyakit degeneratif yang diderita oleh masyarakat di 12 propinsi di Indonesia adalah Diabetes Melitus 97 responden dari 114 responden, Hipertensi 96 responden dari 114 responden, Hiperlipidemia 93 responden dari 114 responden, Artitis

91 responden dari 114 responden, Hiperurisemia 87 responden dari 114 responden, Obesitas 85 responden dari 114 responden. Dari hasil penelitian diatas terlihat kesamaan penyakit degeneratif yang banyak diderita oleh masyarakat baik yang di rawat jalan RSUP dr Hasan Sadikin Bandung, ataupun masyarakat di 12 propinsi di Indonesia, serta penyakit degeneratif yang terdapat pada masyarakat di RT 011, RW 003, Kalisari, Pasar Rebo, Jakarta Timur terdiri dari penyakit Hipertensi, Diabetes Melitus, Artritis rematoid (asam urat), dan kanker.

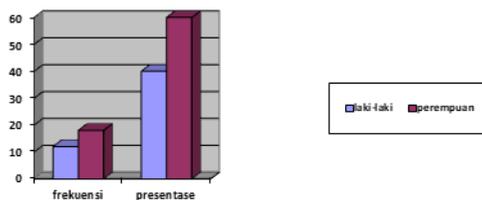


Sumber : Data Primer (2017)

Grafik 2. Data Deskriptif Usia Warga Rt 011, Rw 003, Kalisari, Jakarta Timur, yang Menderita Penyakit Degeneratif.

Usia warga yang menderita penyakit degeneratif 27% (8 dari 30 responden) pada usia 17-30 tahun, 40% (12 dari 30 responden) pada usia 31-50 tahun, 33% (10 dari 30 responden) pada usia lebih dari 51 tahun (Grafik 2). Dari grafik diatas terlihat 40% usia 31-50 tahun responden telah menderita penyakit degeneratif. Pergeseran pola hidup pada masyarakat perkotaan, sehingga menyebabkan terjadinya pergeseran pola penyakit. Pada warga RT 005, Tanah Kalikedinding, Surabaya sebesar 22% menderita penyakit degeneratif pada usia 46-50 tahun. Sebesar 20 % pada usia 41-45 tahun, sebesar 16% pada usia 36-40 tahun, sebesar 12% pada usia 31-35 tahun (Widyasari, 2017). Hasil ini didukung juga oleh penelitian Handajani *et al.*, (2010) yang menunjukkan bahwa hasil analisis, warga tingkat ekonomi miskin dan menengah lebih berisiko terjadi kematian penyakit degeneratif *Endocrin, Nutritional, and Metabolic Disease (ENMD)* dan *Disease of*

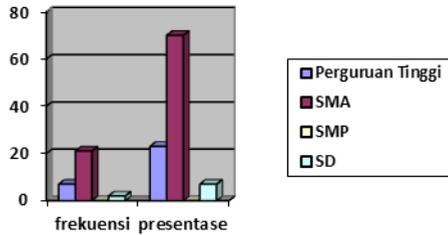
Circulatory System (DCS) dibandingkan tingkat ekonomi kaya. Sedangkan populasi dengan kelompok umur 45-54 tahun lebih berisiko terjadi kematian penyakit degeneratif *Disease of Circulatory System (DCS)* dibandingkan umur ≥ 33 tahun. Dari hasil analisis disimpulkan bahwa rerata pada usia 31-50 tahun berisiko terkena penyakit degeneratif.



Sumber : Data Primer (2017)

Grafik 3. Data Deskriptif Jenis Kelamin Warga Rt 011, Rw 003, Kalisari, Jakarta Timur, yang Menderita Penyakit Degeneratif.

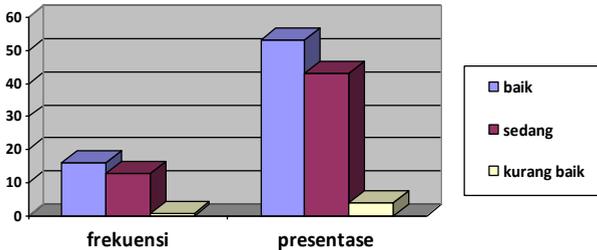
Dilihat dari kelompok jenis kelamin perempuan, ternyata lebih berisiko untuk mengidap penyakit degeneratif 60% (18 dari 30 responden), seperti diabetes, hipertensi, dan lainnya dibandingkan laki-laki sebesar 40% (12 dari 30 responden). Data dari Kementerian Kesehatan (2012) menyatakan ada perbedaan yang signifikan presentase kasus pasien rawat inap jenis kelamin laki-laki sebesar 49% dan perempuan sebesar 51% yang menderita penyakit tidak menular (penyakit degeneratif). Serta ada perbedaan yang terlalu signifikan jenis kelamin laki-laki sebesar 45% dan perempuan sebesar 55% yang menderita penyakit degeneratif. Dari data ini diketahui bahwa wanita jauh lebih berisiko dari pada laki-laki untuk menderita penyakit degeneratif (Kartidjo *et al.*, 2014).



Sumber : Data Primer (2017)

Grafik 4. Pendidikan warga Rt 011, Rw 003, Kalisari, Jakarta Timur, yang Menderita Penyakit Degeneratif.

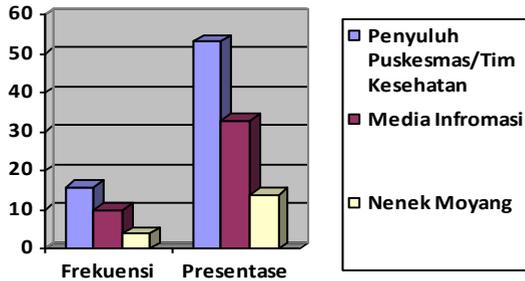
Pendidikan 70% (21 dari 30 responden) adalah Sekolah Menengah Atas (SMA), pendidikan 30% (7 dari 30 responden) adalah perguruan tinggi (PT), pendidikan 7% (2 dari 30 responden) adalah Sekolah Dasar (SD). Terlihat bahwa warga Rt. 011, Kalisari, Jakarta Timur, menilai pentingnya pendidikan formal dalam hidup. Hasil tersebut didukung oleh penelitian Oktaviani (2015) yang menyatakan mayoritas pendidikan penduduk Desa Ciherang yang membudidayakan tanaman obat adalah SMA. Penelitian Kartidjo *et al.* (2014) menunjukkan tingkat pendidikan pasien yang menggunakan tanaman obat untuk penyakit degeneratif pada kunjungan rawat jalan RSUP dr. Hasan Sadikin Bandung adalah SLTA sebesar 76% (32 responden dari 40 responden). Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa pendidikan dapat meningkatkan pengetahuan seseorang mengenai pencegahan dan pengobatan kesehatan diri mereka masing-masing.



Sumber : Data Primer (2017)

Grafik 5. Pengetahuan warga Rt 011, Rw 003, Kalisari, Jakarta Timur, yang Menderita Penyakit Degeneratif Terhadap Tanaman Obat Keluarga.

Pengetahuan responden di Kalisari setelah memperoleh sosialisasi dari puskesmas mengenai tanaman obat keluarga (TOGA) dengan tingkat pengetahuan baik sebesar 53% (16 dari 30 responden), 43% (13 dari 30 responden) berpengetahuan sedang, 4% (1 dari 30 responden) berpengetahuan kurang baik (Grafik 5). Berdasarkan penelitian Ikaditya, (2016) tingkat pengetahuan masyarakat di Kelurahan Sukahurip Kecamatan Tamansari Kota Tasikmalaya kategori baik sebanyak 76,7%, kategori cukup sebanyak 13,3%, dan kategori sangat baik sebanyak 10%. Penelitian Ahdani, (2014) menunjukkan 69 orang warga masyarakat Rt 02, Rw 02, Desa Maron, Kecamatan Kauman, Kabupaten Ponorogo, sebanyak 28 responden (40,6%) mempunyai pengetahuan baik, sebanyak 24 responden (34,8%) berpengetahuan cukup, dan sebanyak 17 responden (24,6%) berpengetahuan kurang dalam mengetahui pemanfaatan tanaman obat keluarga bagi kesehatan. Hasil di atas menunjukkan bahwa masyarakat Indonesia berpengetahuan baik mengenai pemanfaatan tanaman obat keluarga untuk kesehatan.

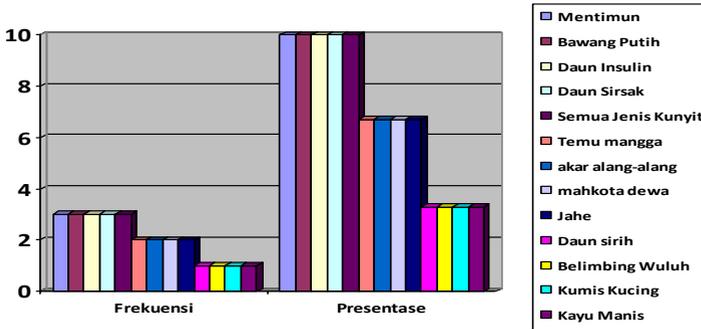


Sumber: Data Primer (2017)

Grafik 6. Sumber Informasi yang didapatkan warga RT 011, Kalisari, Jakarta Timur, yang Menderita Penyakit Degeneratif Mengenai Tanaman Obat Keluarga.

Informasi yang didapatkan mengenai tanaman obat keluarga (TOGA) melalui penyuluhan Puskesmas atau Tim Kesehatan sebesar 53% (16 dari 30 responden), Informasi mengenai tanaman obat keluarga (TOGA) melalui media informasi sebesar 33% (10 dari 30 responden), Informasi mengenai tanaman obat keluarga (TOGA) melalui turun temurun dari nenek moyang sebesar 14% (4 dari 30 responden). Menurut penelitian Karo-Karo, (2010) informasi pengetahuan mengenai tanaman obat keluarga (TOGA) tidak hanya didapat dari warisan keluarga dan membaca, tetapi dapat ditingkatkan dengan adanya pujian dan jalinan kerja, baik dengan Dinas Kesehatan atau teman seprofesi. Penelitian Sari *et al.* (2015) menunjukkan sumber informasi yang didapat masyarakat dari binaan Dinas Pertanian dan aparat desa untuk menggunakan tanaman obat keluarga (TOGA), selain itu sumber informasi diwariskan dari tradisi orang tua, dan saran serta pantauan dari Dinas Kesehatan. Penelitian Aini, (2017) peranan Tim Penggerak Pembinaan Kesejahteraan Keluarga (PKK) Desa Ngunut melakukan usaha sosialisasi kepada masyarakat untuk melakukan pemanfaatan tanaman obat keluarga (TOGA). Dari data diatas disimpulkan bahwa sumber informasi yang didapat masyarakat di Indonesia mengenai pemanfaatan tanaman obat keluarga (TOGA) tidak hanya didapat dari warisan tradisi orang tua

(nenek moyang), tetapi juga dari peranan dan pantauan penting dari pemerintah seperti Dinas Pertanian, Dinas Kesehatan, Puskesmas, aparat desa, dan Tim Penggerakan Pembinaan Kesejahteraan Keluarga (PKK), serta teman seprofesi sangat berguna dalam penggerakan masyarakat dalam memanfaatkan tanaman obat keluarga (TOGA).



Sumber : Data Primer (2017)

Grafik 7. Jenis Tanaman Obat Keluarga (TOGA) yang digunakan warga RT 011, Kalisari, Jakarta Timur, yang Menderita Penyakit Degeneratif Mengenai Tanaman Obat Keluarga.

Jenis tanaman obat keluarga (TOGA) yang digunakan oleh masyarakat di Kalisari menunjukkan sebesar 10% (3 dari 30 responden) memanfaatkan mentimun, 10% (3 dari 30 responden) memanfaatkan bawang putih, 10% (3 dari 30 responden) memanfaatkan daun seledri, 10% (3 dari 30 responden) memanfaatkan daun insulin, 10% (3 dari 30 responden) memanfaatkan daun sirsak, 10% (3 dari 30 responden) memanfaatkan semua jenis kunyit. Sebesar 6,7% (2 dari 30 responden) memanfaatkan temu mangga, 6,7% (2 dari 30 responden) memanfaatkan akar alang-alang, 6,7% (2 dari 30 responden) memanfaatkan mahkota dewa, 6,7% (2 dari 30 responden) memanfaatkan Jahe. Sebesar 3,3% (1 dari 30 responden) memanfaatkan daun sirih, 3,3% (1 dari 30 responden) memanfaatkan belimbing wuluh, 3,3% (1 dari 30 responden) memanfaatkan kumis

kucing, 3,3% (1 dari 30 responden) memanfaatkan kayu manis. Menurut penelitian Hikmat *et al.* (2011) sebanyak 15 spesies tumbuhan obat yang potensial dikembangkan untuk mengobati penyakit yang diderita masyarakat Kampung Gunggung Leutik dan Pabuaran Sawah Bogor, meliputi : sambiloto, meniran, takokak, pegagan, temulawak, jahe, jeruk nipis, binahong, mahkota dewa, rosella, pule pandak, sangitan, sirih, brotowali, dan kenikir. Penelitian Widyawati & Rizal, (2015) menyebutkan jenis tanaman obat tradisional yang terdapat dipekarangan masyarakat perkotaan dan dapat direkomendasikan menjadi tanaman obat keluarga karena memiliki khasiat antara lain Kunyit, Temu lawak, Kencur, Jahe, Lengkuas, Daun Salam, Mengkudu, Kumis kucing, Mahkota dewa, Soka, Melati, Pepaya, Cocor bebek, Jambu biji, Belimbing buah, Sirih, Pare, Jeruk nipis, Katuk, Kunir putih, Lidah buaya, Alang-alang, Belimbing wuluh, Temu giring, Ubi jalar, dan Beluntas. Dari data dapat terlihat rerata tanaman yang digunakan untuk pengobatan penyakit degeneratif Mahkota dewa, Jahe, Sirih, Kunyit Kuning, Kunir atau Kunyit putih, Alang-alang.

Hasil uji komparatif didapatkan hubungan yang signifikan antara usia responden terhadap informasi yang didapat mengenai manfaat, cara mengelola, cara mendapatkan, dan cara budidaya tanaman obat keluarga (TOGA). Daya tangkap dan pola pikir seseorang dapat berkembang berdasarkan bertambahnya usia, sehingga pengetahuan yang diperolehnya semakin membaik (Yuliana *et al.* 2013). Usia secara signifikan berpengaruh terhadap penggunaan pengobatan tradisional (Jennifer & Saptutyingsih, 2015). Penelitian Yatias, (2015) menunjukkan hubungan yang signifikan antara usia responden yang lebih tua dalam penggunaan tumbuhan obat, karena sudah percaya dan terbiasa untuk menggunakan. Pengetahuan masyarakat tentang pemanfaatan tanaman sebagai obat hanya sebatas pengetahuan turun temurun sebagai bentuk interaksi antara masyarakat dengan lingkungannya khususnya tumbuhan (etnobotani) (Atmojo, 2015). Bertambahnya usia dan pengalaman dalam penggunaan tanaman obat memang membuat seseorang semakin membaik pengetahuannya dan percaya bila tanaman obat dapat mengobati penyakit degeneratif.

Hasil uji juga menunjukkan hubungan yang signifikan antara jenis kelamin responden terhadap penyakit degeneratif yang diderita, jenis tanaman obat keluarga (TOGA) yang dimanfaatkan, dan cara budidayanya. Didukung penelitian Wahyuni, (2010) menyatakan ada hubungan signifikan jenis kelamin perempuan memiliki kecenderungan 1,39 kali menderita penyakit degeneratif (diabetes melitus) dibanding laki-laki. Penelitian Jennifer & Saptutyingsih, (2015) menunjukkan terdapat hubungan yang signifikan antara jenis kelamin dengan penggunaan obat tradisional. Serta penelitian Yatias, (2015) menunjukan hubungan yang signifikan antara jenis kelamin terhadap mengelola atau membudidayakan tumbuhan obat baik di kebun atau di halaman rumah. Jenis kelamin perempuan memang lebih berisiko terkena penyakit degeneratif, sehingga perempuan jauh lebih banyak memanfaatkan tanaman obat dalam pengobatan penyakitnya.

Hasil itu menunjukkan ada hubungan yang signifikan antara pendidikan responden terhadap penyakit degeneratif yang diderita, informasi yang didapat mengenai manfaat, dan cara budidaya tanaman obat keluarga (TOGA). Tingkat pendidikan tinggi responden dapat mencegah penyakit degeneratif sebanyak 0,22 kali dengan memanfaatkan pelayanan kesehatan non medis (pemanfaatan TOGA) dari pada keluarga yang memiliki pendidikan rendah (Yuliana *et al.* 2013). Penelitian Yatias, (2015) menunjukan hubungan yang signifikan antara pendidikan responden dengan pemanfaatan tumbuhan obat. Pendidikan seseorang sangat berpengaruh kepada pemahaman, pengetahuannya dan aplikasi pembudidayaan tanaman obat keluarga.

Pendidikan yang tinggi membuat masyarakat dapat lebih menerapkan smart living dalam pemanfaatan tanaman obat di perkotaan telah terlaksana melalui penerapan program pemerintah (Smart Government) yang memanfaatkan lahan pekarangan sebagai media untuk budidaya tanaman obat. Terlihat pada keberhasilan sosialisasi pemerintah yang dilakukan oleh Puskesmas Kecamatan Pasar Rebo dengan pergerakan PKK Rt 011, Rw003, Kalisari, Pasar Rebo, Jakarta Timur, terlihat dari ada hubungan yang signifikan antara penyakit degeneratif yang diderita dan informasi yang didapat mengenai manfaat, cara mengelola, cara mendapatkan, dan jenis

tanaman obat keluarga (TOGA) yang dimanfaatkan. Pemanfaatan tanaman obat yang dikenal dengan jamu. Jamu meliputi segala bahan alam yang diolah atau diracik, menurut cara tradisional untuk memperkuat badan manusia, mencegah penyakit atau menyembuhkan manusia yang menderita penyakit. Biasanya jamu digunakan dalam pengobatan komplementer alternatif yaitu pengobatan non konvensional yang bertujuan untuk upaya preventif, promotif, dan kuratif dalam meningkatkan derajat kesehatan masyarakat perkotaan dan pedesaan (Ahmad,2012). Penelitian Sudewa *et al.* (2014) yang menyatakan ada pengaruh konsumsi buah mahkota dewa terhadap penurunan tekanan darah pada penderita hipertensi, sehingga buah mahkota dewa dapat dijadikan sebagai alternatif obat herbal untuk menurunkan tekanan darah tinggi. Masyarakat Indonesia yang hidup dipertanian kini telah mulai banyak memanfaatkan tanaman obat keluarga untuk mengatasi penyakit degeneratif yang mereka derita.

Terdapat hubungan yang signifikan antara informasi yang didapat mengenai manfaat tanaman obat keluarga (TOGA) terhadap jenis tanaman obat keluarga (TOGA) yang dimanfaatkan, cara mendapatkannya, cara mengelolanya, dan cara budidayanya. ada hubungan signifikan antara pengetahuan dan sikap yang dimiliki masyarakat dengan penggunaan obat herbal pada pasien hipertensi (Astuti, 2016). Pemanfaatan pengobatan tradisional mulai dilakukan masyarakat. Adapun faktor yang melatarbelakangi teknik pengobatannya alami, efek sampingnya kecil, biaya pengobatan lebih murah daripada pengobatan modern (Effendi, 2013). Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1109/Menkes/Per/IX/2007 menyatakan pengobatan komplementer alternatif dilakukan sebagai upaya pelayanan yang berkesinambungan untuk meningkatkan derajat kesehatan masyarakat mulai dari peningkatan kesehatan (*promotif*), pencegahan penyakit (*preventif*), penyembuhan penyakit (*kuratif*) dan pemulihan (*rehabilitatif*). Pemerintah telah menerapkan dan mensosialisasikan informasi mengenai pemanfaatan tanaman obat keluarga sebagai alternatif peningkatan kesehatan masyarakat Indonesia.

Hasil uji komparatif juga menunjukkan ada hubungan yang signifikan antara cara mendapatkan tanaman obat keluarga (TOGA) terhadap cara budidaya dan cara mengelola tanaman obat keluarga (TOGA). Serta menunjukkan ada hubungan yang signifikan antara cara budidaya tanaman obat keluarga (TOGA) terhadap cara mengelola tanaman obat keluarga (TOGA). Setiap daerah memiliki sistem pemanfaatan tumbuhan yang khas dan berbeda dengan daerah lainnya. Sistem pemanfaatan ini berkaitan dengan keanekaragaman tumbuhan di masing-masing daerah. Pendekatan penduduk lokal terhadap manajemen pemanfaatan ekosistem alam merupakan model jangka panjang dalam menopang kebutuhan hidup manusia. Selain itu, manajemen sumber daya alam tradisional mampu mempertegas hubungan antara sistem konservasi dengan pemanfaatan keanekaragaman hayati (Kandowanko *et al.*, 2011).

Contoh Smart Living masyarakat perkotaan terlihat pada pemanfaatan tanaman obat di kota Bogor sudah dimasukkan dalam program pembinaan kesejahteraan keluarga, sedangkan di kota Karang Anyar, Gianyar, dan Sumenep dimasukkan dalam program ekonomi dan program tanaman obat yang berasal dari tanaman hias (Sari *et al.* 2015). Dari penelitian terlihat bahwa konsep Smart Living melalui pemanfaatan tanaman obat oleh warga RT 011, RW 003, Kalisari, Pasar Rebo, Jakarta Timur, telah terlaksana melalui penerapan program pemerintah (Smart Government) yang menganjurkan pemanfaatan lahan pekarangan sebagai media untuk budidaya tanaman obat. Fasilitas pelayanan kesehatan dapat menyediakan informasi mengenai tanaman obat, sehingga pola pikir masyarakat perkotaan dapat berubah untuk memanfaatkan tanaman obat (Ahmad, 2012). Kemudahan masyarakat dalam mengolah tanaman obat dengan direbus (jamu godok) banyak digunakan dan dirasakan efek sampingnya ringan. Cara pemanfaatan lainnya dengan dimakan langsung (dilalap), dibuat teh, di jus dan diambil sari patinya (dibuat Jamu) (Hadi *et al.*, 2015). Tanaman obat diperoleh masyarakat dengan cara budidaya, membelinya di pasar, dan mengambil tanaman liar.

PENUTUP

Dari studi kasus dapat ditarik kesimpulan penyakit degeneratif yang banyak diderita oleh masyarakat Indonesia adalah Hipertensi dan Diabetes Melitus. Masyarakat Indonesia khususnya warga Rt. 011, Rw. 003, Kalisari, Jakarta Timur memiliki pengetahuan baik mengenai pemanfaatan tanaman obat keluarga untuk kesehatannya. Adapun hal tersebut dipengaruhi dari sumber informasi yang didapat masyarakat di Indonesia khususnya warga Rt. 011, Rw. 003, Kalisari, Jakarta Timur mengenai pemanfaatan tanaman obat keluarga (TOGA) tidak hanya dari warisan tradisi orang tua (nenek moyang), tetapi juga dari peranan sosialisasi dan pantauan dari pemerintah seperti Dinas Pertanian, Dinas Kesehatan, Puskesmas, aparat desa, dan Tim Penggerak PKK, serta teman seprofesi yang sangat berguna dalam penggerakan masyarakat dalam memanfaatkan tanaman obat keluarga (TOGA).

Keberhasilan penerapan program pemerintah (*Smart Government*) mengenai pemanfaatan lahan pekarangan sebagai media untuk budidaya tanaman obat. adanya fasilitas pelayanan kesehatan dapat menyediakan informasi mengenai tanaman obat, sehingga pola pikir masyarakat perkotaan dapat berubah untuk memanfaatkan tanaman obat (*Smart Living*). Persentase jenis tanaman berkhasiat obat yang digunakan untuk pengobatan penyakit degeneratif. Hasil studi kasus di Jakarta Timur menunjukkan penyakit yang diderita responden sebesar 20% (6 dari 30 responden) menderita Hipertensi, sebesar 16,7% (5 dari 30 responden) menderita Diabetes Melitus, 10% (3 dari 30 responden) menderita Stroke. Sebesar 10% (3 dari 30 responden) menderita Rematik, 6,7% (2 dari 30 responden) menderita Penyakit Jantung Koroner (PJK), 6,7% (2 dari 30 responden) Gagal Ginjal Kronik (GGK), 6,7% (2 dari 30 responden) Tumor, Kanker, 6,7% (2 dari 30 responden) Asam Urat, dan 6,7% (2 dari 30 responden) menderita Sirosis Hepatis, 3,3% (1 dari 30 responden) menderita Penyakit Paru Obstruksi Kronik (PPOK). Hasil menunjukkan ada hubungan yang signifikan antara penyakit degeneratif yang diderita responden terhadap informasi yang didapat mengenai manfaat, cara mengelola, cara mendapatkan, dan jenis tanaman obat keluarga (TOGA) yang dimanfaatkan. Informasi yang

disampaikan oleh puskesmas dapat meningkatkan pengetahuan responden mengenai kesesuaian jenis tanaman obat dengan penyakit degeneratif yang diderita, serta cara mengelola, dan cara mendapatkan tanaman obat.

Responden yang menderita penyakit degeneratif sebesar 40% (12 dari 30 responden) pada usia 31-50 tahun. Hasil menunjukkan ada hubungan yang signifikan antara usia responden terhadap informasi yang didapat mengenai manfaat, cara mengelola, cara mendapatkan, dan cara budidaya tanaman obat keluarga (TOGA). Bertambahnya usia dan pengalaman dalam penggunaan tanaman obat memang membuat seseorang semakin membaik pengetahuannya dan percaya bila tanaman obat dapat mengobati penyakit degeneratif. Mayoritas responden wanita menderita penyakit degeneratif sebesar 60% (18 dari 30 responden). Hasil menunjukkan ada hubungan yang signifikan antara jenis kelamin responden terhadap penyakit degeneratif yang diderita, jenis tanaman obat keluarga (TOGA) yang dimanfaatkan, dan cara budidayanya.

Pendidikan responden adalah SMA sebesar Pendidikan 70% (21 dari 30 responden). Hasil menunjukkan ada hubungan yang signifikan antara pendidikan responden terhadap penyakit degeneratif yang diderita, informasi yang didapat mengenai manfaat, dan cara budidaya tanaman obat keluarga (TOGA). Pendidikan seseorang sangat berpengaruh kepada pemahaman, pengetahuannya dan aplikasi pembudidayaan tanaman obat keluarga. Informasi yang di dapat dari penyuluhan Puskesmas atau Tim Kesehatan mengenai tanaman obat keluarga (TOGA) melalui sebesar 53% (16 dari 30 responden). Hasil studi kasus terdapat hubungan yang signifikan antara informasi yang didapat mengenai manfaat tanaman obat keluarga (TOGA) terhadap jenis tanaman obat keluarga (TOGA) yang dimanfaatkan, cara mendapatkannya, cara mengelolanya, dan cara budidayanya. Penaran sosialisasi yang dilakukan oleh pemerintah (*Smart Government*) melalui puskesmas, membuat pola pikir masyarakat perkotaan dapat berubah untuk memanfaatkan tanaman obat (*Smart Living*) untuk mengatasi penyakit degeneratif yang mereka dan keluarga derita.

Pendidikan responden yang didukung oleh informasi yang diberikan oleh puskesmas melalui sosialisasi, membuat responden memiliki pengetahuan yang baik sebesar 53% (16 dari 30 responden) untuk memahami sosialisasi yang diberikan pemerintah melalui puskesmas, yang didukung dengan jawaban responden yang mengatakan bahwa informasi yang didapatkan mengenai tanaman obat keluarga (TOGA) melalui penyuluhan Puskesmas atau Tim Kesehatan sebesar 53% (16 dari 30 responden). Jenis tanaman obat keluarga (TOGA) yang digunakan oleh masyarakat di Kalisari yaitu sebesar 10% (3 dari 30 responden) memanfaatkan mentimun, 10% (3 dari 30 responden) memanfaatkan bawang putih, 10% (3 dari 30 responden) memanfaatkan daun seledri, 10% (3 dari 30 responden) memanfaatkan daun insulin, 10% (3 dari 30 responden) memanfaatkan daun sirsak, 10% (3 dari 30 responden) memanfaatkan semua jenis kunyit. Sebesar 6,7% (2 dari 30 responden) memanfaatkan temu mangga, 6,7% (2 dari 30 responden) memanfaatkan akar alang-alang, 6,7% (2 dari 30 responden) memanfaatkan mahkota dewa, 6,7% (2 dari 30 responden) memanfaatkan Jahe. Sebesar 3,3% (1 dari 30 responden) memanfaatkan daun sirih, 3,3% (1 dari 30 responden) memanfaatkan belimbing wuluh, 3,3% (1 dari 30 responden) memanfaatkan kumis kucing, 3,3% (1 dari 30 responden) memanfaatkan kayu manis.

Hasil ini menunjukkan ada hubungan yang signifikan antara cara mendapatkan tanaman obat keluarga (TOGA) terhadap cara budidaya dan cara mengelola tanaman obat keluarga (TOGA). Serta menunjukkan ada hubungan yang signifikan antara cara budidaya tanaman obat keluarga (TOGA) terhadap cara mengelola tanaman obat keluarga (TOGA). Tanaman obat diperoleh masyarakat dengan cara budidaya, membelinya di pasar, dan mengambil tanaman liar. Tanaman obat juga di kelola untuk dikonsumsi dengan bermacam-macam cara sesuai selera dan kebiasaan masyarakat di Indonesia sesuai dengan daerah masing-masing. Cara membudidayakan tanaman obat dengan hidroponik, aquaponik, dan apotik hidup dapat di terapkan pada masyarakat perkotaan, sehingga masyarakat perkotaan dapat merasakan manfaat dari tanaman obat.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdiyani, S., 2008. Keanekaragaman Jenis Tumbuhan Bawah Berkhasiat Obat di Dataran Tinggi Dieng. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam* 5(1):79-92
- Agustina Setiawati. (2016). "The inhibition of *Typhonium flagelliforme* Lodd. Blume leaf extract on COX-2 expression of WiDr colon cancer cells" 6, 3, February Elsevier Nomor: 2221-1691, DOI: 10.1016/j.apjtb.2015.12.012. *Asian Pasific Journal of Tropical Biomedicine*.
- Ahdani, S. (2014). Gambaran Pengetahuan Masyarakat Tentang Tanaman Obat Keluarga (TOGA) Bagi Kesehatan Di RT 02 RW 02 Desa Maron Kecamatan Kauman Kabupaten Ponorogo. Ponorogo : Universitas Muhammadiyah Ponorogo.
- Ahmad, A.F. (2012). Analisis Penggunaan Jamu Untuk Pengobatan Pada Pasien Di Klinik Saintifikasi Jamu Hortus Medicus Tawangmangu. Depok : Universitas Indonesia.
- Aini, L.N. (2017). Analisis Deskriptif Kualitatif tentang Proses Komunikasi dalam Sosialisasi Tim Penggerak PKK Desa Ngunut Mengenai Pemanfaatan TOGA kepada Masyarakat di Desa Ngunut, Kecamatan Jumantono, Kabupaten Karanganyar. Surakarta : Universitas Sebelas Maret.
- Astuti, A. (2016). Tiga Faktor Penggunaan Obat Herbal Hipertensi di Kota Jambi. *Journal Endurance*, Vol. 1, No. 2, Hal. 81-87.
- Atmojo, E.S. (2015). Pengenalan Etnobotani Pemanfaatan Tanaman Sebagai Obat Kepada Masyarakat Desa Cabak Jiken Kabupaten Blora. Yogyakarta : FKIP-Universitas PGRI Yogyakarta.
- Badan Pusat Statistik-Statistics Indonesia (BPS), (2008). National Family Planning Coordinating Board, Ministry of Health, ORC

- Macro. Indonesia Demographic and Health Survey 2007. Calverton, Maryland: BPS and ORC Macro. Indonesia: Badan Pusat Statistik-Statistics Indonesia.
- Biofarmaka IPB. (2015). *Tanaman Obat*. Bogor: Pusat Studi Biofarmaka
- Effendi, M. (2013). *Pemanfaatan Sistem Pengobatan Tradisional (Batra) di Puskesmas*. Surabaya: FISP-UNAIR.
- Fitriyah, N., Purwa, M.K., Alfiyanto, A.M., Mulyadi., Wahuningsih, N., Kismanto, J. (2013). *Obat Herbal Antibakteri Ala Tanaman Binahong. Jurnal KesMaDaSka*. Surakarta: STIKes Kusuma Husada Surakarta.
- Hadi, E.E.W., Widyastuti, S.M., & Wahyuono, S. (2015). *Keanekaragaman dan Pemanfaatan Tumbuhan Bawah Pada Sistem Agroforestri di Perbukitan Menoreh, Kabupaten Progo. Jurnal Manusia dan Lingkungan, 23 (2), 206-215.*
- Handajani, A., Roosihermatie, B., Maryani, H. (2010). *Faktor-Faktor yang Berhubungan dengan Pola Kematian Pada Penyakit Degeneratif di Indonesia. Buletin Penelitian Sistem Kesehatan. Vol. 13. No. 1. Jakarta: Badan Litbangkes Kemenkes RI.*
- Harjawinata, M.B., Hardhienata, S., & Qur'ania, A. (2015). *Aplikasi Pencocokan Jenis Tanaman Obat Berdasarkan Penyakit Berbasis WEB*. Bogor: UNPAK.
- Hikmat, A., Zuhud, E.A.M., Siswoyo., Sandra, E., Sari, R.K. (2011). *Revitalisasi Konservasi Tumbuhan Obat Keluarga (TOGA) Guna Meningkatkan Kesehatan dan Ekonomi Keluarga Mandiri di Desa Contoh Lingkar Kampus IPB Darmaga Bogor*. Bogor: IPB.
- Jennifer, H dan Saptutyingsih. (2015). *Preferensi Individu Terhadap Pengobatan Tradisional di Indonesia. Jurnal Ekonomi dan Studi Pembangunan, 16 (1), 26-41.*

- Ikaditya, L. (2016). Hubungan Karakteristik Umur dan Tingkat Pendidikan Terhadap Pengetahuan Tentang Tanaman Obat Keluarga (TOGA). *Jurnal Kesehatan Bakti Tunas Husada*. 16(1), Tasikmalaya : Poltekes Kemenkes Tasikmalaya.
- Kandari, L.S., Phondani, P.C., Payal, K.C. Rao, K.S. & Maikhuri, R.K. (2012). Ethnobotani Study toward Conservation of Medicinal and Aromatic Plant in Upper Catchments of Dhauli Ganga in the Central Himalaya. *Jurnal of Mountain Science*, 9, 286-296.
- Kandowangko, N., Solang, M., & Ahmad, J. (2011). Kajian Etnobotani Tumbuhan Obat oleh Masyarakat Kabupaten Bonebolango Provinsi Gorontalo. Laporan Penelitian Etnobotani Tanaman Obat. Jurusan Biologi FMIPA. Universitas Negri Gorontalo. Gorontalo: Universitas Negri Gorontalo.
- Karo-karo, U. (2010). Pemanfaatan Tanaman Obat Keluarga di Kelurahan Tanah 600, Medan. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Nasional*, 4(5).
- Katno, P.S. (2009). Tingkat Manfaat dan Keamanan Tanaman Obat dan Obat Tradisional. Balai Penelitian Obat Tawangmangu. Fakultas Farmasi Universitas Gajah Mada. Yogyakarta: Fakultas Farmasi UGM.
- Kartidjo. P., Puspawati, R., Sutarna., Purnamasari, N. (2014). Evaluasi Penggunaan Obat Penyakit Degeneratif Di Poliklinik Spesialis Rawat Jalan Rumah Sakit Umum Pusat Dr. Hasan Sadikin Bandung. *Kartika Jurnal Ilmiah Farmasi*. 2. (1). 35-44.
- Kementerian Kesehatan. (2016). Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 9 Tahun 2016. Jakarta: Kementerian Kesehatan.
- Kementerian Kesehatan. (2013). Gambaran Kesehatan Lanjut Usia di Indonesia. Jakarta: Buletin Jendela Data dan Informasi Kesehatan. Kementerian Kesehatan RI.

Kementerian Kesehatan (2012). Penyakit Tidak Menular. Buletin Jendela Data dan Informasi Kesehatan. Jakarta: Kementerian Kesehatan.

Keputusan Menteri Kesehatan (2007). Keputusan Menteri Kesehatan RI No. 381/Menkes/SK/III/2007. Jakarta: Keputusan Menteri Kesehatan.

Kementerian Kesehatan (2007). Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1109/Menkes/Per/IX/2007. Jakarta: Kementerian Kesehatan.

Keputusan Menteri Kesehatan (2004). Keputusan Menteri Kesehatan RI No.131/Menkes/SK/II/2004. Jakarta: Keputusan Menteri Kesehatan.

Kusumedi, P. dan Jariyah, N.A., 2010. Analisis Finansial Pengelolaan Agroforestri Dengan Pola Sengon Kapulaga di Desa Tirip, Kecamatan Wadaslintang, Kabupaten Wonosobo. *Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan*, 7(2):93-100.

Martono, Y., Setiawan, A. (2017). SABDA TOGA (Sarana Budidaya Tanaman Obat Keluarga) Daerah Perkotaan di RT 04 dan 06 RW 07 Kelurahan Tegalrejo Kota Salatiga. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Indonesia*, 1(1), 1-5.

Ningtias, F.A., Asyiah, N.I., Pujiastuti. (2014). Manfaat Daun Sirih (*Piper betle L.*) Sebagai Obat tradisional Penyakit Dalam di Kecamatan Kalianget Kabupaten Sumenep Madura. Jember: Universitas Jember.

Notoatmodjo, Soekidjo (2007). Promosi Kesehatan dan Ilmu Perilaku, Jakarta: Rineka Cipta.

Nursiyah. (2013). Studi Deskriptif Tanaman Obat Tradisional Yang Digunakan Orangtua Untuk Kesehatan Anak Usia Dini di Gugus

Melati Kecamatan Kalikajar Kabupaten Wonosobo. Semarang: UNNES.

Nurmayulis & Hermita, N. (2015). Potensi Tumbuhan Obat Dalam Upaya Pemanfaatan Lahan Pekarangan Oleh Masyarakat Desa Cimenteng Kawasan Taman Nasional Ujung Kulon. *Jurnal Agrologia*, 4(1), 1-7.

Oktaviani, F.S. (2015). Persepsi Masyarakat Terhadap Peran Dan Kepentingan Tokoh Dalam Penyebaran Pengetahuan Tanaman Obat. Bogor: IPB.

Rahmawati, U., Suryani, E., Mukhlason, A. (2012). Pengembangan Repository Pengetahuan Berbasis Ontologi untuk Tanaman Obat Indonesia, *Jurnal Teknik POMITS*, 1 (1), 1-6.

Roidah, I.S. (2014). Pemanfaatan Lahan Dengan Menggunakan Sistem Hidroponik. *Jurnal Universitas Tulungagung Bonorowo*, 1(2).

Sari, I.D., Yuniar, Y., Siahaan, S., Riswati., Syaripuddin, M. (2015). Tradisi Masyarakat dalam Penanaman dan Pemanfaatan Tumbuhan Obat Lekat di Pekarangan. *Jurnal Kefarmasian Indonesia*, 5(2).

Setiawan, H & Qiptiyah, M. (2013). Kajian Etnobotani Masyarakat Adat Suku Moronene di Taman Nasional Rawa AOPA Watumohai. Sulawesi Selatan : Balai Penelitian Kehutanan Makasar.

Silvina, F & Syafrinal. (2008). Penggunaan Berbagai Medium Tanam dan Konsentrasi Pupuk Organik Cair pada Pertumbuhan dan Produksi Mentimun Jepang (*Cucumis sativus*) Secara Hidroponik. *Jurnal SAGU*. 7(1), 7-12.

Setijaningsih, L & Suryaningrum, L.H. (2015). Pemanfaatan Limbah Budidaya Ikan Lele (*Clarias batrachus*) Untuk Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) Dengan Sistem Resirkulasi. *Jurnal Ilmu-Ilmu Hayati*. 14(3).

- Situmorang, R.O.P & Harianja, A. H. (2014). Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kearifan Lokal Pemanfaatan Obat-Obatan Tradisional Oleh Etnik Karo. Sumatera Utara: Balai Penelitian Aek Nauli.
- Sudewa, I.W.B., Ismato, Y.A., Rompas, S. (2014). Pengaruh Buah Mahkota Dewa (*Phaleria macrocarpa*) terhadap Penurunan Tekanan Darah pada Penderita Hipertensi di Desa Werdhi Agung Kecamatan Dumoga Tengah Kabupaten Bolaang Mongondow. Manado: UNSRAT.
- Suryadharma, I. (2008). *Diktat Kuliah Etnobotani*. Jurusan Pendidikan Biologi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Yogyakarta: UNY.
- Sumarmiyati, Rahayu, P.W.S. (2015). Potensi Pengembangan Tanaman Obat Lokal Skala Rumah Tangga Untuk Mendukung Kemandirian Pangan dan Obat di Samarinda, Kalimantan Timur. *ProsSemNasMasBiodivIndon*, 1(2), 330-336.
- Susanto, A. (2017). Komunikasi Dalam Sosialisasi Tanaman Obat Keluarga (TOGA) di Kecamatan Margadana. *Jurnal Para Pemikir*, 6(1).
- Sutisna, E.M. (2013). Penyakit Degeneratif. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Syarif, P., Suryotomo, B., Soeprpto, H. (2011). Diskripsi dan Manfaat Tanaman Obat di Pedesaan, Sebagai Upaya Pemberdayaan Apotik Hidup (Studi Kasus di Kecamatan Wonokerto). Pekalongan: Universitas Pekalongan.
- Wahyuni, S. (2010). Faktor-Faktor Yang Berhubungan Dengan Penyakit Diabetes Melitus (DM) Daerah Perkotaan Di Indonesia Tahun 2007. Jakarta: UIN.

- Wardatun, S. (2011). Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Etanol Akar, Kulit Batang, dan Daun Tanaman Sambiloto (*Andrographis paniculata* Ness.) dengan Metode Lonoleat-Tiosianat. Bogor: UNPAK.
- Widyawati, A.T., Rizal.M. (2015). Upaya pemberdayaan apotik hidup di perkotaan melalui deskripsi dan manfaat tanaman obat. *Prosiding Sem Nas Masyarakat Biodiversitas Indonesia*, 1(8), 1890-1895.
- Widyasari, N. (2017). Hubungan Karakteristik Responden Dengan Risiko Diabetes Melitus Dan Dislipidemia Kelurahan Tanah Kalikeding. Jawa Timur: Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Timur.
- Widyawati, A & Rizal. M. (2015). Upaya Pemberdayaan Apotik Hidup di Perkotaan Melalui Deskripsi Dan Manfaat Tanaman Obat. Surakarta: UNS.
- Yatias, E.A. (2015). Etnobotani Tumbuhan Obat Di Desa Neglasari Kecamatan Nyalindung Kabupaten Sukabumi Provinsi Jawa Barat. Jakarta: UIN.
- Yuliana, P., Dewi, A.P., Hasneli, Y. (2013). Hubungan Karakteristik Keluarga dan Jenis Penyakit terhadap Pemanfaatan Pelayanan Kesehatan. Riau: UNRI.

PENGGUNAAN SEL PUNCA UNTUK TERAPI SEL JANTUNG

Diki & Soraya Habibi

PENDAHULUAN

Salah satu penyakit yang menyebabkan kematian adalah penyakit jantung, khususnya infark jantung. Penderita penyakit jantung di Amerika Serikat mencapai sedikitnya 5,1 juta orang dan diperkirakan akan meningkat sampai 25 % pada tahun 2030 (Libonati, 2015). Selain itu, penyakit jantung adalah penyebab kematian paling banyak pada orang dewasa dan penyakit non infeksi paling banyak pada anak-anak (Libonati, 2015). Bahkan jumlah orang yang menderita gangguan jantung mencapai 80 juta orang di Amerika Serikat. Diperkirakan bahwa penyakit jantung merupakan akan menjadi penyakit yang menyebabkan kematian terbanyak di dunia pada tahun 2020 (Aguire *et al.*, 2013).

Dewasa ini, salah satu upaya peningkatan kesehatan adalah melalui penerapan konsep smart city. Tulisan ini bermaksud menjelaskan penerapan konsep smart city dalam pengobatan penyakit jantung melalui teknologi sel punca. Secara khusus, konsep

smart city dalam tulisan ini dimaksudkan sebagai penerapan perangkat yang berbasis teknologi informasi.

Penggunaan teknologi teknologi informasi, misalnya yang adalah inti dari konsep smart city untuk peningkatan kualitas kesehatan masyarakat perkotaan. World Health Organization menerapkan adanya konsep healthy city, yaitu kota yang selalu menciptakan dan meningkatkan kondisi fisik dan sosial yang memungkinkan orang untuk saling mendukung sesama. Konsep healthy city juga menekankan pentingnya investasi dalam penyediaan infrastruktur teknologi informasi (Boulos & Shorbaji, 2014). Dengan demikian, konsep smart city bertujuan untuk meningkatkan pelayanan kesehatan melalui penggunaan teknologi informasi

Penggunaan teknologi informasi dalam smart city dapat menunjang teknologi bar seperti sel punca. Menurut Walls (2010), penggunaan smart system (sistem cerdas) meliputi peralatan sensor yang terkoneksi internet. Peralatan sensor tersebut memiliki ciri penting seperti dapat dipersonalisasi (Solanas *et al.*, 2014). Sifat ini sangat penting karena penggunaan sel punca memiliki kekhususan dalam hal asal selnya dan pengaruh sifat imunitas yang berbeda pada tiap orang. Penggunaan sistem cerdas dapat membantu penelitian tentang sel punca, karena sistem ini dapat menghubungkan berbagai lokasi penelitian (Lee *et al.*, 2016).

Sel punca merupakan sel yang menyerupai sel embrio dalam tubuh manusia dewasa. Sel ini dapat digunakan dalam pengobatan, termasuk dalam melakukan terapi gen. Sel punca dapat mengganti atau meregenerasi sel tubuh yang sudah rusak (NAS, 2009). Dalam pengobatan penyakit infark jantung, sel punca digunakan untuk meregenerasi sel jantung yang rusak.

KONSEP SMART CITY DI BIDANG KESEHATAN

Adanya teknologi komputer yang terkoneksi internet memungkinkan pemantauan kesehatan secara jarak jauh atau disebut telemedicine. Lee *et al.*, (2016) menyampaikan tentang penggunaan telemedicine di Singapura. Pusat kesehatan menggunakan perangkat seperti smart watches (jam tangan cerdas) dan c (pakaian cerdas).

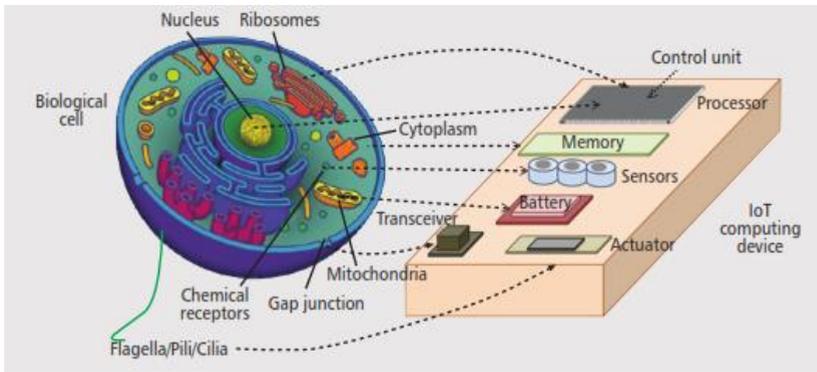
Peralatan ini terhubung melalui internet ke pusat kesehatan. Dengan demikian, data kesehatan pengguna perangkat ini seperti tekanan darah, detak jantung, dan suhu tubuh dapat langsung terkirim ke pusat kesehatan dari tempat tinggal atau tempat bekerja. Data tersebut merupakan sebagian data yang berguna dalam memantau tingkat kesehatan jantung.

Penggunaan sensor yang terhubung ke internet juga dapat digunakan untuk memantau keadaan tubuh bagian dalam seorang pasien dan membuat keputusan tentang pengobatan pasien. Akyildiz *et al.*, (2015) menggunakan biosensor yang terhubung dengan internet. Berbeda dengan Lee *et al.*, (2016), konsep penggunaan biosensor oleh Akyildiz *et al.*, lebih mengutamakan kemampuan perangkat cerdas itu untuk melakukatindakan pemberian obat. Konsep Akyildiz ini didasarkan pada Internet of Things (IoT).

Internet of Things berarti adanya berbagai peralatan (sensor, peralatan elektronik) yang terkoneksi satu sama lain melalui internet dan dapat berhubungan secara otonom satu sama lain (Akyildiz *et al.*, 2015; De Farias, Pirmez, Costa, De Farias, F. M. , 2017). Menurut Akriyildiz *et al.*, penggunaan IoT adalah dalam pengamatan lingkungan, komunikasi antar mesin, dan smart city.

Perkembangan dalam bidang nanoteknologi menyebabkan terciptanya peralatan sensor berukuran sangat kecil. Ukuran peralatan itu adalah sekitar beberapa ratus nanometer. Menurut De Farias *et al.*, (2017), peralatan seperti ini disebut nanomachines. Peralatan nanomachines seperti ini adalah bagian dari Internet of Nano Things (INT) (Akyildiz *et al.*, 2015).

Penggunaan IoT berkembang ke arah penggunaan peralatan yang kecil, tersembunyi, dan nonintrusive untuk mengamati proses biologis dalam tubuh manusia. Perkembangan ini dinamakan Internet of Bio-Nano Things (IBNT). Contoh penggunaan IBNT adalah alat sensor berukuran sangat kecil yang berada di dalam tubuh pasien, yang dapat dilihat pada Gambar 1 (Akyildiz *et al.*, 2015).



Sumber: Akyildiz *et al.* (2015)

Gambar 1. Diagram Alat Sensor Internet of Bio-Nano Things dan Contoh Sebuah Sel Mahluk Hidup.

Satu model IBNT diperlihatkan oleh Akyildiz *et al.*, (2015) dengan membandingkan sebuah perangkat IBNT dengan sebuah model sel. Model itu terdiri atas unit kontrol, unit memori, unit proses, unit tenaga, unit komunikasi. Kesemua unit itu terkait dengan masing-masing organel sel. Unit kontrol adalah bagian dari IoT yang berhubungan dengan inti sel, khususnya pada bagian DNA. DNA adalah komponen sel yang berisi basis data bagi sel dan mengatur aktivitas sel. Maka bagian yang relevan dengan DNA pada IoT adalah softwarena.

Adanya perkembangan IBNT dapat membantu dokter dan peneliti dalam mengamati perkembangan suatu percobaan tentang sel punca dalam mengatasi kerusakan jaringan jantung. Sensor yang digunakan dapat mendeteksi kadar zat kimia tertentu yang menjadi acuan bagi keberhasilan atau kegagalan sel punca berdiferensiasi. Adanya koneksi antara sensor tersebut dengan internet akan sangat membantu kecepatan peneliti dan dokter untuk mendapatkan hasil yang akurat dan cepat. Akyildiz *et. al* (2015) menyebutkan contoh bahwa pertukaran ion Ca^{2+} sebagai fenomena yang dapat diamati dengan IBNT.

Menurut Farias *et al.*, (2017), masih terdapat tantangan dalam pelaksanaan IBNT. Tantangan tersebut berupa tersedianya

infrastruktur komunikasi yang handal dan terkoneksi dengan internet. Sejauh ini, belum ada penggunaan IBNT untuk memantau penggunaan sel punca dalam regenerasi sel jantung melalui sel punca. Untuk itu perlu ada tulisan mengenai sejauh mana IBNT dapat membantu dalam penggunaan sel punca untuk mengobati kerusakan sel jantung.

PENYAKIT INFARK JANTUNG

Penyakit infark jantung atau myocardial infarction (MI) disebabkan karena kerusakan pada otot jantung. Kerusakan itu terjadi karena berhentinya aliran oksigen ke jaringan otot ventrikel. Penyebab terhentinya aliran oksigen adalah sumbatan pada pembuluh darah arteri (Aguire *et al.*, 2013). Sumbatan itu dapat disebabkan oleh sel darah putih, lemak, atau kolesterol. Adanya penyumbatan itu menyebabkan jantung tidak mendapatkan pasokan darah. Akibatnya, jaringan jantung akan mati. Matinya jaringan itu bersifat permanen yang diiringi kematian otot jantung. Karena itu, kerusakan otot jantung merupakan penyakit yang mematikan (Gerbin & Murry, 2015).

Jaringan otot jantung memiliki daya regenerasi yang terbatas. Menurut Aguire *et al.*, (2013), jantung pada mamalia dewasa dianggap sebagai organ yang selnya sudah berhenti dari aktivitas differensiasi. Kematian pada penderita penyakit MI disebabkan karena kematian sel pada jaringan jantung mengganggu kerja jantung. Padahal sel otot jantung tidak dapat mengalami regenerasi.

POTENSI REGENERASI SEL OTOT JANTUNG MENGGUNAKAN SEL PUNCA

Tulisan ini membahas kemungkinan adanya regenerasi otot jantung dengan sel punca. Adanya kemampuan regenerasi sel otot jantung dapat membantu penyembuhan penderita MI. Sejumlah penelitian menunjukkan adanya kemungkinan melakukan regenerasi sel untuk membentuk jaringan baru (Gnecchi, 2012).

Peluang adanya regenerasi sel otot jantung diamati oleh Beltrami *et al.*, (2001). Penelitian Beltrami dkk. adalah mengamati tingkatan mitosis pada sel myosit pasien yang menderita penyakit MI. Penelitian

Beltrami dilakukan dengan mengamati adanya antigen Ki-67. Adanya antigen ini merupakan ciri adanya mitosis sel. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa 4 % dari myocyte mengalami mitosis di dekat lokasi jaringan yang terkena MI. Di jaringan yang jauh dari lokasi MI, mitosis berlangsung sebesar 1 %.

Adanya peristiwa mitosis pada sel myosit menunjukkan bahwa sel jantung dapat mengalami diferensiasi. Proses diferensiasi ini dapat membantu pemulihan pasien MI yang mengalami kerusakan jaringan akibat matinya sel yang tidak mendapat oksigen.

PENGERTIAN SEL PUNCA

Sel punca merupakan sel yang akan membentuk berbagai sel tubuh manusia. Sel punca adalah sel bersifat embrionik. Sel punca memiliki kemampuan berdiferensiasi menjadi sel tubuh yang berbeda jenisnya. Kemampuan berdiferensiasi itu berbeda-beda pada tiap jenis sel. a tiga macam kemampuan sel untuk berdiferensiasi. Ketiga kemampuan itu adalah totipotensi, pluripotensi, dan multipotensi. Kemampuan berdiferensiasi pada jenis totipotensi ini adalah yang paling luas. Totipotensi adalah sifat untuk berdiferensiasi menjadi satu makhluk hidup utuh. Sifat ini dimiliki oleh zigot pada tahap morula (Li *et al*, 2017). Sifat diferensiasi yang lebih terbatas adalah pluripotensi. Sifat ini dimiliki sel punca embrio pada tahap blastula. Sel punca jenis ini dapat berdiferensiasi menjadi endoderm, mesoderm, dan ektoderm (Li *et al.*, 2017). Sifat diferensiasi ketiga, yaitu multipotensi bersifat lebih terbatas dari kedua kemampuan diferensiasi lainnya. Sifat multipotensi dimiliki oleh stem sel dewasa. Sel punca dewasa berjumlah sedikit di dalam jaringan yang sudah berdiferensiasi. Sel punca dewasa berperan dalam pemeliharaan jaringan. Sel stem dewasa hanya membentuk sel yang sejenis, misalnya sel yang ada dalam satu sistem organ tertentu (Li *et al.*, 2017).

Ada dua jenis sel punca dari asal mulanya. Yang pertama adalah embryonic stem cell (ESC) yang berasal dari jaringan sel embrio pada tahap blastosis. Pada manusia, tikus, dan primata, embrio pada tahap ini merupakan bola yang terdiri atas 100 sel (Alam, Ishfaq, & Kanam,

2016). Sel punca jenis ini memiliki sifat pluripoten dan kemampuan regenerasi yang luas (Bajada, 2008). Kemampuan pluripoten sel punca embrio dapat berguna bagi penyembuhan kerusakan jantung. Sel punca embrio dapat dikultur hingga beberapa generasi. Kemampuan untuk dikultur ini memudahkan dalam penelitian untuk penggunaan sel tersebut bagi penyakit jantung. Sel punca embrio juga dapat menghasilkan cardiac progenitor cell (Alam, Ishfaq, & Kanam, 2016). Cardiac progenitor cell merupakan salah satu jenis sel punca yang dapat membantu terbentuknya sel cardiomyocyte pada jantung. Alam, Ishfaq, & Kanam juga menyebutkan kemungkinan penggunaan sel punca embrio untuk mengatasi penyakit infark jantung, walaupun masih perlu penelitian lebih lanjut.

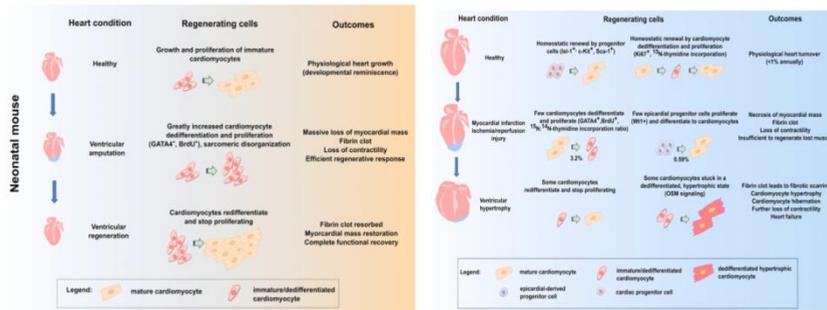
Jenis kedua adalah non embryonic stem cell (non-ESC) menurut Bajada (2008), atau adult stem cell (Alam, Ishfaq, & Kanam, 2016). Sel ini adalah sel yang belum mengalami diferensiasi dalam tubuh dewasa. Bila terjadi kerusakan atau kematian sel, maka sel stem akan mengganti sel di sekitarnya itu. Sel punca jenis non ESC memiliki sifat multipoten (Bajada, 2008). Ada beberapa asal sel punca non embrio. Sumber tersebut adalah dari cairan amnion, sumsum tulang, pembuluh darah, dan otot rangka. Sel punca tersebut umumnya bersifat dorman. Apabila terjadi luka atau kerusakan jaringan, barulah sel punca tersebut menjadi aktif dan mengganti sel yang rusak di sekitarnya. (Alam, Ishfaq, & Kanam, 2016).

PENGUNAAN SEL PUNCA UNTUK TERAPI

Transplantasi jantung mulai dirintis pada tahun 1960an. Akan tetapi, walaupun telah dilakukan 100 kali transplantasi di seluruh dunia, tingkat keberhasilannya masih rendah. Hanya seperempat pasien dapat bertahan selama beberapa bulan (Garbern & Lee, 2013). Selain rendahnya tingkat keberhasilan transplantasi jantung, penyediaan jaringan jantung dari transplantasi tidak memenuhi kebutuhan Hal ini menunjukkan adanya cara baru untuk mengatasi infark jantung, selain dengan transplantasi jantung.

Saat ini diketahui bahwa jaringan jantung memiliki populasi sel punca yang dapat membantu regenerasi sel jantung (Alam, Ishfaq, &

Khanam, 2016; Berlo, 2014). Sebagai contoh, sel jantung tikus yang baru yang baru lahir memiliki kemampuan differensiasi, walaupun hanya 1%. Kemampuan ini berkurang pada sel jantung tikus dewasa (Aguire *et al.*, 2013). Perbedaan ini dapat dilihat pada Gambar 2. Menurut Bergman (2009), 20% sel otot jantung mengalami regenerasi pada anak umur 4 tahun. Pada orang dewasa berumur 50 tahun, 69% sel otot jantungnya sudah mengalami regenerasi sejak lahir.



Sumber: Aguire *et al.* (2013)

Gambar 2. Perbedaan Kemampuan Regenerasi Sel Jantung Neonatus dan Sel Jantung Tikus Dewasa.

Aguire *et al.*, menjelaskan bahwa terdapat peristiwa dediferensiasi dan proliferasi berperan penting dalam regenerasi sel jantung. Ada tiga tipe regenerasi sel jantung dari sel punca. Yang pertama adalah cardiac progenitor cell (CPC). Sel ini terdapat pada embrio sel jantung. Tipe kedua adalah terbentuknya sel baru pada jantung setelah lahir. Tipe ketiga pada salamander dan tikus yang baru lahir, adalah terbentuknya jaringan myocardium setelah adanya luka (Garbern & Lee, 2013).

Sel CPC berasal dari sel pendahulu di bagian mesoderm. Faktor yang perlu diteliti adalah sinyal yang dapat memulai dan menghentikan pertumbuhan sel. Adanya teknologi IBNT dapat membantu ahli dalam memonitor perkembangan sel CPC yang disuntikkan ke tubuh pasien. Hal ini membantu agar peneliti mudah

mendapat data mengenai sel CPC yang telah disuntikkan ke tubuh pasien secara lebih cepat dan terhubung melalui sistem internet.

Tipe kedua pembentukan sel jantung memiliki laju pertumbuhan hanya 1% pertahun (Garbern & Lee, 2013). Penelitian Kajstura *et. al* menunjukkan bahwa terdapat pertumbuhan sel jantung baru. Pada usia 25 tahun, laju pertumbuhan sel baru adalah 1,5 %. Namun pertumbuhan itu makin berkurang sejalan dengan penambahan umur Kajstura *et al.*, (2012).

Tipe ketiga regenerasi sel jantung dibuktikan dengan ditemukannya faktor transkripsi Gata-4. Kelemahan dari tipe ini adalah bahwa kemampuan regenerasi ini menghilang pada usia 7 hari setelah kelahiran (Garbern & Lee, 2013). Menurut Aguire *et al.*, (2014), apabila terjadi luka pada jantung, akan terjadi respons regeneratif yang bersifat endogen. Tapi kemampuan regenerasi ini terbatas dan hanya terjadi pada daerah peri-infarct (Senyo, *et al.*, 2013).

SUMBER TERJADINYA REGENERASI MYOCARDYOCITE

Ada dua teori mengenai asal terjadinya regenerasi myocardiocyte. Yang pertama adalah adanya sel punca yang tumbuh menjadi myocardiocyte. Yang kedua adalah adanya sel myocardiocyte dewasa yang kembali mengalami mitosis. Belum ada bukti yang menunjukkan bahwa salah satu teori adalah yang lebih kuat (Garbern & Lee, 2013).

Ada beberapa jenis sel punca yang dapat digunakan untuk membentuk sel otot jantung. Jenis sel punca tersebut antara lain yaitu: 1. Mesenchimal stem cell (MSC), 2. Embryonic Stem Cell (ESC), 3. Induced pluripotent stem cell (IPSC), 4. skeletal myoblast, 5. bone marrow-derived stem cel, 6. cardiac progenitor cell, 7. Cardiac stem cell (Konoplyannikov, 2016; Garbern & Lee, 2013).

1. Mesenchimal Stem Cell

Mesenchimal stem cell (MSC) adalah sel punca yang berasal dari berbagai sumber seperti sumsum tulang, jaringan lemak, dan darah tepi. Sel ini mudah direproduksi dalam kultur sel. Sel MSC juga dapat berdiferensiasi menjadi berbagai jenis sel, seperti sel lemak, osteoblas, kondrosit, (Konoplyannikov, 2016). Menurut Gerbin &

Murry (2015), konsentrasi sel MSC adalah 0,01% dari isolasi sel punca yang ada di sumsum tulang.

Satu contoh penelitian mengenai diferensiasi MSC adalah Makino, *et al.*, (1999) yang menggunakan perlakuan 5-azacytidine pada MSC yang berasal dari tulang rawan tikus. Hasilnya adalah 30% sel mengalami diferensiasi menjadi cardiomyocyte. Percobaan yang dilakukan Wang, Jiang, & Ma (2006). juga menunjukkan bahwa selain berdiferensiasi menjadi cardiomyocyte, sel MSC juga membentuk sel otot polos dan sel endotel. Adanya kedua jenis sel ini juga membantu perbaikan fungsi jantung.

Kelebihan lain dari MSC adalah dapat membantu proses angiogenesis, yaitu terbentuknya pembuluh darah baru. Pembentukan pembuluh darah itu didorong oleh pengeluaran hepatocyte growth factor (HGF) dan Angiopoeitin (Ang-1). (Konnoopyannikov *i.*, , 2016).

Sebaliknya, Gerbin dan Murry (2015) menyatakan bahwa pada umumnya tidak ada manfaat penggunaan MSC secara jangka panjang. Manfaat yang ada adalah pengurangan daerah yang mengalami luka, tetapi tidak ada perbaikan fungsi sistolik. Sel punca MSC yang ditransplantasikan akan mati dalam waktu beberapa minggu kemudian.

2. Embryonic Stem Cell (ESC)

ESC berasal dari bagian dalam massa sel bagian dalam blastosis. ESC memiliki sifat totipotensi, yaitu dapat berdiferensiasi menjadi berbagai tipe sel, termasuk mejadi sel otot jantung (Konoplyannikov, 2016). Kelebihan penggunaan ESC adalah kemampuannya untuk berdiferensiasi menjadi berbagai jenis sel, termasuk cardionyocyte (Hartman *et al.*, 2016).

Penelitian mengenai ESC diawali oleh Thomson *et al.*, (1998) yang mengisolasi ESC dari blastosis manusia. Laflamme *et. al* (2007) melakukan eksperimen untuk menghasilkan sel otot jantung dari populasi sel ESC yang diberi zat activin A dan bone morphogenic faktor 4. Tohyama *et al.*, (2013) dapat menghasilkan 99% kemurnian sel otot jantung dari perubahan ESC. Pengujian kemurnian oleh Tohyama *et al.*, itu adalah dengan mengukur kadar metabolisme glukosa dan laktat. Menurut Xue *et al.*, (2005), sel ESC manusia yang

sudah berdiferensiasi menjadi sel otot jantung ditransplantasi pada tikus. Sel tersebut dapat bergabung dengan sel jantung tikus itu dan dapat berinteraksi secara fungsional dengan sel inangnya. Menurut Garbern & Lee (2013), belum ada percobaan penggunaan ESC pada manusia. Percobaan baru dilakukan pada tikus dan kera Rhesus.

Satu masalah dalam penggunaan ESC adalah mendapatkan jumlah yang banyak dan tingkat kemurnian yang tinggi. Pada awalnya, mendapatkan sel ESC dalam jumlah besar dan tingkat kemurnian tinggi masih sulit. Untuk mengatasi kesulitan tersebut, ada beberapa metode yang digunakan, misalnya dengan penggunaan cara kultur tertentu, modifikasi genetik, atau pemberian zat kimia dan biologi tertentu (Duelen & Sampaolesi, 2017).

Walaupun ada sisi positifnya, ada juga sisi negatif dalam penggunaan sel ESC. Penggunaan sel ESC secara etika masih diragukan, karena sel ini didapat dari jaringan embrio manusia. Selain itu, penggunaan ESC dapat menyebabkan timbulnya tumor, dan reaksi imunitas (Duelen & Sampaolesi, 2017; Garbern & Lee, 2013; Konoplyannikov, 2016).

3. Induced Pluripotent Stem Cell

Induced Pluripotent Stem Cell (IPSC) menurut Yamanaka (2007) berasal dari sel somatik diploid dewasa. Menurut Takahashi *et al* (2007), sel ini dapat berasal dari berbagai jaringan tubuh. Sel tersebut berubah menjadi sel punca dengan pemberian faktor transkripsi seperti Oct3/4, Sox2, Klf4 dan c-Myc. Seperti ESC, sel punca jenis ini juga memiliki sifat totipotensi. Takahashhi *et al.*, (2007) dan Yu *et al.*, (2007) menghasilkan IPSC dari sel fibroblas manusia. Nelson *et al.*, (2009) menggunakan sel punca jenis ini untuk memperbaiki jaringan jantung tikus dan menunjukkan hasil yang baik, yaitu dapat mengembalikan fungsi jantung.

Penggunaan sel IPSC juga memiliki kelemahan seperti rendahnya efisiensi proses pembuatan sel ini dan hasil diferensiasinya dapat menjadi beberapa jenis sel yang bukan sel otot jantung. Selain itu, ada juga resiko terjadinya sel tumor atau terjadinya reaksi penolakan (Konoplyannikov, 2016; Yoshida & Yamanaka, 2011).

Untuk mengatasi kemungkinan terjadinya tumor akibat transplantasi sel IPSC, terdapat kemungkinan penggunaan biosensor seperti dalam penelitian IBNT. Yea *et al.*, (2016) melakukan penghitungan sel IPSC yang masih memiliki sifat pluripoten dan belum terdiferensiasi berdasarkan sifat elektrokimia.

Adanya penemuan faktor transkripsi (OCT3/4, KLF4, SOX2 and MYC) membantu perubahan sel somatik dewasa menjadi sel yang bersifat pluripoten (Li, 2017).

4. Skeletal Myoblast

Skeletal myoblast merupakan jenis sel pertama yang digunakan dalam pengobatan sel jantung (Garbern & Lee, 2013). Kelebihan jenis sel ini adalah tidak adanya resiko etis maupun imunologis (Konoplyannikov, *et al.*, 2016). Kelemahan penggunaan sel skeletal myoblast adalah terjadinya arrhythmia (Konoplyannikov *et al.*, 2016;). Penggunaan sel skeletal myoblast mulai menurun pada saat ini (Garbern & Lee, 2013).

5. Cardiac Progenitor Cell (CPC)

Cardiac Progenitor Cell (CPC) memiliki kemampuan untuk berdiferensiasi pada usia dewasa (Le & Chong, 2016). CPC terdapat di berbagai bagian jantung seperti atrium, ventrikel, epikardium dan perikardium. Dalam keadaan normal, sel CPC berada dalam keadaan tidak aktif. Apabila terdapat luka, maka CPC dapat menjadi aktif dan berdiferensiasi menjadi sel cardiomyocyte dan sel pembuluh darah (Le & Chong, 2016; Garbern & Lee, 2013). Selain membantu terbentuknya cardiomyocyte yang baru, CPC ikut membantu pembentukan sel vaskuler, sehingga terbentuk pembuluh darah baru di jantung yang terkena infark (Le & Chong, 2016).

6. Cardiac Stem Cell (CSC)

Cardiac stem cell merupakan sel punca yang didapat dari sel otot jantung dewasa Hsieh *et al.*, (2007). Adanya CSC menunjukkan bahwa sel otot jantung memiliki kemampuan regenerasi. Sel CSC memiliki kelebihan berupa autolog, yaitu didapat dari tubuh individu itu sendiri.

Sifat autolog ini menguntungkan karena mengurangi resiko penolakan. (Hsiao & Carr, 2013).

Penelitian mengenai penggunaan CSC menunjukkan bahwa CSC dapat membantu pemulihan jaringan otot jantung pada tikus. Sel CSC disuntikkan ke jaringan miokardium di sekitar terjadinya sel mati akibat penyumbatan permanen. Sel tersebut pindah ke bagian yang mati dan menggantikan bagian yang mati. Adanya sel CSC memperbaiki fungsi jantung pada tikus. Sel CSC juga memperbaiki sel endotel dan sel otot polos (Bearzi *et al.*, 2007; Dawn *et al.*, 2005).

Ada beberapa jenis CSC berdasarkan marker atau penanda yang dihasilkannya. Satu jenis CSC disebut c-kit+ CSC yang menghasilkan tirosin kinase berupa c-kit. (Hsiao & Carr, 2013). Sel c-kit+ CSC dapat membentuk sel cardiomyocyte dan pembuluh darah pada tikus (Dawn *et al.*, 2005). Jenis CSC berikutnya adalah Sca-1 yang menghasilkan antigen Stem Cell Antigen-1. (Hsiao & Carr, 2013). Ada beberapa masalah dalam penggunaan CSC yang belum teratasi. Masalah tersebut adalah dosis penggunaan sel punca, waktu untuk transplantasi sel, dan pengaruh umur pasien (Hsiao & Carr, 2013).

7. Bone-Marrow Derived Stem Cell (BMSC)

BMSC merupakan kumpulan sel yang tidak homogen. BMSC terdiri atas sel yang berasal dari hematopoietic stem cell dan yang berasal dari endothelial stem cell (Konoplyannikov *et al.*, 2016).

Penggunaan BMSC menunjukkan prospek yang baik. Menurut Clifford (2011), penelitian atas 1765 pasien myocardial infark menunjukkan bahwa penggunaan BMSC tidak menunjukkan perbedaan signifikans dalam tingkat kematian, dibandingkan pengobatan dengan metode yang sudah umum dilakukan.

Gerbin & Murry (2015) juga menjelaskan penerapan bone marrow-derived stem cell. Satu penelitian pada tahun 2002 menggunakan satu jenis BMSC yaitu bone marrow mono-nuclear cell (BMNMC). Dalam penelitian ini, sel BMNMC diambil dari pasien. Sel itu disuntikkan ke jaringan arteri yang mengalami infark. Setelah diamati selama enam bulan, terdapat perbaikan yang signifikans pada ventrikel kiri jantung, dibandingkan kelompok kontrol.

RESIKO PENGGUNAAN SEL PUNCA

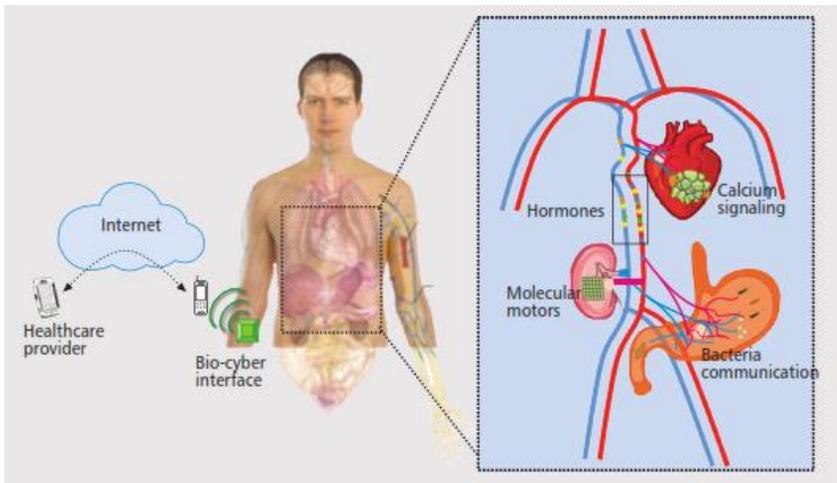
Kubin *et al.*, (2010) menyebutkan bahwa dalam jangka panjang, dedifrensiasi sel cardiomyocyte akan menyebabkan terjadinya hipertofi. Hipertrofi ini nantinya akan berlanjut menjadi kegagalan jantung.

Adanya diferensiasi sel punca yang menyimpang juga dapat membahayakan pasien. Srivasta & Ivey (2006) menyatakan pentingnya penelitian lanjutan untuk mengetahui kemungkinan terjadinya penyimpangan diferensiasi. Terbentuknya sel baru yang bukan merupakan sel myocardiocyte, dapat membahayakan keselamatan pasien yang menjalani terapi ini.

Penggunaan teknologi *smart system* yang menunjang penggunaan sel punca dalam mengobati gangguan jantung

Walls (2010) menjelaskan bahwa penggunaan teknologi dapat membantu penerapan sel punca dalam bidang kesehatan. Adanya teknologi yang tergolong dalam *smart system* dapat membantu dalam membuat keputusan. Contohnya adalah alat diagnostik yang bersifat ex-vivo dan in-vivo. Hal ini penting, mengingat penelitian sel punca pada pengobatan penyakit jantung banyak menggunakan data yang didapat baik secara in-vivo maupun ex-vivo. Pendapat Walls dapat diterapkan dengan penggunaan peralatan smart system, seperti IBNT yang dilakukan oleh Akyildiz *et. al* (2015) pada Gambar 3.

Penggunaan sel punca juga merupakan bagian dari sistem pengobatan secara integratif yang dimaksudkan oleh Walls (2001) mengenai *smart system*. Sebagai contoh, pengobatan dengan sel punca perlu memperhitungkan resiko penolakan secara imunitas (Konoplyannikov *et al.*, 2016). Selain itu, penggunaan sel punca dapat dihambat oleh reaksi penolakan dari sistem kekebalan tubuh. Karena itu, Srivasta & Ivey (2006) menyarankan adanya penelitian untuk memasukkan material genetik dari sel pasien ke dalam sel punca yang bukan bersifat autolog, atau bukan dari tubuh pasien itu sendiri. Dengan demikian, reaksi penolakan terhadap sel punca akan dikurangi.



Sumber: Akyildiz *et al.* (2015)

Gambar 3. Contoh Penerapan IBNT dalam Tubuh Manusia

STIMULASI BOKIMIA

Stimulasi biokimia pada kultur microdevice dilakukan dengan memberikan zat biokimia tertentu kepada populasi sel punca, agar berdiferensiasi menjadi sel tertentu yang diinginkan.

Satu contoh stimulasi biokimia untuk diferensiasi menjadi cardiomyocyte adalah studi yang dilakukan oleh Wan *et al.*, (2011). Sel yang digunakan adalah embryonic stem cell (ESC) tikus. Sel tersebut dikultur dalam media yang mengandung BMP-2 (suatu faktor tumbuh untuk sel jantung) selama 4 hari. Pengukuran atas terjadinya diferensiasi sel ESC menjadi cardiomyocyte dilakukan berdasarkan ekspresi zat α -MHC, suatu penanda bagi terbentuknya sel cardiomyocyte. Setelah kultur selama 48-72 jam, akan terbentuk cardiomyocyte dalam kultur.

PENUTUP

Penggunaan sel punca untuk regenerasi sel *cardiomyocyte* merupakan cara baru untuk mengatasi penyakit infark jantung. Penggunaan sel punca bermaksud untuk mengganti sel jantung yang mati atau rusak. Penggunaan sel punca untuk mengatasi infark jantung mempunyai nilai potensi tinggi. Walaupun demikian masih perlu penelitian lebih banyak dan ada kendala antara lain: etika, jumlah sel jantung yang dihasilkan, reaksi antigen-antibodi, hipertrofi, dan hilangnya sel punca di dalam tubuh. Metode IoT dan IBNT yang berbasis teknologi informasi sedang dikaji untuk mengamati fisiologis dan biokimia sel punca di dalam proses terapi infark jantung.

DAFTAR PUSTAKA

- Aguirre, A., Sancho-Martinez, I., & Belmonte, J. C. I. (2013). Reprogramming toward heart regeneration: stem cells and beyond. *Cell stem cell*, 12(3), 275-284.
- Alam, M.A., Ishfaq, M.F., Khanam, B. (2016). Is Cardiac Stem Cell Therapy a New Horizon of Heart Regeneration: Literature Review. *Mol Biol* 5: 159. American Heart Association in *Heart Disease and Stroke Statistics—2004 Update* 11–14. American Heart Association, Dallas, Texas, 2004.
- Akyildiz, I. F., Pierobon, M., Balasubramaniam, S., & Koucheryavy, Y. (2015). The internet of bio-nano things. *IEEE Communications Magazine*, 53(3), 32-40.
- Bajada, S. (2008). Stem Cells in Regenerative Medicine Topics in Tissue Engineering, Vol. 4. Eds. N Ashammakhi, R Reis, & F Chiellini.
- Beltrami, A. P., Barlucchi, L., Torella, D., Baker, M., Limana, F., Chimenti, S., Kasahara H., , M., Rota', E Musso , E., Urbanek' K., Leri' A.,Kajstura' J., Nadal-Ginard, B., Anversa' P. (2003). Adult cardiac stem cells are multipotent and support myocardial regeneration. *Cell*, 114 (6), 763-776.
- Bergmann, O., Bhardwaj, R. D., Bernard, S., Zdunek, S., Barnabé-Heider, F., Walsh, S., Zupicich, J., Alkass, K., Buchholz, B. A., Druid H., Jovinge, S., & Jovinge, S. (2009). Evidence for cardiomyocyte renewal in humans. *Science*, 324 (5923), 98-102.
- Bearzi, C., Rota, M., Hosoda, T., Tillmanns, J., Nascimbene, A., De Angelis, A , Yasuzawa-Amano, S., Trofimova I., Siggins, R.W., , Le Capitaine, N., Cascapera, S., Beltrami , A.P., D'Alessandro, D.A., Zias, E., Quaini, F., Urbanek, K., Michler, R. E., Bolli, R., Kajstura, J., Leri, A., and Anversa, P. (2007). Human cardiac stem cells.

Proceedings of the National Academy of Sciences, 104 (35), 14068-14073.

Boulos, M. N. K., & Al-Shorbaji, N. M. (2014). On the Internet of Things, smart cities and the WHO Healthy Cities. *International journal of health geographics*, 13(1), 10.

Clifford, D. M., Fisher, S. A., Brunskill, S. J., Doree, C., Mathur, A., Watt, S., & Martin-Rendon, E. (2012). Stem cell treatment for acute myocardial infarction. *Cochrane Database Syst Rev*, 2(2).

Dawn B, Stein A. B, Urbanek K., Rota, M., Whang, B., Rastaldo, R., Torella D. Xian-Liang T, * Rezazadeh A.,, Kajstura J., Leri A., Hunt, G., Varma, J., . Prabhu, S. D., Anversa, P., & Boll, R. (2005) Cardiac stem cells delivered intravascularly traverse the vessel barrier, regenerate infarcted myocardium, and improve cardiac function. *Proc Natl Acad Sci USA* 2005;102:3766–71.

De Farias, C. , Pirmez, L., Costa, G. M. O., De Farias, F. M. (2017) Internet of Bionano-Things: Perspective and Future Directions. , *International Journal of Biosensors & Bioelectronics*, 3 (1).

Duelen, R., & Sampaolesi, M. (2017). Stem Cell Technology in Cardiac Regeneration: A Pluripotent Stem Cell Promise. *EBioMedicine*.

Eulalio, A., Mano, M., Dal Ferro, M., Zentilin, L., Sinagra, G., Zacchigna, S., and Giacca, M. (2012). Functional screening identifies miRNAs inducing cardiac regeneration. *Nature*, 492, 376–381.

Garbern, J. C., & Lee, R. T. (2013). Cardiac stem cell therapy and the promise of heart regeneration. *Cell stem cell*, 12(6), 689-698.

Gerbin, K. A., & Murry, C. E. (2015). The winding road to regenerating the human heart. *Cardiovascular Pathology*, 24(3), 133-140.

- Gnecchi, M., Danieli, P., & Cervio, E. (2012). Mesenchymal stem cell therapy for heart disease. *Vascular pharmacology*, 57(1), 48-55.
- Hartman, M. E., Dai, D. F., & Laflamme, M. A. (2016). Human pluripotent stem cells: prospects and challenges as a source of cardiomyocytes for in vitro modeling and cell-based cardiac repair. *Advanced drug delivery reviews*, 96, 3-17.
- Hsiao, L. C., & Carr, C. A. (2013). Endogenous cardiac stem cell therapy for ischemic heart failure. *J Clin Exp Cardiol*, 11, 007.
- Hsieh, P. C., Segers, V. F., Davis, M. E., MacGillivray, C., Gannon, J., Molkentin, J. D., & Lee, R. T. (2007). Evidence from a genetic fate-mapping study that stem cells refresh adult mammalian cardiomyocytes after injury. *Nature medicine*, 13(8), 970.
- Jastrzebska, E., Tomecka, E., & Jesion, I. (2016). Heart-on-a-chip based on stem cell biology. *Biosensors and Bioelectronics*, 75, 67-81.
- Konoplyannikov, M., Kalsin, V., Averyanov, A. and Troitsky, A. (2016) Stem Cell Therapy of Ischemic Heart Disease. *J. Biomedical Science and Engineering*, 9, 191-215. <http://dx.doi.org/10.4236/jbise.2016.94015>
- Kubin, T., Po" ling, J., Kostin, S., Gajawada, P., Hein, S., Rees, W., Wietelmann, A., Tanaka, M., Lo" rchner, H., Schimanski, S., *et al.* (2011). Oncostatin M is a major mediator of cardiomyocyte dedifferentiation and remodeling. *Cell Stem Cell* 9, 420–432.
- Laflamme, M.A., Chen, K.Y., Naumova, A.V., Muskheli, V., Fugate, J.A., Dupras, S.K., Reinecke, H., Xu, C., Hassanipour, M., Police, S., *et al.* (2007). Cardiomyocytes derived from human embryonic stem cells in pro-survival factors enhance function of infarcted rat hearts. *Nat. Biotechnol.* 25, 1015–1024.

- Le, T. Y. L., & Chong, J. J. H. (2016). Cardiac progenitor cells for heart repair. *Cell death discovery*, 2.
- Lee, S. K., Kwon, H. R., Cho, H., Kim, J., & Lee, D. (2016). *International Case Studies of Smart Cities: Singapore, Republic of Singapore*. Inter-American Development Bank.
- Libonati, J. S. (2015). Exercise and Stem Cell Therapeutics for the Infarcted Heart. *International Journal of Sports and Exercise Medicine*. 1(1).
- Li, M, Cascino, P., Ummarino, S., Di Ruscio, A. (2017). Application of Induced Pluripotent Stem Cell Technology to the Study of Hematological Diseases. *Cells*, 6(1).
- Makino, S., Fukuda, K., Miyoshi, S., Konishi, F., Kodama, H., Pan, J., , Sano, M., Takahashi, T., Hori, S., Abe, H., Hata, J., Umezawa A., Ogawa, S. & Hata, J. I. (1999). Cardiomyocytes can be generated from marrow stromal cells in vitro. *Journal of Clinical Investigation*, 103(5), 697.
- Michler, R. E., Bolli, R., Kajstura, R., Leri, A., and Anversa, P., & Cascapera, S. (2007). Human cardiac stem cells. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(35), 14068-14073.
- National Academy of Sciences (2009). Understanding Stem Cells: An Overview of the Science and Issues from the National Academies.
- Nelson, T. J., Martinez-Fernandez, A., Yamada, S., Ikeda, Y., Perez-Terzic, C., & Terzic, A. (2010). Induced pluripotent stem cells: advances to applications. *Stem cells and cloning: advances and applications*, 3, 29.
- Porrello, E.R., Mahmoud, A.I., Simpson, E., Johnson, B.A., Grinsfelder, D., Canseco, D., Mammen, P.P., Rothermel, B.A., Olson, E.N., and Sadek, H.A. (2013). Regulation of neonatal and adult mammalian

- heart regeneration by the miR-15 family. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 110, 187–192.
- Senyo, S.E., Steinhauser, M.L., Pizzimenti, C.L., Yang, V.K., Cai, L., Wang, M., Wu, T.-D., Guerquin-Kern, J.-L., Lechene, C.P., and Lee, R.T. (2013). Mammalian heart renewal by pre-existing cardiomyocytes. *Nature* 493, 433–436.
- Srivastava, D., & Ivey, K. N. (2006). Potential of stem-cell-based therapies for heart disease. *Nature*, 441(7097), 1097.
- Smart, N., Bollini, S., Dube', K.N., Vieira, J.M., Zhou, B., Davidson, S., Yellon, D., Riegler, J., Price, A.N., Lythgoe, M.F., *et al.* (2011). De novo cardiomyocytes from within the activated adult heart after injury. *Nature* 474, 640–644.
- Solanas, A., Patsakis, C., Conti, M., Vlachos, I. S., Ramos, V., Falcone, F., *Postolache O., Pérez-Martínez, P. A., Di Pietro, R., Perrea, D. N., & Martínez-Balleste, A.* (2014). Smart health: a context-aware health paradigm within smart cities. *IEEE Communications Magazine*, 52(8), 74-81.
- Takahashi, K, Tanabe, K., Ohnuki, M, Narita, M., Ichisaka, T., Tomoda, K., Yamanaka, S. (2007). Induction of Pluripotent Stem Cells from Adult Human Fibroblasts by Defined. Factors, *Cell* (2007), doi:10.1016/j.cell.2007.11.01.
- Tohyama, S., Hattori, F., Sano, M., Hishiki, T., Nagahata, Y., Matsuura, T., Hisayuki Hashimoto H., Suzuki, T. Yamashita, H., Yusuke Satoh, Y, Egashira, T., Seki, T., Naoto Muraoka, N., Yamakawa, H., Ohgino, Y., Tanaka, T., Yoichi, M., Yuasa, S., Fukuda, K., & Egashira, T. (2013). Distinct metabolic flow enables large-scale purification of mouse and human pluripotent stem cell-derived cardiomyocytes. *Cell stem cell*, 12(1), 127-137.

- Thomson, J.A., Itskovitz-Eldor, J., Shapiro, S.S., Waknitz, M.A., Swiergiel, J.J., Marshall, V.S., and Jones, J.M. (1998). Embryonic stem cell lines derived from human blastocysts. *Science*, 282, 1145-1147
- Walls, J. (2010). Healthcare Smart Systems. European Technology Platform on Smart Systems Integration. Brussel, 2010.
- Wan, C. R., Chung, S., & Kamm, R. D. (2011). Differentiation of embryonic stem cells into cardiomyocytes in a compliant microfluidic system. *Annals of biomedical engineering*, 39 (6), 1840-1847.
- Wang T, Xu Z, Jiang W, Ma A. (2006). Cell-to-cell contact induces mesenchymal stem cell to differentiate into cardiomyocyte and smooth muscle cell. *International Journal of Cardiology*. 2006;109 (1):74–81.
- Xue, T., Cho, H. C., Akar, F. G., Tsang, S. Y., Jones, S. P., Marbán, E., Gordon F. Tomaselli, G. F. & Li, R. A. (2005). Functional integration of electrically active cardiac derivatives from genetically engineered human embryonic stem cells with quiescent recipient ventricular cardiomyocytes. *Circulation*, 111(1), 11-20.
- Yamanaka, S. (2012). Induced pluripotent stem cells: past, present, and future. *Cell stem cell*, 10(6), 678-684.
- Yea, C. H., Jeong, H. C., Moon, S. H., Lee, M. O., Kim, K. J., Choi, J. W., & Cha, H. J. (2016). In situ label-free quantification of human pluripotent stem cells with electrochemical potential. *Biomaterials*, 75, 250-259.
- Yoshida, Y., & Yamanaka, S. (2017). Induced Pluripotent Stem Cells 10 Years Later. *Circulation Research*, 120(12), 1958-1968.

Yu, J., Vodyanik, M. A., Smuga-Otto, K., Antosiewicz-Bourget, J., Frane, J. L., Tian, S., Nie, J., Jonsdottir, G. A., Ruotti, V., Stewart, R., Slukvin, I. I., & Thomson J.A. (2007). Induced pluripotent stem cell lines derived from human somatic cells. *science*, 318(5858), 1917-1920.

Zhou, B., Ma, Q., Rajagopal, S., Wu, S.M., Domian, I., Rivera-Feliciano, J., Jiang, D., von Gise, A., Ikeda, S., Chien, K.R., and Pu, W.T. (2008). Epicardial progenitors contribute to the cardiomyocyte lineage in the developing heart. *Nature* 454, 109–113.

SMART CITY MANDIRI PANGAN

Ariyanti Hartari

PENDAHULUAN

Smart environment dan *smart living* merupakan dua dari enam karakteristik *smart city*. *Smart environment* terkait antara lain dengan pemanfaatan lahan dengan bijak, efisiensi energi dan pemanfaatan energi terbarukan; sementara *smart living* terkait antara lain dengan kualitas kesehatan dan keamanan individu (Yusiardi, 2015). Kemandirian pangan, baik bagi masyarakat perkotaan maupun perdesaan, merupakan hal yang sangat penting. Hal ini salah satunya dapat dilakukan melalui pertanian perkotaan yang dilakukan baik secara horizontal maupun vertikal. Bila hal ini dilakukan secara sadar dan terampil oleh masyarakat perkotaan dan perdesaan dan hasilnya bermanfaat, baik dari segi pemanfaatan lahan secara efektif dan efisien, maupun peningkatan kualitas kesehatan dan keamanan individu masyarakat, maka pertanian perkotaan merupakan salah satu solusi dalam meningkatkan ketahanan pangan yang sangat dibutuhkan oleh *smart city*.

Pangan merupakan hak azasi dan kebutuhan pokok manusia. Hal ini didasari oleh *Universal Declaration of Human Right* (1984) dan *The*

International Covenant on Economic, Social, and Cultural Rights (1966) yang menyatakan bahwa “**everyone should have an adequate standard of living, including adequate food, clothing, and housing and that the fundamental right to freedom from hunger and malnutrition**”. *Millenium Development Goals* (MDGs) menegaskan pula bahwa pada tahun 2015 setiap negara, termasuk Indonesia, bersepakat untuk menurunkan kemiskinan dan kelaparan hingga 50%. Oleh sebab itu, industri disektor pangan, baik pada skala rumah tangga, menengah, maupun besar, akan terus tumbuh secara alami dalam rangka memenuhi kebutuhan pokok manusia yang populasinya selalu meningkat. Kondisi ini merupakan salah satu karakteristik dari *smart city* yang perlu diantisipasi. Berbekal keanekaragaman bahan baku pangan yang dimiliki, memungkinkan masyarakat Indonesia mengembangkan beragam produk pangan yang khas dan unik sesuai potensi daerah masing-masing.

Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2012 tentang Pangan mengamanatkan bahwa negara berkewajiban mewujudkan ketersediaan, keterjangkauan, dan pemenuhan konsumsi pangan yang cukup, aman, bermutu, dan bergizi seimbang, baik pada tingkat nasional maupun lokal hingga perseorangan secara merata di seluruh wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia. Ketersediaan, keterjangkauan, dan pemenuhan konsumsi pangan tsb juga harus ada sepanjang waktu dengan memanfaatkan sumber daya, kelembagaan, dan budaya lokal. Untuk mewujudkan amanat Undang-undang tersebut, disusunlah Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) 2015-2019 yang memprioritaskan peningkatan kedaulatan pangan melalui (1) pemantapan ketahanan pangan menuju kemandirian pangan dengan peningkatan produksi pangan pokok; (2) stabilisasi harga pangan; (3) perbaikan kualitas konsumsi pangan dan gizi masyarakat; (4) mitigasi gangguan terhadap ketahanan pangan; dan (5) peningkatan kesejahteraan pelaku usaha pangan. Pencapaian ketahanan pangan yang mantap merupakan wahana penguatan stabilitas ekonomi dan politik, dan jaminan ketersediaan pangan dengan harga yang terjangkau, serta perwujudan komitmen bangsa untuk ikut serta mewujudkan tujuan pembangunan

global (Millennium Development Goals/MDGs) dalam menurunkan kemiskinan dan kelaparan (Renstra BKP Kementan 2015-2019).

Sesuai dengan UU Nomor 18 Tahun 2012 tentang Pangan, ketahanan pangan merupakan kondisi terpenuhinya pangan bagi negara sampai dengan perseorangan, yang tercermin dari tersedianya pangan yang cukup, baik jumlah maupun mutunya, aman, beragam, bergizi, merata, dan terjangkau serta tidak bertentangan dengan agama, keyakinan, dan budaya masyarakat, untuk dapat hidup sehat, aktif, dan produktif secara berkelanjutan. Ketahanan pangan menurut FAO (1997) merupakan situasi semua rumah tangga mempunyai akses baik fisik maupun ekonomi untuk memperoleh pangan bagi seluruh anggota keluarganya dan rumah tangga tersebut tidak beresiko mengalami kehilangan kedua akses tersebut. Hampir serupa dengan FAO, USAID (1992) mendefinisikan ketahanan pangan sebagai kondisi ketika semua orang pada setiap saat mempunyai akses secara fisik dan ekonomi untuk memperoleh kebutuhan konsumsinya untuk hidup sehat dan produktif. Sedangkan menurut FIVIMS (2005), ketahanan pangan merupakan kondisi ketika semua orang pada segala waktu baik secara fisik, sosial, dan ekonomi memiliki akses pada pangan yang cukup, aman, dan bergizi untuk pemenuhan kebutuhan konsumsi dan sesuai dengan seleranya (*food preferences*) demi kehidupan yang aktif dan sehat. Dari definisi-definisi di atas, dapat ditarik kesimpulan bahwa ketahanan pangan memiliki 4 unsur yaitu :

1. Pangan tersedia setiap saat untuk tingkat individu dan rumah tangga (*food availability/supply*);
2. Pangan dapat diakses, baik secara fisik, ekonomi, dan sosial, setiap saat (*access to supplies*);
3. Orientasi ketahanan pangan adalah untuk pemenuhan gizi (*food utilization*);
4. Tujuan ketahanan pangan adalah terwujudnya hidup yang sehat dan produktif (*food sustainability*).

Indikator masing-masing unsur ketahanan pangan tersebut di atas ditampilkan secara sistematis pada Gambar 1 berikut (Hariyadi, 2002).



Sumber: Hariyadi (2002)

Gambar 1. Unsur Ketahanan Pangan dan Indikatornya

Tercapainya ketahanan pangan di Indonesia berkaitan erat dengan kebijakan pemerintah, struktur politik dan ekonomi yang tepat untuk mendukung terciptanya ketahanan pangan yang mengakar kuat, serta kondisi lingkungan, baik alam, sosial, dan budaya, teknologi dan sumberdaya manusia. Hal ini dikarenakan masalah ketahanan pangan merupakan permasalahan lintas sektoral dan menjadi tanggungjawab bersama antara pemerintah dan masyarakat. Selain itu, jumlah penduduk Indonesia yang besar dan tersebar memerlukan penanganan ketahanan pangan yang terpadu. Hal ini dapat dilakukan secara sinergis antar unit/instansi terkait dengan memanfaatkan keunggulan Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) untuk saling berkoordinasi, berkomunikasi dan berkolaborasi dalam menangani masalah ketahanan pangan ini. Pemanfaatan TIK dalam meningkatkan kualitas kinerja suatu unit/instansi merupakan salah satu ciri dari *smart city*. Tantangan perwujudan ketahanan pangan di Indonesia tidak hanya terkendala berbagai permasalahan dari dalam diri sendiri (dalam negeri), tetapi juga perubahan kondisi global. Perubahan-perubahan tersebut antara lain lonjakan harga pangan internasional,

“keegoisan” negara-negara di dunia yang semakin mementingkan kebutuhannya sendiri, terjadinya tren persaingan penggunaan komoditas pertanian untuk sektor pangan, pakan, dan energi, terjadinya resesi global, dan serbuan pangan asing (“*westernisasi diet*”) yang menjadi penyebab terjadinya gizi lebih serta peningkatan ketergantungan terhadap impor pangan, baik dalam bentuk bahan baku maupun produk jadi atau setengah jadi.

KETAHANAN PANGAN MASYARAKAT PERKOTAAN

Pertumbuhan penduduk dan meningkatnya urbanisasi merupakan tantangan di masa depan dan merupakan tantangan bagi *smart city*. Nugent (2000) memperkirakan pada tahun 2025, sebanyak 65% penduduk dunia tinggal di kota. Peningkatan jumlah penduduk yang tinggal di perkotaan ini akan menimbulkan permasalahan-permasalahan terkait infrastruktur publik, tempat tinggal, tenaga kerja, kerawanan pangan, lingkungan dan sanitasi. Permasalahan-permasalahan tersebut disebabkan oleh keterbatasan lahan, alih fungsi lahan, dan tata kelola perkotaan yang tidak terencana sejak awal.

Alih fungsi lahan pertanian menjadi lokasi pemukiman/tempat tinggal, tempat usaha, industri, dan perkantoran berdampak pada penurunan luas lahan pertanian untuk menghasilkan komoditas pertanian atau bahan baku pangan. Alih fungsi lahan berdampak pula pada peningkatan jumlah masyarakat miskin perkotaan. Hal ini karena terjadi pergeseran peran dari pemilik tanah, yang mendapatkan penghasilan dari komoditas pertanian, menjadi pekerja penggarap atau bahkan pengangguran karena mereka umumnya tidak memiliki keterampilan atau keahlian selain bercocok tanam. Kondisi ini merupakan titik awal terjadinya kerawanan pangan.

Kerawanan pangan merupakan suatu kondisi ketidakcukupan pangan yang dialami daerah, masyarakat, atau rumah tangga pada waktu tertentu untuk memenuhi standar kebutuhan fisiologis bagi pertumbuhan dan kesehatan masyarakat (Dewan Ketahanan Pangan, 2006). Kerawanan pangan yang dialami masyarakat perkotaan terkait erat dengan ketersediaan pangan, ketidakmampuan rumah tangga

miskin di perkotaan untuk mengakses pangan yang aman, dalam jumlah cukup, dan berkualitas. Di sisi lain, terjadi gizi lebih pada anggota masyarakat perkotaan kelompok produktif yang mampu mengakses pangan dengan baik, secara kualitas maupun kuantitas.

Dampak dari kerawanan pangan dan kekurangan gizi dapat terjadi pada semua umur, baik orang tua, dewasa, anak-anak, bayi maupun ibu hamil (Ariningsih dan Rachman, 2008). Hasil Pemantauan Status Gizi (PSG) tahun 2015 di 496 kabupaten/kota dengan melibatkan lebih kurang 165.000 balita sebagai sampel memberikan hasil 3,8% balita mengalami gizi buruk. Persentase ini mengalami penurunan dibandingkan hasil PSG 2013 yaitu 4,7% balita mengalami gizi buruk. Dari 496 Kab/kota yang dianalisis, sebanyak 404 Kab/Kota mempunyai permasalahan gizi yang bersifat Akut-Kronis; 20 Kab/Kota mempunyai permasalahan gizi yang bersifat Kronis; 63 Kab/Kota mempunyai permasalahan gizi yang bersifat Akut; dan 9 Kab/Kota yang tidak ditemukan masalah gizi. Ke sembilan Kab/Kota yang tidak ditemukan masalah gizi tersebut, adalah:

- 1) Kab. Ogan Komering Ulu, Sumatera Selatan;
- 2) Kota Pagar Alam, Sumatera Selatan;
- 3) Kab. Mukomuko, Bengkulu;
- 4) Kota Bengkulu, Bengkulu;
- 5) Kab. Belitung Timur, Bangka Belitung;
- 6) Kota Semarang, Jawa Tengah;
- 7) Kota Tabanan, Bali;
- 8) Kota Tomohon, Sulawesi Utara; dan
- 9) Kota Depok, Jawa Barat.

Upaya perbaikan gizi dilakukan melalui intervensi spesifik dan sensitif. Kelompok sasaran intervensi spesifik adalah kelompok 1000 Hari Pertama Kehidupan (HPK) meliputi ibu hamil, ibu menyusui, dan anak usia 0 – 23 bulan. Kegiatan yang termasuk dalam intervensi spesifik antara lain imunisasi, pemberian makanan tambahan bagi ibu hamil (PMT Bumil), PMT Balita, dan monitoring pertumbuhan Balita di Posyandu. Kelompok sasaran intervensi sensitif adalah masyarakat umum dengan kegiatan pembangunan non kesehatan seperti penyediaan air bersih, kegiatan penanggulangan kemiskinan dan

kesetaraan gender (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2016).

Persediaan pangan yang cukup secara nasional ataupun regional tidak menjamin terwujudnya ketahanan pangan di tingkat rumah tangga atau individu. Hasil penelitian Saliem *et al.*, (2001) menunjukkan bahwa walaupun ketahanan pangan di tingkat regional (provinsi) termasuk kelompok tahan pangan terjamin, namun di provinsi yang bersangkutan masih ditemukan rumah tangga yang tergolong rawan pangan dengan proporsi relatif tinggi. Provinsi D.I. Yogyakarta sebagai contohnya, pada tahun 2014 mengalami surplus dalam hal ketersediaan pangan dan penurunan angka kemiskinan, namun angka penderita gizi buruknya mengalami peningkatan hingga mencapai 0,51 persen dengan sebaran Kabupaten Kulonprogo 0,81%, Kota Yogyakarta 0,69%, Kabupaten Gunung Kidul 0,53%, Kabupaten Sleman 0,4%, dan Kabupaten Bantul 0,38% (Putra, 2016).

Ketersediaan dan akses terhadap pangan yang mencukupi di perkotaan tidak menjamin terwujudnya ketahanan pangan pada aspek pemenuhan gizi. Jumlah dan akses terhadap pangan yang tersedia setiap saat bagi masyarakat perkotaan memicu terjadinya kondisi gizi lebih. Berat badan lebih dan obesitas merupakan contoh gizi lebih. Berdasarkan hasil Riskesdas 2013 (Balitbangkes, 2013), rata-rata prevalensi status gizi penduduk dewasa (usia > 18 tahun) yang mengalami obesitas secara nasional yaitu 14,76%. Rata-rata nasional ini lebih tinggi daripada yang mengalami berat badan lebih yaitu 11,48%. Prevalensi obesitas penduduk laki-laki dan perempuan dewasa pada Riskesdas 2013 mengalami kenaikan dibandingkan hasil Riskesdas tahun 2007 dan 2010. Prevalensi penduduk laki-laki dewasa obesitas pada tahun 2013 sebanyak 19,7%, lebih tinggi dari tahun 2007 (13,9%) dan tahun 2010 (7,8%). Prevalensi obesitas perempuan dewasa (>18 tahun) pada tahun 2013 sebesar 32,9%, naik 18,1% dari tahun 2007 (13,9%) dan 17,5 persen dari tahun 2010 (15,5%).

Masyarakat perkotaan cenderung mengalami permasalahan gizi secara bersamaan yaitu gizi lebih (berat badan lebih dan obesitas) dan kurang gizi (kekurangan energi kalori/protein) atau gizi buruk secara bersamaan, bahkan dalam lingkungan keluarga yang sama. Hal ini disebabkan pola makan yang tidak sehat meliputi makan dalam

porsi/jumlah yang berlebih, rendahnya konsumsi buah dan sayur, dan tingginya konsumsi garam, gula, serta lemak.

Joint FAO/WHO Expert Consultation on diet, nutrition and the prevention of chronic diseases merekomendasikan asupan minimum 400 gram buah dan sayur per hari (tidak termasuk kentang dan umbi-umbian yang mengandung pati) untuk pencegahan penyakit kronis seperti jantung, kanker, diabetes dan obesitas, sekaligus sebagai upaya pencegahan kekurangan zat gizi mikro. Jumlah konsumsi buah dan sayur yang cukup akan memberikan asupan yang memadai bagi serat ke dalam tubuh. Berdasarkan data Pusdatin Kemenkes RI (2017), rata-rata konsumsi sayur-sayuran masyarakat perkotaan sebesar 3,01% dari pengeluaran perkapitanya, dan 2,05% untuk buah-buahan.

Masyarakat perkotaan mengalokasikan 44,57% pendapatannya untuk mengonsumsi makanan, dan 15,22% dari konsumsi makanan tersebut adalah kelompok makanan dan minuman jadi (Pusdatin Kemenkes RI, 2017), yang merupakan makanan dan minuman dengan kadar gula, garam, dan lemak tinggi.

Perubahan pola makan masyarakat perkotaan akibat peningkatan industrialisasi, urbanisasi, dan mekanisasi, turut berperan terhadap kejadian *double burden* pada masyarakat perkotaan. Tersedianya berbagai fasilitas pesan antar dalam jaringan (pesan antar *online*) berkontribusi terhadap kurangnya aktivitas fisik masyarakat perkotaan. Masyarakat perkotaan dapat dengan mudah memenuhi kebutuhan pangannya melalui aplikasi di perangkat komunikasinya (*gadget*) tanpa harus meninggalkan tempat tinggal atau tempat kerjanya. Di sisi lain, kehadiran fasilitas pesan antar dalam jaringan mampu menambah lapangan pekerjaan dan menggerakkan perekonomian masyarakat.

Perubahan/pergeseran pola komunikasi antar anggota keluarga dari komunikasi verbal/komunikasi secara langsung menjadi komunikasi tak langsung yang difasilitasi perangkat (*gadget*) turut berkontribusi terhadap kurangnya aktivitas fisik masyarakat perkotaan. Pengguna *gadget* kini lebih sering menghabiskan waktunya dengan gadgetnya sendiri. Masing-masing anggota keluarga menjalin komunikasi melalui gadget masing-masing, bahkan ketika mereka duduk bersama di satu ruang atau tempat yang sama. Hal ini

mengakibatkan berkurangnya interaksi sosial antar anggota keluarga, seperti bercengkerama, mengobrol bersama, berolahraga bersama.

Penggunaan *gadget* dalam keluarga mempengaruhi keseluruhan interaksi sosial dalam keluarga tersebut. Interaksi yang biasanya dilakukan antara orang tua dan anak sebagai bentuk pengasuhan dan komunikasi untuk menciptakan kekukuhan keluarga akan terganggu. Hal ini dikarenakan keluarga merupakan kesatuan sistem yang utuh, apabila salah satu anggota keluarga mengalami kesulitan dalam melakukan interaksi secara langsung, secara sadar atau tidak sadar akan mengurangi atau menyebabkan perubahan pola interaksi sosialnya (Lestari, Riana, Taftarzani, 2015).

Selanjutnya, kurangnya aktivitas fisik masyarakat perkotaan juga merupakan dampak dari keterbatasan lahan, meningkatkannya jarak tempuh dari satu tempat ke tempat lain akibat kepadatan jalan, terfasilitasinya pemenuhan semua kebutuhan melalui *gadget*, dan keterbatasan fasilitas umum/ruang terbuka publik untuk beraktivitas fisik disekitar pemukiman, seperti taman, *jogging track*, lapangan. Keterbatasan lahan pemukiman mengakibatkan ukuran lahan tempat tinggal semakin sempit, sehingga ketersediaan ruang untuk bergerak atau beraktivitas fisik di lingkungan sekitar rumah menjadi berkurang. Pengembang perumahan saat ini juga menawarkan hunian dalam kluster-kluster kecil yang lengkap dengan fasilitas keamanan dan jaringan internet namun tidak dilengkapi dengan fasilitas umum atau ruang terbuka publik. Hal ini didukung dengan kurangnya fasilitas aktivitas fisik yang aman dan nyaman di lingkungan sekitar pemukiman. Meningkatnya waktu tempuh masyarakat perkotaan dari tempat tinggal ke lokasi pekerjaan, menjadikan masyarakat perkotaan lebih banyak menghabiskan waktu akhir pekannya untuk beristirahat di rumah daripada untuk beraktivitas fisik di luar rumah.

Hunian yang dilengkapi dengan fasilitas keamanan dan jaringan internet merupakan salah satu implementasi ciri hunian di *smart city* yang memudahkan dan memberikan rasa aman. Fasilitas internet yang tersedia setiap saat memudahkan penghuninya untuk berkomunikasi secara maya dengan sesama anggota komunitas, memenuhi semua kebutuhan melalui *gadget* yang dimiliki, tak terkecuali kebutuhan pangan melalui fasilitas pesan antar. Hal ini semakin mengurangi

aktivitas fisik masyarakat perkotaan. Secara bertahap dalam jangka panjang, akan terbentuk penyeragaman selera dan preferensi pangan masyarakat perkotaan karena variasi pangan yang ditawarkan melalui fasilitas pesan antar akan relatif/cenderung sama, dan merupakan jenis pangan yang tinggi kalori, kadar gula, dan garam.

PERTANIAN KOTA DAN KETAHANAN PANGAN MASYARAKAT PERKOTAAN DI TINGKAT RUMAH TANGGA

Pertanian kota (*Urban Agriculture*) didefinisikan sebagai usahatani, pengolahan, dan distribusi dari berbagai komoditas pangan, termasuk sayuran dan peternakan di dalam atau pinggir kota di daerah perkotaan. Studi tentang pertanian kota saat ini terus berkembang sebagai salah satu solusi berbagai permasalahan terkait ketahanan pangan, banjir, penurunan panas kota, efisiensi energi, kualitas udara, perubahan iklim, hilangnya habitat, dan pencegahan kejahatan (Mazeereuw, 2005).

Berdasarkan Urban Agriculture Network, diperkirakan 800 juta orang terlibat dalam pertanian kota di dunia; 200 juta memproduksi untuk dijual ke pasar; dan 150 juta orang yang bekerja secara penuh. Pada tahun 1993 sampai 2005, pertanian kota dapat meningkatkan pangsa produksi pangan di dunia dari 15% ke 33%, pangsa untuk buah-buahan, daging, ikan, dan susu dari 33% menjadi 50%, dan jumlah petani kota dari 200 menjadi 400 juta (Baumgartner dan Belevi, 2007). Fungsi pertanian kota yang telah diidentifikasi oleh Mazeereuw (2005) dalam Hanani (2009) ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Fungsi Pertanian Kota

Studi/penelitian yang dilakukan Alice dan Foeken (1996) di kota Nairobi, Kenya menunjukkan bahwa pertanian kota yang diimplementasikan di kota Nairobi mampu meningkatkan asupan energi petani kota (5,5%) dan petani kota binaan (19,23%) dibandingkan anggota masyarakat yang bukan pelaku pertanian kota. Demikian pula dengan asupan protein, petani kota dan petani kota binaan mengalami peningkatan asupan protein sebesar 1,64% dan 8,2% (secara berurutan). Balita di lingkungan masyarakat petani kota binaan yang mengalami gizi kurang lebih rendah 3,57% dibandingkan balita di lingkungan masyarakat yang tidak berpartisipasi dalam kegiatan pertanian kota. Masyarakat yang mengimplementasikan pertanian kota di kota Nairobi tidak memiliki balita yang mengalami gizi buruk.

Di Amerika Utara, *Food Security Coalition* (CFSC) mempunyai komisi yang memanfaatkan pertanian kota sebagai instrumen untuk meningkatkan akses pangan yang segar, terjangkau dan bergizi, dalam rangka mengurangi kerawanan pangan (Brown dan Carter 2003). Studi/penelitian Pinderhughes (2004) menunjukkan bahwa pertanian kota mampu mengurangi kemiskinan, kerawanan pangan, dan merupakan solusi masalah sampah organik. Penelitian yang dilakukan Rhoden dan Steele di Philadelphia dalam Pinderhughes (2004) yang memanfaatkan pekarangan sebagai salah satu bentuk pertanian kota

mampu menghemat pengeluaran pangan rata-rata sebesar \$150 setiap musim penanaman.

Di Indonesia, pertanian kota dapat dilakukan di taman-taman atau lahan fasilitas umum di lingkungan pemukiman/perumahan, pekarangan rumah atau memanfaatkan sisa lahan atau ruang di atas saluran air didepan rumah yang diberi penutup. Pertanian kota dapat menggunakan media tanah atau air, dan dapat dilakukan baik secara horisontal maupun vertikal. Model ketahanan pangan dan optimalisasi pemanfaatan lahan pekarangan berbasis rumah tangga dikenal dengan Kawasan Rumah Pangan Lestari (KRPL). Program ini sebagai upaya memaksimalkan lahan pekarangan sebagai sumber gizi dan nutrisi, terutama produk-produk untuk ternak unggas, akuakultur, hortikultura, pangan alternatif dan tanaman obat keluarga (TOGA). Hal ini sejalan dengan konsep *smart environment* dalam *smart city* yang menekankan pada pemanfaatan lahan secara bijak dan efisien.

Komoditas pertanian yang dapat ditanam pada pertanian kota antara lain sayur-sayuran dengan masa tanam yang relatif pendek seperti bayam, kangkung, sayuran andewi, phokcoy, sawi, selada, maupun buah-buahan seperti tomat, cabai, terong, labu siam, gambas, melon, timun suri, tanaman obat keluarga, tanaman rempah bumbu seperti jahe, kunyit, daun jeruk purut, lengkuas, daun padan, dan lain-lain. Pengembangan pertanian kota untuk komoditas cabai sesungguhnya sangat menguntungkan bagi rumah tangga. Hal ini dikarenakan cabai merupakan komoditas yang dibutuhkan setiap hari, namun dalam jumlah yang tidak banyak. Apabila satu rumah tangga membudidayakan sekitar 3 – 4 tanaman cabai dalam polybag atau pot, hasil panennya mencukupi untuk kebutuhan keluarga tersebut, sehingga mengurangi biaya pembelian cabai dan mengurangi dampak kenaikan harga cabai pada masa-masa tertentu. Penelitian yang dilakukan Sutanto memberikan hasil rendemen sayuran andewi yang lebih tinggi jika dibudidayakan secara vertikultur menggunakan hidroponik dibandingkan dengan vertikultur menggunakan media tanah dalam polibag.

Rumah tangga yang memiliki kolam ikan, baik ikan hias maupun ikan konsumsi, dapat mengembangkan aquaponik sebagai salah satu bentuk pertanian kota di tingkat rumah tangga. Melalui teknik

aquaponik ini, rumah tangga mendapatkan keuntungan ganda yaitu mengurangi frekuensi pembersihan air kolam dan mendapatkan komoditas aquaponik (sumber pangan hewani dan atau nabati) untuk kebutuhan konsumsi rumah tangga. Frekuensi pembersihan air kolam berkurang karena air dari kolam disirkulasi dan disegarkan melalui akar-akar tanaman yang dibudidayakan secara aquaponik.

Implementasi pertanian kota di tingkat rumah tangga melalui pemanfaatan pekarangan atau halaman rumah tinggal baik secara vertikal maupun horisontal, yang merupakan salah satu implementasi dari konsep *smart environment*, diharapkan mampu membantu memenuhi kebutuhan pangan keluarga terutama kebutuhan buah, sayur, rempah-rempah yang dijadikan bumbu sehari-hari seperti jahe, kunyit, kencur, daun jeruk purut, daun pandan, lengkuas; menjadi alternatif diversifikasi pangan keluarga sehingga dalam jangka panjang mampu mengurangi tingkat konsumsi rumah tangga untuk komoditas yang rutin dibutuhkan dalam jumlah kecil.

Hasil penelitian Rizal dan Fiana (2015) di kota Balikpapan yang diikuti oleh 30 rumah tangga dengan strata pekarangan $36\text{ m}^2 - 90\text{ m}^2$, yang membudidayakan tanaman beragam (polikultur) menggunakan kombinasi teknik vertikultur, gantung, tempel, tegak, rak, pot/polibag, dan tanam langsung, mampu menghasilkan komoditas yang dapat memenuhi kebutuhan pangan keluarganya. Hasil panen yang diperoleh mampu menghemat pengeluaran keluarga sebesar Rp 100.000,00 – Rp 200.000,00 dan meningkatkan konsumsi sayuran dalam keluarga sehingga dapat terpenuhi kebutuhan pangan dan gizi serta mewujudkan lingkungan hijau yang bersih dan sehat. Hal ini juga sejalan dengan implementasi konsep *smart living* dalam *smart city* yang menekankan pada kondisi kualitas kesehatan masyarakat dan keamanan individu.

SINERGI BERSAMA MEWUJUDKAN KETAHANAN PANGAN MASYARAKAT PERKOTAAN DI TINGKAT RUMAH TANGGA

Kerangka ketahanan pangan masyarakat perkotaan dengan ke empat unsurnya dapat terwujud jika terjalin sinergi positif antara masyarakat perkotaan sebagai target sasaran ketahanan pangan,

pemerintah sebagai pengambil kebijakan, akademisi sebagai motor penggerak inovasi dan teknologi, dan industri (bahan baku/bahan setengah jadi/produk jadi/jasa).

Ketahanan pangan masyarakat perkotaan perlu dimulai dari diri masyarakat perkotaan itu sendiri sebagai target sasaran ketahanan pangan. Perlu ditumbuhkan kesadaran akan kebutuhan pangan yang aman, sehat, enak, dan cukup secara kuantitas untuk kebutuhannya, serta kesadaran bahwa ketersediaan pangan terbatas sehingga memerlukan kontribusi dan peran masyarakat perkotaan agar bijak dalam konsumsi pangan. Kesadaran dan contoh baik untuk berpartisipasi membudidayakan komoditas pangan seperti sayur-sayuran dan buah-buahan di tingkat rumah tangga juga perlu ditumbuhkan dalam rangka menjaga ketersediaan pangan di tingkat rumah tangga. Kesadaran ini diharapkan mampu membentuk pola pikir dan perilaku cerdas masyarakat perkotaan dalam konsumsi pangannya, sehingga tidak semata-mata membeli pangan untuk memuaskan mata dan selera namun lebih diutamakan untuk memenuhi kebutuhan gizi dalam rangka hidup yang aktif dan sehat.

Pemerintah daerah (kota/kabupaten, provinsi, dan pusat) saling bersinergi mengembangkan kebijakan dan menyosialisasikan program-program yang mendorong masyarakat perkotaan (dan perdesaan) untuk berswasembada pangan dimulai tingkat rumah tangga. Pemerintah menyediakan saluran-saluran pemasaran dan distribusi komoditas hasil budidaya masyarakat yang mampu menjamin kepastian harga dan kualitas. Pemerintah menyediakan insentif bagi industri mikro/rumah tangga, kecil, dan menengah yang mampu memanfaatkan dan mengolah potensi lokal (bahan baku pangan lokal) sehingga menumbuhkan kecintaan masyarakat terhadap produk pangan lokal.

Akademisi melalui berbagai aktivitas penelitian dan pengabdian kepada masyarakat diharapkan mampu memberikan edukasi kepada masyarakat tentang ketahanan pangan di tingkat rumah tangga sehingga dapat mengurangi atau menekan kejadian gizi buruk, gizi kurang, dan gizi lebih. Sosialisasi dan implementasi pertanian kota di tingkat rumah tangga, salah satunya melalui program Kawasan Rumah Pangan Lestari, perlu digalakkan, dipantau/dimonitoring, dan

dibudayakan, terutama untuk komoditas-komoditas yang menjadi kebutuhan rutin rumah tangga, seperti cabai, tomat, sayur-sayuran daun, sehingga rumah tangga mampu memenuhi kebutuhannya sendiri dan menumbuhkan mekanisme cadangan pangan keluarga.

Pemerintah dan akademisi bersinergi melakukan pengawasan terhadap produk-produk hasil olahan masyarakat dan industri pangan terutama terkait aspek keamanan pangan. Pemerintah menyediakan saluran komunikasi yang mudah diakses dan dilacak agar masyarakat dan akademisi dapat menyampaikan laporan, saran, keluhan, dan perbaikan terhadap sistem pengawasan keamanan pangan di perkotaan.

Sosialisasi dan implementasi tentang keamanan pangan segar dan olahan, bahan tambahan pangan, proses pengolahan pangan yang baik, sanitasi dan higiene produksi pangan di lingkungan rumah tangga perlu dilakukan secara berkesinambungan hingga menumbuhkan kesadaran dan mampu mengubah pola pikir, perilaku, dan pola konsumsi masyarakat perkotaan. Sosialisasi dan pendampingan terhadap industri pengolahan pangan terutama industri mikro/rumah tangga, kecil, dan menengah terkait aspek sanitasi dan higiene, keamanan bahan baku, pengolahan dan penggunaan BTP, pengemasan, kontinuitas produksi, dan penjaminan mutu.

Ketaatan, komitmen, dan konsistensi industri pangan, skala mikro/rumah tangga, kecil, menengah, dan besar, untuk menghasilkan produk pangan yang aman, sehat, enak, dan seoptimal mungkin menggunakan bahan baku/potensi lokal perlu terus ditumbuhkan dan diupayakan. Kolaborasi hasil-hasil penelitian di bidang teknologi pangan dapat terus diwujudkan melalui mekanisme *scale up* sehingga dalam jangka panjang akan menjadi salah satu produk unggulan dan kebanggaan masyarakat, serta mampu menggerakkan perekonomian.

Terbentuknya jejaring informasi dan pemasaran yang informatif, mudah diakses, dan terpercaya tentang potensi dan lokasi sumber pangan lokal akan sangat membantu masyarakat perkotaan dan industri untuk menghasilkan produk pangan unggulan yang bersumber pada potensi lokal. Kondisi akan menurunkan

ketergantungan industri dan masyarakat perkotaan terhadap impor bahan baku pangan.

PENUTUP

Smart environment dan *smart living* merupakan dua dari enam karakteristik *smart city*. *Smart environment* terkait antara lain dengan pemanfaatan lahan dengan bijak, efisiensi energi dan pemanfaatan energi terbarukan; sementara *smart living* terkait antara lain dengan kualitas kesehatan dan keamanan individu. Terbentuknya ketahanan pangan melalui keterpenuhan pangan bagi negara sampai dengan perseorangan/individu, yang tercermin dari tersedianya pangan yang cukup, baik jumlah maupun mutunya, aman, beragam, bergizi, merata, dan terjangkau serta tidak bertentangan dengan agama, keyakinan, dan budaya masyarakat, untuk dapat hidup sehat, aktif, dan produktif secara berkelanjutan merupakan salah satu komponen terwujudnya *smart living*.

Ketahanan pangan masyarakat perkotaan tidak semata-mata terwujud melalui swasembada pangan, namun merupakan sinergi atas ketersediaan pangan (secara kuantitas dan kualitas), akses pangan, kesesuaian kuantitas, kualitas, dan keragaman pangan berdasarkan kebutuhan gizi masing-masing individu untuk kelangsungan hidup anggota masyarakat perkotaan yang sehat dan aktif. Kesadaran tentang keterbatasan persediaan pangan, pola konsumsi pangan yang bijak, pemanfaatan teknologi dan informasi komunikasi yang tepat untuk akses pangan, upaya bersama menjaga ketersediaan pangan melalui pertanian perkotaan di tingkat rumah tangga perlu terus ditumbuhkan dan diimplementasikan pada masyarakat perkotaan.

Pemerintah dan akademisi berkolaborasi merumuskan, mengimplementasikan, memonitoring, dan mengevaluasi berbagai program kerja untuk mewujudkan masyarakat perkotaan yang tahan dan mandiri pangan di *smart city*.

Membangun komitmen dan konsistensi industri pangan, skala mikro/rumah tangga, kecil, menengah, dan besar, untuk menghasilkan produk pangan yang aman, sehat, enak, dan seoptimal mungkin menggunakan bahan baku/potensi lokal. Pemerintah,

akademisi, masyarakat perkotaan dan industri pangan membentuk jejaring informasi dan pemasaran yang informatif, mudah diakses, dan terpercaya tentang potensi dan lokasi sumber pangan lokal akan sangat membantu masyarakat perkotaan dan industri untuk menghasilkan produk pangan unggulan yang bersumber pada potensi lokal.

DAFTAR PUSTAKA

- Alice, M. and Foeken. D. (1996). *Urban Agriculture, Food Security and Nutrition in Low Income Areas of The City of Nairobi, Kenya*. African Urban Quarterly, 1996 11 (2 and 3) pp 170-179 © by African Urban Quarterly Ltd.
- Ariningsih, Ening dan Rachman, Handewi P.S. (2008). *Strategi Peningkatan Ketahanan Pangan Rumah Tangga Rawan Pangan*. Jurnal Analisis Kebijakan Pertanian, Volume 6 No. 3, September 2008 : 239 – 255, <http://ejurnal.litbang.pertanian.go.id/index.php/akp/article/view/4314/3649>
- Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan Kementerian Kesehatan RI. (2013). *Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas 2013)*.
- Baumgartner, N. and Belevi. H. (2007). *A Systematic Overview of Urban Agriculture in Developing Countries*. AWAG – Swiss Federal Institute for Environmental Science & Technology.SANDEC – Dept. of Water & Sanitation in Developing Countries
- Brown, K.H. and Carter, A. (2003). *Urban Agriculture & Community Food Security in the U.S: Farming from the City Center to the Urban Fringe*. Primer prepared by Community Food Security Coalition’s North American Urban Agriculture Committee. <http://www.foodsecurity.org/PrimerCFSCUAC.pdf>.
- Dewan Ketahanan Pangan. (2006). *Kebijakan Umum Ketahanan Pangan 2006 – 2009*. Jakarta
- Hanani, N. (2009). *Ketahanan Pangan dan Pertanian Kota*. <http://nuhfil.lecture.ub.ac.id/files/2009/02/pertanian-kota-ketahanan-pangan-nuhfil-journal.doc>, diakses 9 September 2017
- Hariyadi, P. (2002). *Penguatan Industri Penghasil Nilai Tambah Berbasis Potensi Lokal Peranan Teknologi Pangan untuk Kemandirian Pangan*. PANGAN, Volume 19 No. 4, Desember

- 2010:295-301, <http://seafast.ipb.ac.id/publication/journal/20101204-Penguatan-Industri-Penghasil-Nilai-Tambah.pdf>
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2016). *Tahun 2015, Pemantauan Status Gizi Dilakukan di Seluruh Kabupaten/Kota di Indonesia*. <http://www.depkes.go.id/pdf.php?id=16032200005>, diakses pada 15 September 2017
- Kementerian Pertanian. (2015). *Rencana Strategis Kementerian Pertanian Tahun 2015 - 2019*, Biro Perencanaan, Sekretariat Jenderal, Jakarta, [http://bkp.pertanian.go.id/tinymcepuk/gambar/file/Renstra_BKP_2015-2019_1\(1\).pdf](http://bkp.pertanian.go.id/tinymcepuk/gambar/file/Renstra_BKP_2015-2019_1(1).pdf)
- Lestari, I., Riana, A.W., & Taftarzani, B.M. (2015). *Pengaruh Gadget pada Interaksi Sosial dalam Keluarga*. Prosiding KS : Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Volume 2, No. 2:147 – 300
- Mazeereuw. (2005). *Urban Agriculture Report*. Region Waterloo. Public Healt
- Nugent, R. (2000). *The impact of urban agriculture on the household and local economies*, In: *Growing cities, growing food* (Ed.: N. Bakker, M. Dubbeling, S. Gündel, U. Sabel-Koschella and H. de Zeeuw), DSA, Eurasburg, 76-97
- Pinderhughes, R. (2004). *Alternative Urban Futures: Planning for Sustainable Development in Cities Throughout the World*. Lanham, Boulder, New York, Toronto, Oxford: Rowman & Littlefield Publishers.
- Pusat Data dan Informasi Kementerian Kesehatan RI. (2017). *Data dan Informasi Profil Kesehatan Indonesia 2016*. Jakarta. <http://www.depkes.go.id/resources/download/pusdatin/lain-lain/Data%20dan%20Informasi%20Kesehatan%20Profil%20Kesehatan%20Indonesia%202016%20-%20%20smaller%20size%20-%20web.pdf>, diakses 27 September 2017

- Putra, Y.M.P. (2016). *Angka Gizi Buruk di DIY Masih Tinggi*. Antara. <http://nasional.republika.co.id/berita/nasional/jabodetabek-nasional/16/03/18/nasional/daerah/16/05/09/o6x0ds284-angka-gizi-buruk-di-diy-masih-tinggi> diakses 17 September 2017
- Saliem, H.P., Purwoto, A., Hardono, G.S., Purwantini, T.B., Supriyatna, Y., Marisa, Y. dan Waluyo. (2005). *Manajemen Ketahanan Pangan Era Otonomi Daerah dan Perum Bulog*. Jakarta: PSEKP-Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian.
- United Nations. (1984). *Universal Declaration of Human Rights*, http://www.ohchr.org/EN/UDHR/Documents/UDHR_Translations/eng.pdf, diakses pada 31/08/2017
- Yusiardi, P. (2015). *Pengertian dan Manfaat dari Smart City*. <http://purwo-unsada.blogspot.co.id/2015/12/pengertian-dan-manfaat-dari-smart-city.html>, diakses 3 Oktober 2017

PEMANFAATAN ILMU AKTUARIA DALAM MEWUJUDKAN JAMINAN RISIKO BANJIR DI DALAM KONSEP *SMART CITY*

Pramono Sidi

PENDAHULUAN

Smart City atau *Kota Pintar* direncanakan dengan menggunakan model referensi untuk menentukan konsep tata letak kota yang cerdas dan berkarakter. *Kota Pintar* ini pada intinya memiliki enam dimensi yaitu ekonomi yang cerdas, mobilitas cerdas, lingkungan pintar, individu yang cerdas, cerdas dalam hidup dan akhirnya pemerintahan yang cerdas pula. Konsep Kota Pintar dapat digunakan juga untuk mengevaluasi kemampuan perencanaan kota yang inovatif. Setiap wilayah yang merupakan Kota Pintar sudah seharusnya mempunyai infrastruktur yang bisa menjamin dan melayani penduduknya terhadap segala jenis risiko.

Penjaminan Risiko (Asuransi)

Dalam kehidupan sehari-hari sering kita dengar istilah 'risiko'. Berbagai macam risiko, seperti risiko kebakaran, kecelakaan berkendara di jalan, risiko terkena atau terdampak banjir di musim hujan dan sebagainya, dapat menyebabkan kita menanggung kerugian jika tidak cermat dalam mengantisipasi risiko-risiko tersebut sejak awal. Oleh karena di dalam menjalankan kegiatan hidupnya manusia akan selalu berhadapan dengan risiko, maka risiko menjadi sesuatu yang tidak dapat dipisahkan dengan kehidupan manusia. Selanjutnya, bagaimana pengertian risiko dalam asuransi?

Risiko (bahasa Inggris: "*risk*") merupakan *dasar dari asuransi* dan oleh karena itu sebelum mempelajari asuransi secara detail perlu lebih dulu dipahami arti dari risiko. Pengertian 'risiko' dalam asuransi adalah "ketidakpastian akan terjadinya suatu peristiwa yang dapat menimbulkan kerugian ekonomis (*uncertainty of loss*).

Definisi yang lebih sederhana diberikan oleh Kron (2005). Risiko didefinisikan sebagai kombinasi dari probabilitas terjadinya peristiwa tertentu dan probabilitas timbulnya kerusakan yang menimbulkan kerugian jika peristiwa tersebut terjadi (Kron, 2005). Definisi sederhana ini mengandung dua unsur yaitu: ketidakpastian (*uncertainty*) dan kerugian (*loss*). Kerugian yang dimaksudkan dalam definisi ini adalah kerugian dalam arti finansial (*financial risk*), artinya kerugian tersebut dapat diukur secara finansial atau dinilai dengan uang. Dalam artikel ini, risiko yang akan dibahas adalah risiko terhadap banjir.

Asuransi merupakan transaksi pertanggungan yang melibatkan dua pihak, yaitu tertanggung dan penanggung. Pihak penanggung menjamin pihak tertanggung, bahwa tertanggung akan mendapatkan penggantian terhadap suatu kerugian yang mungkin akan dideritanya, sebagai akibat dari suatu peristiwa yang semula belum tentu akan terjadi atau yang semula belum dapat ditentukan saat/kapan terjadinya. Sebagai kontraprestasinya, pihak tertanggung diwajibkan membayar sejumlah uang kepada pihak penanggung, yang besarnya sekian persen dari besarnya pertanggungan. Sejumlah uang yang dibayarkan oleh pihak tertanggung kepada penanggung disebut "premi".

Ditilik dari berbagai sudut pandang, maka asuransi mempunyai tujuan dan teknik pemecahan yang bermacam-macam. Dari segi ekonomi, maka asuransi bertujuan mengurangi ketidakpastian hasil usaha yang dilakukan oleh seseorang atau perusahaan dalam rangka memenuhi kebutuhan atau mencapai tujuan. Dari segi hukum, tujuan asuransi adalah memindahkan risiko yang dihadapi oleh suatu objek atau suatu kegiatan bisnis kepada pihak lain. Dari segi tata niaga, asuransi bertujuan membagi risiko yang dihadapi kepada semua peserta program asuransi. Dari segi kemasayarakatan, asuransi bertujuan menanggung kerugian secara bersama-sama antar semua peserta program asuransi. Sementara itu, dari segi matematis, tujuan asuransi adalah meramalkan besarnya probabilitas terjadinya risiko, dan hasil ramalan tersebut dipakai sebagai dasar untuk membagi/menyebarkan risiko kepada semua/sekelompok peserta program asuransi. Hal ini dilakukan dengan menghitung besarnya kemungkinan (probabilitas) dengan menggunakan Teori Kemungkinan (*Probability Theory*), yang dilakukan oleh *aktuaris* maupun *underwriter*.

Karakteristik dan representasi teoritis dari risiko dapat disajikan dalam bentuk model stokastik dengan efek yang bersifat tetap dan acak. Penanganan risiko dalam matematika dan aktuaria dilakukan dengan cara membangun model parametrik untuk distribusi banyaknya (besarnya) klaim. Harga premi yang berbasis pada biaya risiko individu merupakan prinsip penentuan (perhitungan) tingkat harga premi secara aktuaria. Harga premi yang dikenakan kepada pemegang polis (tertanggung) merupakan perkiraan biaya masa depan yang terkait dengan besarnya klaim yang akan ditanggung perusahaan asuransi (pihak penanggung).

Pendekatan premi murni mendefinisikan harga polis asuransi sebagai rasio dari estimasi semua biaya klaim waktu ke depan -yang disiapkan untuk membayar kerugian yang dicakup dalam polis asuransi- terhadap eksposur risiko, ditambah dengan beberapa biaya tambahan, seperti biaya administrasi. Penentuan tingkat harga premi asuransi kerugian didasarkan pada distribusi frekuensi klaim dan distribusi kerugian. Frekuensi klaim didefinisikan sebagai banyaknya klaim yang terjadi per unit eksposur yang diterima (Norberg, 2007).

Banjir

Banjir memiliki dua arti yaitu meluapnya air sungai disebabkan oleh debit air yang melebihi daya tampung sungai pada keadaan curah hujan tinggi, dan arti kedua adalah banjir merupakan genangan pada daerah datar yang biasanya tidak tergenang (Suherlan, 2001). Bencana banjir bisa juga merupakan aspek interaksi antara manusia dengan alam yang timbul dari proses aktifitas manusia yang mencoba menggunakan alam yang bermanfaat dan menghindari alam yang merugikan (Suwardi, 1999).

Banjir dipengaruhi oleh banyak faktor, tetapi apabila dikelompokkan akan didapatkan tiga faktor yang berpengaruh terhadap banjir, yaitu unsur meteorologi, karakteristik fisik Daerah Aliran Sungai (DAS), dan manusia. Unsur meteorologi yang berpengaruh pada timbulnya banjir adalah intensitas, distribusi, frekuensi, dan lamanya hujan berlangsung. Karakteristik DAS yang berpengaruh terhadap terjadinya banjir adalah luas DAS, kemiringan lahan, ketinggian, dan kadar air tanah. Pengaruh perubahan lahan terhadap perubahan karakteristik aliran sungai berkaitan dengan berubahnya areal konservasi dapat menurunkan kemampuan tanah dalam menahan air. Hal tersebut dapat memperbesar peluang terjadinya aliran permukaan dan erosi. Sedangkan unsur manusia berperan pada percepatan perubahan penggunaan lahan seperti hutan belukar yang lebat.

Dalam skala perkotaan, faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya banjir adalah:

1. Topografi. Kelandaian lahan sangat mempengaruhi timbulnya banjir terutama pada lokasi dengan topografi datar dan kemiringan rendah, seperti pada kota-kota pantai. Hal ini menyebabkan kota-kota pantai memiliki potensi atau peluang terjadinya banjir yang besar disamping ketersediaan saluran drainase yang kurang memadai, baik saluran utama maupun saluran yang lebih kecil.
2. Areal terbangun. Luasnya areal terbangun di kawasan perkotaan akibat tingkat pembangunan fisik yang tinggi, berdampak pada bidang peresapan tanah yang semakin mengecil.

3. Kondisi saluran drainase. Saluran drainase yang tidak memadai akibat kurangnya pemeliharaan, dan rendahnya kesadaran penduduk untuk membuang sampah pada tempatnya menyebabkan terjadinya pendangkalan (Utomo, 2004).

Banjir karena luapan sungai adalah bencana alam yang paling sering terjadi dan menimbulkan dampak kerusakan yang secara finansial sangat mahal. Banjir akibat luapan sungai memberi dampak luas pada sebagian besar negara-negara di dunia secara teratur/periodik (UNISDR, 2011; IPCC, 2012). Selama beberapa dekade terakhir, kerusakan ekonomi akibat banjir telah meningkat di sebagian besar wilayah. Beberapa penelitian menyatakan bahwa sebagian besar peningkatan ini dapat dikaitkan dengan pertumbuhan populasi dan peningkatan taraf hidup di daerah rawan banjir (Barredo, 2009; Bouwer *et al.*, 2010; Kreft, 2011; UNISDR, 2011; Barredo *et al.*, 2012).

Bencana alam khususnya banjir, frekuensi dan besarnya meningkat. Oleh karena itu, biaya untuk mitigasi dan kompensasinya pun menjadi meningkat (Munich Re [MR], 2001). Studi tentang peristiwa banjir yang sudah sering terjadi menunjukkan bahwa mayoritas kerugian timbul di daerah perkotaan, akibat gangguan struktur, besarnya biaya bisnis yang macet dan kegagalan infrastruktur (Environment Agency, 2010; Asian Development Bank and World Bank, 2010). Instansi pemerintah, perusahaan asuransi dan lembaga penelitian di banyak negara berkembang menggunakan model kerusakan karena banjir untuk menilai dampak ekonomi akibat banjir. Estimasi potensi terhadap kerusakan akibat banjir digunakan untuk perencanaan penggunaan lahan, pemetaan risiko banjir, dan analisis investasi biaya keuntungan yang dibutuhkan dalam penanggulangan banjir (Charnwood Borough Council 2003).

Kerusakan akibat banjir dapat dibagi menjadi empat jenis: kerusakan yang berwujud langsung (misalnya kerusakan fisik akibat kontak dengan air), berwujud tidak langsung (misalnya hilangnya produksi dan pendapatan), tidak berwujud langsung (misalnya hilangnya nyawa) dan tidak berwujud tidak langsung (misalnya trauma). Metodologi dalam makalah ini hanya menyoroti aspek yang

berkaitan dengan estimasi kerusakan yang nyata (berwujud) dan langsung.

Estimasi kerusakan akibat banjir yang berwujud langsung adalah proses yang kompleks, melibatkan sejumlah besar faktor-faktor hidrologi dan sosial ekonomi. Struktur, input dan output dari model kerusakan spesifik dijelaskan tidak hanya oleh data yang tersedia, tetapi juga oleh sifat-sifat model. Sebagai contoh, sementara perusahaan asuransi membuat model perkiraan kerusakan yang diasuransikan, instansi pemerintah dan akademisi lebih tertarik pada penilaian yang akurat dari total besarnya kerugian ekonomis. Semua model kerusakan yang dibangun didefinisikan berdasarkan tingkat generalisasi, tetapi dengan tingkat signifikansi di antara model yang bervariasi.

Hampir dalam semua model, faktor penentu ekspektasi kerusakan yang digunakan saat ini adalah kedalaman banjir, tapi kadang-kadang dilengkapi dengan parameter lain seperti kecepatan arus air, durasi, pencemaran air, pencegahan dan peringatan dini (Messner *et al.*, 2007). Saat ini telah dikembangkan beberapa model multi-parameter baru yang konseptual (Nicholas *et al.*, 2001) atau dikembangkan (dan divalidasi) untuk daerah yang spesifik, misalnya untuk Jepang (Zhai *et al.*, 2005) atau FLEMO untuk Jerman (Kreibich *et al.*, 2010).

Namun, metode untuk estimasi kerusakan banjir yang paling umum dan diterima secara internasional masih menggunakan metode yang menerapkan fungsi-fungsi kedalaman-kerusakan (Smith & Ward., 1988; Kelman & Spence, 2004; Meyer & Messner, 2005; Merz *et al.*, 2010; Green *et al.*, 2011). Fungsi-fungsi kedalaman-kerusakan tersebut menggambarkan hubungan antara kedalaman banjir dan kerusakan moneter yang terjadi. Fungsi kedalaman banjir diketahui memberikan ekspektasi kerugian terhadap properti yang spesifik atau terhadap jenis penggunaan lahan, baik dalam persentase nilai aset (fungsi relatif) atau langsung dalam syarat-syarat finansial (fungsi absolut).

Terdapat tingkat ketidakpastian yang signifikan yang digambarkan dalam bentuk kurva kerusakan, nilai aset dan kerangka metodologi (Merz *et al.*, 2004). Perbedaan dalam kerangka metodologi pada model-model kerusakan banjir, misalnya dalam skala spasial

(berdasarkan objek vs daerah), jenis fungsi-kerusakan (fungsi absolut vs relatif), kelas/kelompok kerusakan, berdasarkan biaya (biaya pengganti vs biaya terdepresiasi) dan termasuk sejumlah karakteristik hidrologi. Sementara beberapa model kerusakan ada yang dibangun dengan menggunakan data kerusakan empiris, dan metode/model lain yang didasarkan pada penilaian ahli dikombinasi dengan skenario genangan buatan.

Pada umumnya dampak banjir dapat bersifat langsung maupun tidak langsung. Dampak langsung relatif lebih mudah diprediksi daripada dampak tidak langsung. Dampak yang dialami oleh daerah perkotaan yang didominasi permukiman penduduk akan berbeda dengan dampak yang dialami daerah perdesaan yang didominasi oleh areal pertanian (Priyadarshinee *et al.*, 2015).

Banjir juga merupakan bencana yang relatif paling banyak menimbulkan kerugian. Kerugian yang ditimbulkan oleh banjir, terutama kerugian tidak langsung. Banjir yang menerjang suatu kawasan dapat membuat rumah menjadi berantakan, sehingga menimbulkan kerugian (Karamouz *et al.*, 2009). Penanganan kerugian akibat banjir secara menyeluruh dan berkelanjutan menjadi tugas serta tanggungjawab semua pihak, baik instansi teknis maupun lembaga lain yang terkait serta masyarakat.

Untuk melakukan pemulihan perumahan dengan pembangunan kembali, pemerintah dan organisasi kemanusiaan memang sudah memberikan bantuan biaya. Namun, biaya yang diberikan oleh pemerintah dan organisasi kemanusiaan tidak sepenuhnya dapat mencukupi semua biaya pembangunan rumah yang diperlukan (Jonkman *et al.*, 2008; Paudel *et al.*, 2013). Untuk itu, kesadaran masyarakat dalam mengantisipasi penyediaan dana untuk mengatasi biaya pembangunan kembali rumahnya yang rusak akibat banjir perlu terus ditingkatkan, baik di wilayah perdesaan maupun kota (Sagala *et al.*, 2014).

Salah satu alternatif antisipasi penyediaan dana yang dapat ditempuh adalah dengan cara menjadi peserta asuransi kerugian banjir. Asuransi merupakan mekanisme untuk menghadapi risiko dan memungkinkan kegiatan seperti pembayaran kompensasi yang dijanjikan dapat dilakukan. Mekanisme dalam manajemen asuransi

mensyaratkan bahwa mekanisme tersebut dapat dijalankan setelah bencana terjadi (Kousky & Shabman, 2014; Landry & Jahan-Parvar, 2009). Memang produk asuransi kerugian banjir ini sudah banyak ditawarkan, dan sebagian masyarakat di kota/daerah yang terdampak banjir sudah pula menjadi peserta asuransi tersebut. Ketika bencana banjir terjadi, korban dapat mengklaim pembayaran keuangan untuk mengganti dan membangun kembali rumah mereka yang hancur.

Selanjutnya, suatu hal yang perlu dilakukan oleh perusahaan asuransi adalah secara periodik mengevaluasi perhitungan penetapan besarnya premi. Hal ini penting dilakukan agar dapat dijaga keseimbangan finansial antara peserta asuransi dengan perusahaan penjaminan (Paudel *et al.*, 2013). Artinya, besarnya premi tidak memberatkan peserta asuransi, dan perusahaan asuransi juga tidak mengalami kerugian akibat sejumlah klaim yang diajukan (Ermolieva *et al.*, 2013; Jongejan & Vrijling, 2009).

Perlindungan Terhadap Risiko Bencana Banjir

Dampak sistem bumi terhadap manusia sekarang ini begitu luas sehingga sulit untuk mencari lokasi yang tidak dipengaruhi oleh interaksi antara proses sistem bumi, manusia dan alam (Palmer *et al.*, 2004; Vorosmarty *et al.*, 2004; Barnosky *et al.*, 2012; Rockstrom *et al.*, 2009). Para ahli berpendapat bahwa dampak yang dialami manusia sekarang begitu meluas. Setidaknya tiga dari sembilan batas planet kini telah berubah, yaitu yang berkaitan dengan perubahan iklim, hilangnya keanekaragaman hayati dan siklus nitrogen dan fosfor.

Dampak manusia yang disebabkan oleh pertumbuhan penduduk serta hubungannya dengan konsumsi sumber daya, transformasi habitat dan fragmentasi, konsumsi energi dan produksi serta dampak yang terkait dengan bumi dan proses atmosfer mendefinisikan batas-batas planet bumi sebagai ruang operasi yang aman bagi kemanusiaan dikaitkan dengan proses biofisik dalam sistem bumi (Barnosky *et al.*, 2012; Rockstrom *et al.* 2009).

Dalam upaya mengatasi permasalahan akibat terjadinya banjir, ada beberapa cara yang dapat dilakukan, salah satunya mengetahui sebab-sebab terjadinya banjir dan daerah sasaran banjir, yang tergantung pada karakteristik klimatologi, hidrologi, dan kondisi fisik

wilayah. Salah satu disiplin ilmu yang sangat berpengaruh dalam penanggulangan masalah banjir adalah dengan bantuan aplikasi Sistem Informasi Geografis (SIG) yang diterapkan untuk identifikasi dan pemetaan kawasan berpotensi banjir (Purnama, 2008).

Upaya-upaya untuk mengatasi banjir telah dilakukan antara lain dengan melakukan pengerukan sedimen, merehabilitasi tanggul sungai untuk menambah kapasitas daya tampung debit sungai, peningkatan kemampuan meresapnya air hujan dari setiap penggunaan lahan baik daerah hulu maupun hilir, dan menghindari daerah rawan banjir atau bantaran sungai sebagai tempat pemukiman.

Setiap terjadi banjir, pemerintah dan beberapa organisasi sosial selalu memberikan bantuan dana untuk perbaikan bangunan. Tetapi bantuan yang diberikan sangatlah terbatas, sehingga tidak dapat mencakup seluruh biaya kerugian, apalagi jika terjadi hilangnya nyawa dalam musibah banjir. Disini, kehadiran produk asuransi untuk menjamin risiko kerugian harta benda dan hilangnya nyawa sangatlah penting.

Dalam perkembangannya, pola atau gaya hidup masyarakat perkotaan di Indonesia saat ini sudah mulai berubah, yaitu menuju pada kesadaran bahwa hidup manusia selalu mengandung risiko. Besar kecilnya risiko tergantung dari perilaku manusia itu sendiri. Salah satu yang terlihat signifikan adalah kesadaran masyarakat tentang bagaimana masyarakat meminimalkan risiko yang dianggap penting agar dapat menjalani kehidupan yang lebih baik (Sidi, 2016). Disinilah peranan ilmu aktuaria dalam mewujudkan sistem pertanggungan atau jaminan terhadap risiko, khususnya pada risiko banjir.

Perlindungan terhadap bencana banjir membutuhkan koordinasi yang terencana. Di negara maju, penanganan bencana banjir diatur oleh suatu program yang dibuat oleh pemerintah yaitu Program Asuransi Banjir. Program Asuransi Banjir dari pemerintah ini saling bersubsidi dengan program asuransi banjir yang tersedia bagi pemilik *real estate* atau rumah dan pemilik mobil yang terletak di daerah bahaya banjir, sejauh komunitas peserta program asuransi banjir turut

berpartisipasi dalam Program Asuransi Banjir yang digagas pemerintah.

Program Asuransi Banjir membutuhkan pemerintah sebagai badan pengatur (regulator) keuangan dan pembuat peraturan asuransi banjir. Aksi Perlindungan Bencana Banjir mengadopsi peraturan yang telah dibuat pemerintah, dan melarang lembaga pemberi pinjaman swasta untuk turut serta melakukan pengaturan (regulasi) –mulai dari pembuatan, peningkatan, perluasan atau pembaharuan pinjaman dengan cara meningkatkan jaminan *real estate* atau rumah, meningkatkan jaminan mobil yang terletak atau berada di daerah bahaya banjir- kepada komunitas yang berpartisipasi dalam Program Asuransi Banjir, kecuali pihak properti memberikan pinjaman yang aman yang di dalamnya mencakupi asuransi banjir.

Program Asuransi Banjir didisain untuk meningkatkan partisipasi warga negara dalam Program Asuransi Banjir, dan meningkatkan kepatuhan warga negara terhadap pemenuhan persyaratan asuransi banjir sehingga keikutsertaan dalam program ini membantu memberikan dana tambahan kepada Dana Asuransi Banjir dalam rangka mengurangi beban keuangan dampak korban banjir.

Program Asuransi Banjir mempunyai dua bentuk yang berbeda, yaitu program darurat dan program reguler. Program Darurat Banjir diperuntukkan bagi komunitas yang pertama kali masuk dalam Program Asuransi Banjir. Program ini adalah program interim yang menyediakan tingkat asuransi banjir yang lebih rendah pada struktur yang memenuhi syarat untuk disubsidi. Dalam program ini dikeluarkan peta daerah bahaya banjir yang menetapkan batas-batas bahaya banjir untuk menentukan apakah properti berlokasi di daerah dataran banjir. Selanjutnya, suatu komunitas yang telah menjadi anggota Program Darurat Banjir akan diterima di Program Reguler setelah melengkapi persyaratan khusus. Program Reguler menyediakan cakupan asuransi penuh untuk struktur yang memenuhi syarat dan memerlukan tambahan tanggung jawab manajemen banjir bagi masyarakat.

Untuk masuk dalam Program Reguler, suatu komunitas akan diteliti dan dipelajari secara rinci, serta apabila telah dinyatakan lengkap akan langsung masuk dalam Program Reguler. Selanjutnya,

peta tingkat asuransi banjir untuk wilayah segera dikeluarkan oleh Pemangku Daerah Bahaya Banjir. Peta pada Program Reguler menggambarkan masyarakat disertai tingkat bahaya dari peluang banjir, serta mencakup identifikasi wilayah yang lebih spesifik dibandingkan peta batas bahaya banjir yang digunakan pada Program Darurat Banjir. Peta tersebut juga menunjukkan dasar peningkatan banjir yang menggambarkan kedalaman atau ketinggian banjir.

Program Asuransi Banjir meng-*cover* (mencakupi, melingkupi) properti perumahan yang terletak atau berada di daerah yang memiliki bahaya banjir khusus. Pada umumnya setiap struktur yang diasuransikan memberlakukan polis asuransi yang terpisah, meskipun Daerah Bahaya Banjir tidak memberikan pertimbangan khusus untuk beberapa bangunan non hunian. Berikut jenis struktur yang memenuhi syarat untuk cakupan Program Asuransi Banjir:

- a. bangunan perumahan, industri, komersial, dan pertanian dengan struktur ber dinding dan beratap, dan yang terutama berdiri atas tanah,
- b. bangunan berkonstruksi dengan pinjaman pembangunan digunakan untuk membangun dan melakukan perbaikan bangunan di atas tanah, dan dalam hal ini asuransi dibeli dengan mengikuti konstruksi bangunan baru,
- c. kondominium, dan
- d. cakupan asuransi banjir juga disediakan untuk properti pribadi dan peraturan asuransi lain untuk *real property*. Properti yang diasuransikan kondisinya harus memenuhi syarat-syarat yang ditetapkan dalam peraturan asuransi

Struktur-struktur yang tidak memenuhi syarat untuk Program Asuransi Banjir adalah:

- a. tanah kosong, jembatan, bendungan dan jalan,
- b. tenda untuk kemah,
- c. bus atau van,
- d. seluruh isi bangunan di dalam atau di atas air, dan
- e. bangunan baru.

Skema kompensasi yang efektif untuk penanganan bencana banjir disiapkan agar dapat memperbaiki dampak banjir. Pasar asuransi di negara-negara Masyarakat Eropa ditata dengan berbagai aturan, dan skema kompensasi kerugian banjir tersebut berbeda-beda untuk masing-masing negara (Schwarze & Wagner, 2009). Perbedaan ini sebagian muncul dari adanya beragam pandangan tentang peran asuransi swasta atau sektor publik yang harus bermain pada kompensasi kerugian bencana alam, dan juga mungkin dipengaruhi oleh perbedaan karakteristik dari risiko banjir yang dihadapi oleh masing-masing negara (Bouwer *et al.*, 2007).

Sebuah kendala yang mungkin akan menghambat sistem asuransi banjir berfungsi dengan baik adalah keberadaan individu-individu tidak "memainkan peran" dalam sistem asuransi tersebut dan membeli asuransi. Beberapa studi menunjukkan bahwa dalam praktiknya banyak individu tidak berfikir secara rasional dalam menimbang antara biaya asuransi (premi) yang harus dikeluarkan/dibayarkan dengan besarnya manfaat yang akan diperoleh sehingga dapat mengurangi tingkat risiko.

Ekspektasi asuransi dalam mengurangi tingkat risiko telah diasumsikan dalam teori utilitas yang merupakan salah satu teori dalam ekonomi tradisional tentang pengambilan keputusan individual di bawah tekanan risiko (Kunreuther, 1973; Kunreuther & Pauly, 2004; Krantz & Kunreuther, 2007). Fakta di negara maju seperti Amerika Serikat tidak sejalan dengan teori utilitas ini.

Contoh ketidakmampuan masyarakat Amerika Serikat berpikir rasional adalah banyaknya pemilik rumah di negara tersebut yang tidak membeli asuransi banjir, bahkan untuk membeli premi atas ekspektasi kerugian yang sudah di depan mata, atau bahkan dalam beberapa kasus preminya disubsidi (Dixon *et al.*, 2006). Fakta tersebut bertentangan dengan ekspektasi teori utilitas yang memprediksi bahwa individu akan meminimalkan risiko dengan membeli premi asuransi banjir. Dengan demikian, banyak orang yang mengabaikan peluang mengurangi risiko terhadap bencana banjir. Penelitian-penelitian lain menyimpulkan bahwa banyak juga orang yang terlalu melebih-lebihkan dengan berpendapat bahwa peluang mengurangi risiko banjir dengan membeli asuransi atas banjir justru berdampak

tinggi dalam menambah kerugian bagi pembeli polis asuransi, apalagi jika preminya jauh di atas kerugian yang diperkirakan (Botzen *et al.*, 2009;. Laury *et al.*, 2009).

Untuk mengevaluasi program pinjaman dan asuransi, digunakan data nilai properti yang dikumpulkan oleh Survei Properti Residensial dan Komersial (Robillard, 1975). Setiap properti yang digunakan untuk penelitian diklasifikasikan menurut ukuran dan kondisi bangunan, nilai perabot interior, dan ada atau tidaknya ruang bawah tanah. Dengan data dan informasi tahap-tahap kerusakan, dimungkinkan untuk memperkirakan potensi kerusakan berdasarkan nilai tunai aktual dari setiap properti.

Pemodelan Matematika

Pemodelan Matematika merupakan salah satu tahap dari pemecahan masalah matematika. Model merupakan simplifikasi atau penyederhanaan fenomena-fenomena nyata dalam bentuk matematika. Model matematika yang dihasilkan, dapat berupa bentuk persamaan, pertidaksamaan, sistem persamaan atau lainnya terdiri atas sekumpulan lambang yang disebut variabel atau besaran yang kemudian di dalamnya digunakan operasi matematika seperti tambah, kali, kurang, atau bagi. Dengan prinsip-prinsip matematika tersebut, dapat dilihat apakah model yang dihasilkan telah sesuai dengan rumusan sebagaimana formulasi masalah nyata yang dihadapi. Hubungan antara komponen-komponen dalam suatu masalah yang dirumuskan dalam suatu persamaan matematik yang memuat komponen-komponen itu sebagai variabelnya, dinamakan model matematik, dan proses untuk memperoleh model dari suatu masalah dikatakan pemodelan matematika.

Ada beberapa model matematika yang akan diperkenalkan oleh penulis dalam kaitannya dengan kemampuan model tersebut mengatasi masalah banjir, seperti yang akan dijelaskan secara singkat berikut ini.

Pengendalian banjir dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu metode struktur dan non-struktur. Metode struktur secara garis besar dapat dilakukan dengan cara perbaikan, pengaturan sistem sungai dan mendirikan bangunan pengendali banjir. Sedangkan metode non-

struktur dapat dilakukan dengan beberapa cara, salah satunya adalah dengan melakukan prediksi potensi terjadinya banjir, dan ini bisa menggunakan suatu pemodelan matematika.

Penggunaan model matematika dapat untuk mengurangi kesalahan dan mengefisienkan waktu dalam proses perhitungannya. Salah satu model yang sangat terkenal, yang dapat digunakan untuk melakukan prediksi potensi terjadinya banjir adalah model Muskinghum (Hendri & Inra, 2007). Model Muskinghum termasuk model yang cukup akurat dalam memperkirakan debit banjir dengan tingkat kesalahan 14 persen, dan kesalahan prediksi waktu debit puncak rata-rata 0,16 jam (Hendri & Inra, 2007).

Prinsip dasar penyelesaian perhitungan banjir dengan metode Muskinghum adalah kelengkapan data pengukuran debit pada bagian hulu dan hilir sungai yang didapatkan pada waktu bersamaan. Pengukuran ini sangat penting untuk mendapatkan nilai tampungan yang terjadi pada penampang sungai yang ditinjau. Nilai ini yang akan digunakan untuk menentukan besar faktor pembobot x dan koefisien tampungan k (Arifiani, 2008).

Pada umumnya, perhitungan dalam penelusuran banjir melalui palung sungai secara manual sukar untuk diselesaikan dalam waktu singkat, karena waktu t harus dibagi menjadi periode-periode Δt yang lebih kecil. Periode waktu tersebut dinamakan periode penelusuran (*routing period*), dan memerlukan penyelesaian dengan model numerik untuk menghasilkan nilai yang lebih valid (Hendri & Inra, 2007).

Penggunaan metode Muskinghum dalam penelusuran banjir dilakukan dengan asumsi bahwa:

- (a) tidak ada anak sungai yang masuk ke dalam bagian memanjang dari palung sungai yang diobservasi, dan
- (b) penambahan dan berkurangnya air karena curah hujan, aliran masuk dan keluar air tanah, serta evaporasi, dianggap tidak ada.

Dalam model ini, untuk bagian sungai yang memanjang, waktu tempuh t dibagi menjadi periode-periode penelusuran Δt yang lebih kecil, sehingga selama periode penelusuran Δt , puncak kejadian banjir tidak dapat menutup bagian memanjang sungai secara

menyeluruh. Selanjutnya, secara umum persamaan kontinuitas yang digunakan dalam penelusuran banjir adalah:

$$\frac{dS}{dt} = I - Q \quad (1)$$

dengan I adalah debit air yang masuk ke dalam permulaan bagian memanjang palung sungai yang diobservasi dengan satuan m^3/s ; Q adalah debit yang keluar dari akhir bagian memanjang palung sungai yang diobservasi dengan satuan m^3/s ; dS adalah perubahan besarnya daya tampung (*storage*) dalam bagian panjang palung sungai yang diobservasi dengan satuan m^3 ; dan dt adalah periode penelusuran dengan satuan detik, menit, jam atau hari.

Jika periode penelusuran diubah dari dt menjadi Δt , maka persamaan-persamaan yang digunakan adalah:

$$I = \frac{I_1 + I_2}{2} \text{ dan } Q = \frac{Q_1 + Q_2}{2} \quad (2)$$

Karena $dS = S_2 - S_1$, maka persamaan (1) dapat dinyatakan sebagai

$$dS = S_2 - S_1 = \frac{I_1 + I_2}{2} + \frac{Q_1 + Q_2}{2} \quad (3)$$

dengan I_1 debit air masuk pada saat permulaan periode penelusuran, dan I_2 debit air masuk pada saat akhir periode penelusuran. Besarnya I_1 dan I_2 dapat diketahui dari pengukuran dengan hidrograf debit air masuk. Besarnya Q_1 dan S_1 diketahui dari periode, sedangkan Q_2 dan S_2 belum diketahui ukurannya sehingga memerlukan pengukuran.

Menurut Hendri dan Inra (2007), hubungan antara S dan Q pada palung sungai dapat dinyatakan dengan

$$S = k \{ xI + (1-x)Q \} \quad (4)$$

dengan k konstanta dan x bobot (*weight*) yang besarnya $0 < x < 1$ (biasanya $x < 0,5$); dan dalam banyak hal nilai x besarnya kira-kira 0,3. Menurut Hendri dan Inra (2007), untuk sungai-sungai yang terjadi karena bentukan alam maka besarnya x adalah $0,2 < x < 0,3$. Semakin curam kemiringan sungai, semakin besar nilai x , dan pada kasus tertentu x dapat bernilai negatif. Jika S berdimensi volume, I dan Q berdimensi debit air, maka k harus berdimensi waktu (detik, menit, jam atau hari).

Berdasarkan persamaan (4), dapat dibuat persamaan-persamaan sebagai berikut:

$$S_1 = k \{ xI_1 + (1-x)Q_1 \} \quad (5)$$

$$S_2 = k \{ xI_2 + (1-x)Q_2 \} \quad (6)$$

Selanjutnya, berdasarkan persamaan-persamaan (2), (3), (5) dan (6) dapat dibentuk persamaan sebagai berikut:

$$Q_2 = \{ c_0I_0 + c_1I_1 + c_2I_2 \} Q_1 \quad (7)$$

dengan

$$c_0 = \frac{kx - 0,5\Delta t}{k - kx + 0,5\Delta t} \quad (8)$$

$$c_1 = \frac{kx + 0,5\Delta t}{k - kx + 0,5\Delta t} \quad (9)$$

$$c_2 = \frac{k - kx - 0,5\Delta t}{k - kx + 0,5\Delta t} \quad (10)$$

dan memenuhi

$$c_0 + c_1 + c_2 = 1 \quad (11)$$

Konstanta k dan bobot x harus ditentukan secara empiris dari pengamatan debit air masuk dan keluar dalam waktu bersamaan.

Analisis statistika yang sering dimanfaatkan untuk melihat hubungan antara dua variabel atau lebih yang saling berkorelasi dalam suatu DAS adalah analisis regresi (Asdak, 2010). Ada beberapa cara untuk menentukan seberapa jauh model matematis yang berupa analisis regresi sederhana mampu menjelaskan data yang ada. Sesuai

atau tidaknya model matematis tersebut dengan data yang digunakan dapat ditunjukkan dengan mengukur besarnya nilai r^2 yang disebut koefisien determinasi (*coefficient of determination*). Koefisien determinasi dalam statistika dapat diinterpretasikan sebagai proporsi dari variasi yang ada dalam nilai y yang dijelaskan oleh model persamaan regresi. Dengan kata lain, koefisien determinasi menunjukkan seberapa jauh kesalahan dalam memperkirakan besarnya nilai y dapat direduksi dengan menggunakan informasi yang dimiliki variabel x . Model persamaan regresi dianggap sempurna apabila nilai $r^2 = 1$. Sebaliknya, apabila variasi yang ada pada nilai y tidak ada yang bisa dijelaskan oleh model persamaan regresi yang diajukan, maka nilai $r^2 = 0$. Dengan demikian, model persamaan regresi dikatakan semakin baik apabila besarnya r^2 mendekati 1 (Asdak, 2010).

Secara matematis, besarnya koefisien determinasi dihitung dengan rumus yang diberikan pada persamaan (12) berikut ini:

$$r^2 = \frac{\left[\sum(x_i y_i) - \frac{\{\sum x_i\} \{\sum y_i\}}{n} \right]^2}{\left[\sum x_i^2 - \frac{\{\sum x_i\}^2}{n} \right] \left[\sum y_i^2 - \frac{\{\sum y_i\}^2}{n} \right]} \quad (12)$$

dengan r^2 = koefisien determinasi, n = jumlah data, dan x_i, y_i = data pengamatan lapangan.

Selain koefisien determinasi, terdapat koefisien korelasi yang dapat menunjukkan kuatnya hubungan antara dua variabel, misalnya fluktuasi debit dengan curah hujan atau tataguna lahan. Kedua variabel ini mempunyai hubungan sebab-akibat. Koefisien korelasi merupakan ukuran kuantitatif untuk menunjukkan “kuat”nya hubungan antara kedua variabel tersebut. Meskipun demikian, fakta lapangan menunjukkan bahwa fluktuasi debit aliran yang berkorelasi dengan presipitasi atau tataguna lahan tidak selalu memberikan implikasi bahwa setiap perubahan pola presipitasi atau tataguna lahan akan selalu mengakibatkan terjadinya perubahan debit aliran (Asdak,

2010). Selain menggunakan model regresi linier sederhana, kerugian material yang diakibatkan oleh banjir dapat dievaluasi dengan menggunakan model regresi linear ganda.

Pemodelan matematika juga digunakan untuk menganalisis model evaluasi premi asuransi terhadap risiko kerusakan bangunan akibat banjir. Misalkan F adalah himpunan variabel acak non-negatif yang didefinisikan pada ruang probabilitas (Ω, K, P) . Variabel acak F disebut sebagai risiko yang dihadapi oleh penanggung (*insurer*), dalam hal ini adalah perusahaan asuransi. Misalkan pula H adalah fungsi yang dijadikan sebagai dasar perhitungan premi, artinya fungsi H merupakan pemetaan dari himpunan F yang nilai-nilainya berada dalam himpunan bilangan real non-negatif. Dalam hal ini, fungsi H menyatakan suatu nilai dari variabel risiko, yaitu premi asuransi.

Fungsi H memiliki sifat-sifat dasar sebagai berikut (Mircea *et al.*, 2008):

- a. independensi, artinya bahwa $H[X]$ hanya bergantung pada fungsi distribusi kumulatif dari variabel acak X ,
- b. risiko beban (*loading risk*), artinya $H[X] \geq E[X]$, untuk setiap $X \in F$, dengan $E[X]$ adalah nilai ekspektasi dari variabel acak X ,
- c. kerugian maksimum (*maximum loss*), artinya bahwa $H[X] \leq H[\sup[X]]$, untuk setiap $X \in F$, sehingga besar premi tidak melebihi nilai perhitungan dasar untuk kemungkinan besarnya kerugian,
- d. translasi invarian, artinya $H[X + a] = H[X] + a$, untuk setiap $X \in F$ dan untuk setiap $a \geq 0$,
- e. skala invarian atau homogenitas derajat satu (*homogeneity of degree one*), yang menyatakan $H[bX] = bH[X]$, untuk setiap $X \in F$ dan untuk setiap $b \geq 0$,
- f. kemonotonan (*monotony*), artinya jika $X(\omega) \leq Y(\omega)$, untuk setiap $\omega \in \Omega$, maka $H[X] \leq H[Y]$,
- g. kedominanan stokastik tingkat pertama (*the first order stochastic dominance*), berarti jika $S_x(X) \leq S_y(t)$, untuk setiap $t \geq 0$, maka

$H[X] \leq H[Y]$, dengan $S_x(t) = \Pr(X > t)$ merupakan fungsi survival.

- h. kontinuitas (*continuity*), artinya $\lim_{a \rightarrow 0^+} H[\max(X - a; 0)] = H[X]$,
dan $\lim_{a \rightarrow \infty} H[\max(X, a)] = H[X]$.

Selanjutnya, untuk perhitungan premi dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa metode pendekatan. Mengacu pada Mircea *et al.* (2008), perhitungan besarnya nilai ekspektasi premi dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan (13):

$$H[X] = (1 + \theta)E[X], \quad \theta \geq 0 \quad (13)$$

Sedangkan besarnya nilai variansi premi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$H[X] = E[X] + \lambda(\text{Var}[X]), \quad \lambda > 0 \quad (14)$$

Dengan demikian, besarnya nilai standar deviasi premi dihitung menggunakan persamaan:

$$H[X] = E[X] + \eta\sqrt{\text{Var}[X]}, \quad \eta > 0 \quad (15)$$

Selain perhitungan besar premi dengan persamaan ((13), (14), dan (15)), terdapat metode perhitungan premi lainnya seperti metode Esscher (persamaan(16)), pendekatan *proportional hazard* (persamaan (17)), model Wang (persamaan (19)), model Swiss (persamaan (20)), dan model Dutch (persamaan (21)).

Perhitungan besar premi dengan metode Esscher dilakukan dengan menggunakan persamaan (16) berikut ini:

$$H[X] = \frac{E[X \cdot e^{\lambda \cdot X}]}{E[e^{\lambda \cdot X}]} \quad (16)$$

Berdasarkan pendekatan *proportional hazard*, premi merupakan fungsi yang berbentuk:

$$H[X] = \int_0^{\infty} [S_x(t)]^c dt, \quad 0 < c < 1 \quad (17)$$

dengan $S_x(t)$ fungsi survival.

Selanjutnya, dalam prinsip kesetaraan, utilitas u dinyatakan pada persamaan (18):

$$u(w) = E[u(w - X + H)] \quad (18)$$

dimana $u(\cdot)$ adalah fungsi utilitas (tidak menurun dan cembung) dari penanggung, dan w adalah cadangan (*endowment*) awal. Prinsip ini didasarkan pada asumsi bahwa H adalah premi minimum yang bersedia diterima penanggung untuk menutupi risiko yang diajukan oleh tertanggung. Ruas kanan persamaan (18) merupakan nilai ekspektasi dari utilitas asuransi dalam kasus penanggung menerima untuk risiko X dan premi H .

Perhitungan premi menurut model Wang disajikan pada persamaan (19) berikut ini:

$$H[X] = \int_0^{\infty} g[S_x(t)] dt \quad (19)$$

dengan $g: [0,1] \rightarrow [0,1]$ adalah fungsi naik dan cembung.

Sedangkan, perhitungan premi model Swiss diberikan pada persamaan (20):

$$E[u(X - pH)] = u((1-p)H) \quad (20)$$

dengan fungsi $u(\cdot)$ mempunyai karakteristik suatu fungsi utilitas, yaitu tak-turun dan cembung, serta parameter $p \in (0,1)$.

Selanjutnya, perhitungan premi model Dutch dinyatakan pada persamaan (21) sebagai:

$$H[X] = E[X] + \theta \cdot E\left[\left(X - \lambda \cdot E[X]\right)_+\right], \quad \lambda > 0 \text{ dan } 0 < \theta \leq 1 \quad (21)$$

Variabel acak X mempunyai berbagai penafsiran, seperti jumlah kerugian, ukuran kompensasi kerusakan, indeks kompensasi (yaitu rasio antara jumlah penggantian klaim dan nilai pertanggungan). Dalam model Dutch, dipertimbangkan risiko bencana yang terjadi pada setiap tahun j . Selanjutnya, untuk keperluan perhitungan digunakan notasi berikut ini:

π_j premi satuan (biasanya untuk tertanggung 1 satuan moneter) untuk tahun j .

$R_c(j)$ cadangan provisi yang diakumulasikan hingga tahun j , digunakan untuk meng-cover risiko kerusakan terhadap bangunan akibat banjir.

λ bagian yang dihitung dari premi, untuk menambah cadangan dana.

u_0 cadangan awal (*endowment*).

γ kuota risiko yang digunakan (diambil) pada reasuransi.

c proporsi dari premi yang diterima (kontan) dalam tahun j yang diberikan untuk pembayaran kompensasi.

N_j banyaknya kontrak asuransi dalam tahun j .

V_j nilai rata-rata dari suatu kontrak, dalam tahun j .

n_j banyaknya klaim *reimbursements* yang diberikan (*offered*) dalam tahun j .

v_j nilai ekspektasi dari suatu pembayaran kompensasi.

dengan jumlah uang semuanya dinyatakan dalam unit moneter (*monetary unit*) yang sama.

Selanjutnya, evaluasi perhitungan premi dilakukan menggunakan persamaan (22) berikut (Mircea *et al.*, 2008):

$$\begin{aligned}
 & (1-\gamma_k) \cdot n_k \cdot v_k - R_c(k) - (1-\gamma_k) \cdot c \cdot N_k \cdot V_k \cdot \Pi_k \\
 & = \sum_{j=k+1}^{k+n} \beta_j \cdot N_j \cdot V_j \cdot \pi_j \cdot (1-\gamma_j) \cdot \frac{1}{(1+i)^{j-k-1}} \quad (22)
 \end{aligned}$$

dengan $R_c(k) = u_0 + \sum_{j=1}^{k-1} \beta_j \cdot N_j \cdot V_j \cdot \Pi_j \cdot (1-\gamma_j) \cdot (1+i)^{k-j-1}$ dan i tingkat bunga tahunan.

Program bantuan alternatif telah dievaluasi dengan membandingkan biaya penyediaan bantuan bencana untuk korban banjir sehingga rasio tersebut setara antara swasta dan pemerintah. Biaya swasta untuk individu dapat diukur secara langsung melalui biaya premi asuransi yang dibayar individu. Sedangkan biaya pemerintah timbul ketika dimunculkan subsidi untuk mengurangi premi yang dibayar oleh individu, dengan ketentuan biaya asuransinya dikalkulasi berdasarkan perhitungan aktuarial. Manfaat bagi individu tergantung pada tingkat penggantian nantinya terhadap kerugian karena banjir.

Pinjaman tidaklah sama dengan asuransi "murni" karena pada pinjaman tidak ada beban sebelum kerugian. Program pinjaman tidak mengurangi ketidakpastian kerugian yang dialami, tetapi hanya mengurangi besarnya biaya yang dikeluarkan untuk kerugian yang tidak terjadi. Pelaksanaan program pinjaman memungkinkan individu untuk menggeser beban kerugian kepada pemerintah pada saat bencana, dan dengan demikian asumsinya menunda ulang kerugian sampai pembayaran pinjaman kembali.

Evaluasi program pinjaman terpusat pada biaya pengembalian yang didiskon atas dasar pembayaran tahunan, seperti yang dinyatakan dalam model matematika pada persamaan (23) berikut ini.

$$C^* = (LN) \left[\frac{i}{1-(1+i)^{-N}} \right] \left[\sum_{k=1}^N \frac{1}{(1+r)^k} \right] \quad (23)$$

dengan N adalah masa jatuh tempo, i adalah tingkat pinjaman kredit, r adalah biaya pinjaman individu, dan LN adalah jumlah

pokok pinjaman sama dengan jumlah kerugian yang terjadi (Selby, 1968).

Jika $i = r$ maka nilai sekarang dari biaya pengembalian sama dengan pokok pinjaman. Dalam kasus pasar modal yang tidak sempurna, maka $i < r$, artinya nilai sekarang biaya pinjaman kurang dari pokok pinjaman awal. Perbedaan ini (subsidi implisit) memungkinkan pinjaman berfungsi sebagai alternatif untuk asuransi banjir.

Pengembalian modal bersih dari bantuan hibah diketahui tetap, sedang manfaat dari program pinjaman ditentukan oleh perbedaan antara suku bunga kredit aktual dengan biaya pinjaman secara individu [lihat persamaan (27)].

Jika suku bunga kredit sama dengan biaya pinjaman pemerintah, maka manfaat pinjaman ini diberikan tanpa biaya eksplisit terhadap pemerintah. Hal ini serupa dengan subsidi pinjaman yang terbentuk oleh penghapusan ketidakekuitasan yang terjadi di pasar uang. Jika suku bunga kredit ditetapkan di bawah biaya pinjaman berdasar aturan pemerintah, secara eksplisit tetap ada biaya yang diakibatkannya.

Tingkat subsidi tambahan mengharuskan pemerintah membayar perbedaan biaya yaitu antara biaya tahunan peminjam pada suku bunga kredit aktual (i) dengan jumlah peminjam yang akan dibayar dengan tingkat bunga dari pemerintah, yang didefinisikan oleh (g). Diskon selama masa pinjaman sebagai biaya subsidi pinjaman pemerintah ini secara matematis dapat dinyatakan dengan persamaan (24) sebagai berikut:

$$S_G = LN \left\{ 1 - \left[\frac{i}{1 - (1+i)^{-N}} \right] \left[\sum_{k=1}^N \frac{1}{(1+g)^k} \right] \right\} \quad (24)$$

Bentuk subsidi kedua yang terlibat dalam program pinjaman adalah pengurangan kewajiban pajak untuk kerugian korban dan pembayaran bunga. Jika individu memiliki tarif pajak efektif (t), unsur kerugian korban secara sederhana dinyatakan dengan

$$S_{cl} = (LN)(t) \quad (25)$$

dengan LN adalah jumlah kerugian yang tidak diganti, seperti dugaan sebelumnya. Nilai sekarang dari pajak untuk pembayaran bunga pinjaman dihitung dengan menggunakan model persamaan matematis (26) sebagai berikut

$$S_{ip} = (LN)(t)(i) \sum_{k=1}^N \left[\frac{1 - (1+i)^{-N+k-1}}{1 - (1+i)^{-N}} \right] \left[\frac{1}{(1+g)^k} \right] \quad (26)$$

dengan besaran dalam tanda kurung pertama adalah proporsi saldo pinjaman dalam periode dan diskonto dihitung pada suku bunga pinjaman yang lebih rendah g untuk menjamin evaluasi subsidi yang sama baik oleh pemerintah maupun individu. Dengan demikian, total nilai transfer subsidi pajak menjadi

$$S_T = (LN)(t) \left\{ 1 + (i) \sum_{k=1}^N \left[\frac{1 - (1+i)^{-N+k-1}}{1 - (1+i)^{-N}} \right] \left[\frac{1}{(1+g)^k} \right] \right\} \quad (27)$$

Bentuk subsidi yang ketiga melibatkan bantuan hibah pemerintah untuk mengurangi jumlah modal terhadap pengembalian. Ketersediaan hibah bantuan tersebut umumnya bervariasi sesuai dengan keprihatinan tentang besar dan keparahan terhadap kerugian bencana.

Secara keseluruhan, biaya program pinjaman kepada individu ditentukan oleh tingkat bunga pinjaman, biaya pinjaman individu, dan tarif pajak individu. Model matematis untuk menyatakan biaya ini diberikan pada persamaan (28) sebagai berikut (Rettger & Boisvert, 1978).

$$C' = C^* - S_T \quad (7d) \quad (28)$$

Faktor-faktor serupa yang menentukan biaya program pinjaman kepada pemerintah dapat dihitung dengan menggunakan model matematis (29) sebagai berikut

$$S' = S_G + S_T \quad (29)$$

Namun, jika bantuan hibah tersedia, dasar perhitungan biaya pinjaman adalah $(LN - F)$, dengan perubahan yang mempengaruhi baik biaya dari program pinjaman individu dan pemerintah.

Evaluasi langsung dari program-program alternatif ini adalah sulit karena kerusakan banjir bervariasi dari tahun ke tahun dan tidak dapat diprediksi dengan pasti. Oleh karena itu, perkiraan empiris biaya program dan penggantian ditentukan dengan menggunakan model simulasi. Beberapa metode pendekatan tersebut di atas digunakan untuk menghitung dan mengevaluasi premi dalam studi kasus-studi kasus yang membahas tentang premi asuransi banjir. Masih banyak model-model matematik yang digunakan untuk mengevaluasi tingkat kerugian karena banjir.

Masalah Penjaminan Risiko terhadap Banjir di Indonesia

Dalam buku *Catastrophe! The 100 Greatest Disasters of All Time* karya Stephen J. Spignesi, dua bencana di Indonesia masuk peringkat ke-22 dan 30. Letusan Gunung Tambora di Sumbawa tahun 1815 merenggut 150.000 jiwa dan menurunkan suhu bumi. Adapun letusan Gunung Krakatau tahun 1883 menelan 36.000 nyawa. Jika buku tersebut disusun setelah tsunami Aceh, bencana yang merenggut nyawa sekitar 300.000 jiwa itu akan bertengger di posisi ke-18.

Pada tanggal 27 Mei 2006 gempa meluluhlantakkan Yogyakarta dan sekitarnya. Info yang dirilis oleh *website* Satuan Koordinasi Pelaksana (Satskorlak) per 27 Juni 2006, terdapat 5.778 korban tewas dan 37.883 luka. Sebanyak 612.000 lebih rumah dan fasilitas umum rusak. Kerugian material diperkirakan Rp 29,2 triliun. Sejak tsunami Aceh pada akhir 2004 hingga saat ini, setidaknya terjadi lima bencana besar, seperti longsor di TPA Leuwigajah, gempa Nias, gempa Yogyakarta, lumpur panas Sidoarjo, dan banjir di Sinjai dan sekitarnya.

Perbincangan mengenai gempa bumi dan tsunami di wilayah selatan Pulau Jawa dan dampak negatifnya serta kesulitan yang dihadapi pemerintah dalam menolong rakyatnya masih terus dilakukan. Data korban jiwa dan harta benda belum selesai dihimpun. Entah berapa lagi korban manusia dan harta benda yang tertelan peristiwa itu. Dari aspek geografis, klimatologis, dan geologis, Indonesia berada di bawah ancaman bencana alam. Berada di antara dua benua dan dua samudra, serta puluhan gunung api aktif, Indonesia sangat rawan tanah longsor, badai, dan letusan gunung berapi. Belum lagi ancaman banjir dan kekeringan.

Posisi Indonesia yang terletak pada pertemuan tiga lempeng benua, yaitu lempeng Eurasia, Indo-Australia, dan Pasifik, menjadikan wilayah Indonesia termasuk dalam *Pacific Ring of Fire* yang bisa menimbulkan gempa dahsyat. Dari aspek demografis, besarnya populasi dapat memicu bencana kerusakan atau bencana akibat ulah manusia (*man made disaster*). Atas dasar itulah Rancangan Undang-Undang Penanggulangan Bencana (RUUPB) diusulkan DPR. Penyelenggaraan penanggulangan bencana direncanakan meliputi empat bidang, yaitu pengurangan risiko bencana, penanganan tanggap darurat, rehabilitasi dan rekonstruksi, serta penatakelolaan bencana. RUUPB didesain untuk menggeser cara pandang respons darurat yang berorientasikan jangka pendek menuju ke arah manajemen risiko bencana (*catastrophe risk management*) yang lebih menjamin keberlangsungannya (*sustainability*). Namun sayang, RUUPB sama sekali tidak menyinggung aspek asuransi.

Sebagai salah satu teknik pengelolaan risiko, tak perlu disangsikan bahwa asuransi dapat berkontribusi pada tahap mitigasi risiko bencana, tahap rehabilitasi dan rekonstruksi pascabencana. Pada tahapan mitigasi risiko, perusahaan asuransi bisa berpartisipasi sebagai pihak yang memberikan edukasi kepada masyarakat mengenai cara-cara memperkecil kerugian akibat bencana. Dalam kasus bencana alam, beberapa jenis asuransi bisa memberikan ganti rugi, dengan frekuensi tersering dimulai dari asuransi harta benda, asuransi kendaraan bermotor, asuransi kecelakaan diri, asuransi jiwa, atau asuransi kesehatan.

Asuransi harta benda yang diperluas dengan jaminan risiko gempa bumi, rusaknya bangunan akibat gempa bumi atau tsunami bisa mendapatkan penggantian dari perusahaan asuransi. Juga tersedia asuransi bencana, seperti banjir, tanah longsor, letusan gunung berapi, atau bahkan kerusakan sosial, yang selalu inheren dengan bencana adalah korban manusia. Asuransi kecelakaan diri bisa memberikan penggantian biaya pengobatan atau memberi santunan cacat. Jika korban tewas, asuransi jiwa akan memberikan santunan kepada ahli waris. Bencana juga selalu menimbulkan pengungsi yang sering kali rentan terserang penyakit, maka disinilah pentingnya asuransi kesehatan. Pengungsi bisa berobat ke rumah sakit dengan biaya ditanggung perusahaan asuransi.

Pada tahap rehabilitasi dan rekonstruksi, setiap terjadi bencana, pemerintah selalu mengambil/menggunakan dana APBN untuk rehabilitasi dan rekonstruksi. Untuk Yogyakarta dan sekitarnya, pemerintah menggelontorkan sedikitnya Rp 6 triliun, dan PBB pun membantu lebih dari 80 juta dollar AS. Pada situasi ini, perusahaan asuransi bisa berkontribusi lebih banyak. Biaya rekonstruksi dan rehabilitasi dalam bentuk pembangunan rumah atau fasilitas umum tidak semuanya akan menjadi tanggungan pemerintah.

Melalui RUUPB, pemerintah bisa menstimulus, bahkan bila perlu mewajibkan masyarakat (secara bertahap) agar mengasuransikan harta benda dan jiwanya. Sebagian masyarakat kita masih berpikir asuransi adalah nomor kesekian dalam prioritas hidupnya. Apalagi masyarakat menengah ke bawah yang masih lebih fokus pada pemenuhan kebutuhan dasarnya.

Saat terjadi bencana, Departemen Sosial mengambil peran yang pertama adalah mengoordinasi evakuasi korban dan bantuan sosial, dan kedua, memfungsikan jaminan sosial yang menjamin asuransi jiwa dan asuransi kesehatan. Adapun untuk kerusakan aset tidak tersedia jaminan sosial, oleh karena itu diperlukan asuransi wajib. Subsidi pembangunan rumah dari pemerintah pascabencana hanya bersifat jangka pendek. Idealnya, pemerintah membuat skema asuransi wajib untuk risiko bencana yang merupakan perluasan dari asuransi kebakaran.

Beberapa negara berkembang seperti Turki, Iran, dan China telah mempunyai asuransi wajib. Di Turki misalnya, pemerintah mewajibkan asuransi gempa bumi pada rumah, ruko, maupun apartemen melalui *The Turkish Catastrophic Pool*. Untuk kasus ini, pada tahun 2000 ditetapkan limit harga pertanggungan sebesar 50.000 dollar AS, dengan premi tahunan sebesar 47 dollar AS.

Dalam setiap bencana, persentase klaim asuransi hanya sebagian kecil dari total kerugian. Ini tidak hanya terjadi di Indonesia. Di Amerika Serikat, yang masyarakatnya sadar berasuransi (*insurance minded*), tidak semua mengasuransikan rumahnya terhadap ancaman bencana. Hasil riset *National Hurricane Survival Initiative* yang dirilis 16 Mei 2006 menyatakan, sepertiga rumah di wilayah rentan badai tidak ada asuransinya.

Hal yang sama terjadi di Jepang. Gempa bumi yang mengguncang Kobe pada Januari 1995 menghancurkan 100.000 bangunan dan 6.500 orang tewas dengan kerugian material lebih dari 110 miliar dollar AS. Klaim asuransi “hanya” 6 juta dollar AS atau kurang dari 5 persen bangunan yang diasuransikan.

Dimasukkannya aspek asuransi dalam RUUPB akan memberikan banyak manfaat bagi korban bencana, pemerintah, dan industri asuransi. Dorongan berasuransi oleh pemerintah akan meningkatkan kesadaran masyarakat Indonesia. Efeknya, pertumbuhan industri asuransi di Indonesia semakin baik.

Tahap awal, yang paling mendesak adalah asuransi bencana terhadap rumah tinggal. Selanjutnya melangkah pada asuransi kecelakaan diri, asuransi jiwa, dan seterusnya. Asosiasi asuransi (umum dan jiwa) hendaknya berinisiatif untuk mengajukan usulan konkret semacam *Catastrophe Risk Management* kepada pemerintah yang antara lain untuk mengetahui besar kecilnya risiko suatu daerah terhadap bencana tertentu, serta cara penanggulangan risiko katastrofik dengan memanfaatkan metodologi manajemen risiko. Bank Dunia juga telah mengirim utusannya ke Indonesia untuk membicarakan asuransi bencana ini, dan siap memberikan asistensi.

Pemerintah Indonesia tengah mengupayakan untuk mengeluarkan aturan terkait asuransi bencana alam seperti banjir. Hal itu dilakukan untuk mengantisipasi kerugian dan mencegah

ketidakpastian akibat bencana. Namun, sampai sekarang masih berbentuk format, dan karena belum ada bentuk yang resmi, maka belum menjadi aturan. Tetapi, pada intinya adalah daripada mengandalkan dana cadangan yang jumlahnya terlalu kecil sedangkan bencana yang terjadi menimbulkan kerugian yang besar, lebih baik mengambil amannya saja, yaitu menggunakan asuransi sebagai sesuatu yang lebih pasti (Brojonegoro, 2013).

PENUTUP

Uraian diatas menjelaskan peranan ilmu aktuarial, khususnya menyangkut penjaminan risiko penduduk/warga kota/daerah terhadap bencana banjir. Dimulai dengan sepintas penjelasan tentang Kota Pintar (*Smart City*), dipaparkan enam dimensi yang mendukung suatu kota/daerah disebut sebagai Kota Pintar.

Berkaitan dengan pengertian penjaminan terhadap segala macam risiko bagi masyarakat yang bertempat tinggal di kota pintar, penulisan difokuskan pada penjaminan terhadap risiko banjir, yang dimasukkan dalam risiko bencana alam.

Untuk mengantisipasi kerugian dan mencegah ketidakpastian akibat bencana, maka perlu dibuat asuransi khusus bencana alam, lebih spesifik disebut sebagai asuransi banjir. Meskipun peserta asuransi ini harus membayar premi lebih mahal, namun asuransi bencana justru lebih membantu karena bisa meringankan beban jika suatu saat terjadi bencana.

Sebagai masukan kepada pembaca, mengutip pernyataan dari Stefan Koeberle, Kepala Perwakilan Bank Dunia untuk Indonesia; Kornelius Simanjuntak, Ketua Dewan Asuransi Indonesia; dan P. S. Srinivas, Ekonom Keuangan Utama Bank Dunia di Indonesia, bahwa kejadian-kejadian tak terduga dalam hidup seperti jatuh sakit, kecelakaan, kehilangan pekerjaan, gagal panen, atau kematian, memiliki dampak besar bagi siapapun, namun dampak dari kejadian-kejadian tersebut jauh lebih parah bagi rumah tangga berpendapatan rendah. Maka dari itu, sangat penting halnya bagi keluarga miskin untuk dapat mendukung diri mereka sendiri dan memitigasi risiko-risiko tersebut, tanpa beban keuangan tambahan.

Untuk itu, Indonesia sudah saatnya perlu mengembangkan produk-produk asuransi yang berbiaya premi rendah, yang kemudian disebut dengan Asuransi Mikro (*Micro Insurance*). Bursa asuransi mikro adalah kesempatan bagi para pemangku kepentingan di Indonesia untuk belajar dari pengalaman internasional dalam menyediakan perlindungan bagi masyarakat miskin dari sisi keuangannya. Penting halnya agar solusi asuransi mikro untuk Indonesia muncul dari negara ini, oleh karena itu bursa ini juga memberikan ruang bagi para pelaku industri di tingkat akar rumput untuk menunjukkan inovasi mereka.

Asuransi mikro bagi kelompok keluarga berpendapatan rendah berpotensi untuk menstimulasi industri asuransi dalam menciptakan produk-produk yang inovatif dan kompetitif. Hal ini juga akan memberikan alternatif bagi pemerintah untuk membayarkan Bantuan Langsung Tunai bagi masyarakat miskin dengan lebih efisien. Asuransi Mikro adalah salah satu komponen kunci bagi keuangan secara inklusif, dan Bank Dunia akan membantu pengembangan inisiatif ini serta membagi pengetahuan dan pengalaman internasional bagi Indonesia.

Penulisan lanjutan tentang Asuransi Mikro akan dilaksanakan pada kegiatan penulisan Buku Wisuda Mahasiswa Universitas Terbuka tahun 2018.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifiani, N. (2008). *Kajian debit banjir pada Daerah Aliran Sungai Tulang Bawang dengan metode kinematis Muskinghum*. Skripsi Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Bandar Lampung.
- Asdak, C. (2010). *Hidrologi dan pengelolaan daerah aliran sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Asian Development Bank & The World Bank. (2010). *Pakistan floods 2010: Preliminary damage and needs assessment*. Islamabad: Asian Development Bank.
- Barnosky, A. D., Hadly, E. A., Basompte, J., Berlow, E. L., Brown, J. H., Fortelius, M., Getz, W. M., Harte, J., Hastings, A., Marquet, P. A., Martinez, N. D., Mooers, A., Roopnarine, P., Vermeij, G., Williams, J. W., Gillespie, R., Kitzes, J. U., Marshall, C., Matzke, N., Mindell, D. P., Revilla, E., & Smith, A. B. (2012). Approaching a state shift in Earth's biosphere. *Nature*, 486, 52–58. <http://dx.doi:10.1038/nature11018>.
- Barredo, J. I. (2009). Normalised flood losses in Europe: 1970–2006. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 97–104. <http://dx.doi:10.5194/nhess-9-972009>.
- Barredo, J. I., Saurí, D., & Llasat, M. C. (2012). Assessing trends in insured losses from floods in Spain 1971–2008. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 1723–1729. <http://dx.doi:10.5194/nhess-12-17232012>.
- Botzen, W. J. W., Aerts, J. C. J. H., & van den Bergh, J. C. J. M. (2009). Willingness of homeowners to mitigate climate risk through insurance. *Ecol. Econom.*, 68, 2265–2277.

- Bouwer, L. M., Bubeck, P., & Aerts, J. C. J. H. (2010). Changes in future flood risk due to climate and development in a Dutch polder area. *Global Environ. Chang.*, 463–471.
- Bouwer, L. M., Huitema, D., & Aerts, J. C. J. H. (2007). Adaptive flood management: The role of insurance and compensation in Europe. *Report of the NeWater Project*. Institute for Environmental Studies, VU University Amsterdam.
- Brojonegoro, B. (2013). Seminar Protokol Manajemen Krisis: Tameng Ketahanan Lembaga Keuangan Nasional Terhadap Ancaman Krisis Ekonomi. Tanggal 30 Januari 2013, di Ball Room Hotel Crowne Plaza Jakarta. Warta Ekonomi Event
- Charnwood Borough Council. (2003). *Anstey flood alleviation scheme: Project appraisal report*. Loughborough: Borough of Charnwood.
- Dixon, L., Clancy, N., Seabury, S. A., & Overton, A. (2006). *The National flood insurance program's market penetration rate: Estimates and policy implications*. Washington, DC: American Institutes for Research.
- Environment Agency. (2010). *The costs of the summer 2007 floods in England*. Bristol: Environment Agency.
- Ermolieva, T., Filatova, T., Ermoliev, Y., Obersteiner, M., de Bruijn, K. M., & Jeuken, A. (2013). Flood catastrophe model for designing optimal flood insurance program: Estimating location specific premiums in the Netherlands. *International Institute for Applied Systems Analysis*, 2361, Schlossplatz 1, Laxenburg, Austria.
- Green, C. H., Viavattene, C., & Thompson, P. (2011). *Guidance for assessing flood losses: CONHAZ report*. Flood Hazard Research Centre – Middlesex University, Middlesex.

Hendri, A., & Inra, M. S. (2007). *Pemodelan penelusuran banjir dengan Metode Muskinghum*. Paper. Lembaga Penelitian Universitas Riau, Riau.

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2012). *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation: A special report of working groups I and II of the intergovernmental panel on climate change*. Field, C. B., Barros, V., Stocker, T. F., Qin, D., Dokken, D. J., Ebi, K. L., Mastrandrea, M. D., Mach, K. J., Plattner, G. K., Allen, S. K., Tignor, M., and Midgley, P. M. (Eds). Cambridge and New York: Cambridge University Press.

Jongejan, R. B., & Vrijling, J. K. (2009). The optimization of system safety: Rationality, Insurance, and Optimal Protection. In Martorell *et al.* (Eds.), *Safety, reliability and risk analysis: Theory, methods and applications*. © 2009 Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-0-415-48513-5.

Jonkman, S.N., Bočkarjova, M., Kok, M., & Bernardini, P. (2008). Integrated hydrodynamic and economic modelling of flood damage in the Netherlands. *Ecologi Economics*, 66, 77 – 90. Retrieved from <http://www.elsevier.com/locate/ecocon>.

Karamouz, M., Imani, M., Ahmadi, A., & Moridi, A. (2009). Optimal flood management options with probabilistic optimization: A case study. *Iranian Journal of Science & Technology, Transaction B, Engineering*, 33(B1), 109-121.

Kelman, I. and Spence, R. (2004). An overview of flood actions on buildings. *Eng. Geol.*, 73, 297–309.

Kousky, C., & Shabman, L. (2014). Pricing flood insurance: How and why the NFIP differs from a private insurance company. *Discussion Papers*. October 2014, RFF DP 14-37.

- Krantz, D. H. & Kunreuther, H. C. (2007). Goals and plans in decision making. *Judgment Decision Making*, 2, 137–168.
- Kreft, M. (2011). *Quantifying the impacts of climate related natural disasters in Australia and New Zealand*. Wellington: Munich Re.
- Kreibich, H., Seifert, I., Merz, B., & Thieken, A. H. (2010). Development of FLEMOcs: A new model for the estimation of flood losses in companies. *Hydrological Sciences Journal, J. Sci. Hydrol.*, 55, 1302–1314.
- Kron, W. (2005). Flood risk, hazard, exposure and vulnerability. *International Water Resources Association*, 58–68.
- Kunreuther, H. (1973). *Recovery from natural disasters: Insurance or federal aid*. Washington, DC. American Enterprise Institute for Public Policy Analysis.
- Kunreuther, H. C. & Pauly, M. (2004). Neglecting disaster: Why don't people insure against large losses? *J. Risk Uncertain*, 28, 5–21.
- Landry, C. E., & Jahan-Parvar, M. R. (2009). Flood insurance coverage in the coastal zone. *Journal of Risk and Insurance*. October 2009. Department of Economics working paper ecu0804. Revise and resubmit – 2nd round, Journal of Risk and Insurance
- Laury, S. K., Morgen-McInnes, M., & Swarthout, J. T. (2009). Insurance decisions for low- probability losses. *J. Risk Uncertain*, 39, 17–44.
- Merz, B., Kreibich, H., Schwarze, R., & Thieken, A. (2010). Review article “Assessment of economic flood damage”. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 10, 1697–1724. <http://dx.doi:10.5194/nhess-10-16972010>.
- Merz, B., Kreibich, H., Thieken, A., & Schmidtke, R. (2004). Estimation uncertainty of direct monetary flood damage to buildings. *Nat.*

Hazards Earth Syst. Sci., 4, 153–163. <http://dx.doi.org/10.5194/nhess-4-1532004>.

Messner, F., Penning-Rowsell, E. C., Green, C., Meyer, V., Tunstall, S. M., & van der Veen, A. (2007). *Evaluating flood damages: Guidance and recommendations on principles and methods*. Wallingford, UK: FLOODsite.

Meyer, V. & Messner, F. (2005). *National flood damage evaluation methods: A review of applied methods in England, the Netherlands, the Czech Republic and Germany*. Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle, Leipzig: Department of Economics (42 – 44). UFZ-Discussion Papers.

Mircea, I., Serban, R., & Covrig, M. (2008). On some evaluation methods of insurance premiums for catastrophic risks. *Working Paper*. International Conference on Applied Economics – ICOAE 2008.

Munich Re. (2001). *Annual Review: Natural Catastrophes 2000*. Retrieved from <http://munichre.com>.

Nicholas, J., Holt, G. D., & Proverbs, D. (2001). Towards standardizing the assessment of flood damaged properties in the UK. *Struct. Survey*, 19, 163–172.

Norberg, R. (2007). *Actuarial modelling of claim counts: risk classification, credibility and bonus-malus systems*. West Sussex: John Wiley & Sons Ltd.

Palmer, M., Bernhardt, E., Chornesky, E., Collins, S., Dobson, A., Duke, C., Gold, B., Jacobson, R., Kingsland, S., Kranz, R., Mappin, M., Martinez, M. L., Micheli, F., Morse, J., Pace, M., Pascual, M., Palumbi, S., Reichman, O. J., Simons, A., Townsend, A., & Turner, M. (2004). Ecology for a crowded planet. *Science*, 304, 1251–1252.

- Paudel, Y., Botzen, W. J. W., , and J. C. J. H. Aerts, J. C. J. H. (2013). Estimation of insurance premiums for coverage against natural disaster risk: an application of Bayesian Inference. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 13, 737–754. Retrieved from <http://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/13/737/2013>.
- Priyadarshinee, K. I., Sahoo, & Mallick, C. (2015). Flood prediction and prevention through Wireless Sensor Networking (WSN): A survey. *International Journal of Computer Applications*, 113(9), Volume 113 – No. 9(0975 – 8887).
- Purnama, A. (2008). Pemetaan kawasan rawan banjir di Daerah Aliran Sungai Cisadane menggunakan Sistem Informasi Geografis. (Skripsi). Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Rettger, M. J., & Boisvert, R. N. (1978). Economics of federal flood insurance and loan programs. *Bull. Agr. Econ*, 6(2), Vol. 6, No. 2, Cornell University.
- Robillard, P. D. A. (1975). *Partial flood reduction program for Binghamton*. New York. Deps. Agr. Econ. and Agr. Eng., Cornell University.
- Rockstrom, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, A., Chapin III, F. S., Lambin, E. F., Lenton, T. M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H. J., Nykvist, B., de Wit, C. A., Hughes, T., van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sorlin, S., Snyder, P. K., Costanza, R., Svedin, U., Falkenmark, M., Karlberg, L., Corell, R. W., Fabry, V. J., Hansen, J., Walker, B., Liverman, D., Richardson, K., Crutzen, P., & Foley, J. A. (2009). A safe operating space for humanity. *Science*, 461, 472–475.
- Sagala, S., Wimbardana, R., & Dodon (2014). Adaptasi non struktural penduduk penghuni permukiman padat terhadap bencana banjir: Studi Kasus Kecamatan Bale Endah, Kabupaten Bandung.

Resilience Development Initiative Indonesia. Working Paper No. 5 / February 2014 Series.

Schwarze, R. & Wagner, G. G. (2009). Natural hazards insurance in Europe: Tailored responses to climate change needed. *Working Papers in Economics and Statistics 2009-06*. University of Innsbruck. Retrieved from <http://www.uibk.ac.at/fakultaeten/volkswirtschaftundstatistik/forschung/wopec/repec/inn/wpaper/2009-06.pdf>.

Selby, S. (1968). *Standard Mathematical Tables*. Cleveland, Ohio: Chemical Rubber Co.

Sidi, P. (2016). *Penerapan ilmu matematika dalam perlindungan kehidupan terhadap risiko*. Dalam Buku Wisuda Universitas Terbuka: Peran Matematika, Sains, dan Teknologi dalam Mendukung Gaya Hidup Perkotaan (Urban Life) yang Berkualitas. Mohammad Toha, et al. (Eds.), Edisi Kesatu. (hal. 243-270). Jakarta: Penerbit Universitas Terbuka.

Smith, K., & Ward, R. (1988). *Floods: Physical processes and human impacts*. Chichester: John Wiley and Sons.

Spignesi, Stephen, J. Catastrophe! The 100 Greatest Disasters of All Time

Suherlan, E. (2001). *Zonasi tingkat kerentanan banjir Kabupaten Bandung* (Skripsi). Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor, Bogor.

Suwardi. (1999). *Identifikasi dan pemetaan kawasan rawan banjir di sebagian Kotamadya Semarang dengan menggunakan sistem informasi geografis* (Tesis). Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Bogor.

- UNISDR (2011). *Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction – Revealing risk, redefining development*, United Nations, Geneva.
- Utomo, W. Y. (2004). *Pemetaan Kawasan Berpotensi Banjir di DAS Kaligarang Semarang dengan Menggunakan Sistem Informasi Geografis*. (Skripsi). Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Vorosmarty, C., Lettenmaier, D., Leveque, C., Meybeck, M., PahlWostl, C., Alcamo, J., Cosgrove, W., Grassl, H., Hoff, H., Kabat, P., Lansigan, F., Lawford, R., and Naiman, R. (2004). Humans transforming the global water system. *EOS*, 85, 509–520.
- Zhai, G., Fukuzono, T., & Ikeda, S. (2005). Modeling flood damage: case of Tokai Flood 2000. *J. Am. Water Resour. Assoc.*, 41, 77–92.

IMPLEMENTASI E-GOVERNMENT UNTUK MENDORONG PELAYANAN PUBLIK YANG TERINTEGRASI DI INDONESIA

Vita Elysia, Ake Wihadanto, Sumartono

PENDAHULUAN

Teknologi merupakan salah satu bentuk dari perkembangan jaman. Bahkan pada abad ini, penggunaan teknologi semakin meluas di seluruh dunia dan seluruh lapisan masyarakat. Salah satu teknologi yang paling berkembang adalah teknologi yang berbasis web atau yang akrab disebut dengan internet. Kehadiran teknologi internet di tengah masyarakat mampu memenuhi kebutuhan akan informasi dengan sangat cepat, tepat, dan akurat. Selain itu, hal-hal yang dahulu dikerjakan secara manual dan membutuhkan waktu yang lama, kini dengan bantuan teknologi internet dan sistem komputerisasi yang canggih menjadikan pekerjaan-pekerjaan tersebut dapat diselesaikan dalam waktu yang singkat. Sistem *on-line* atau daringpun (dalam jaringan) semakin populer, termasuk di Indonesia.

Teknologi internet saat ini sudah dimanfaatkan diberbagai bidang, baik dibidang bisnis, pemerintahan, kesehatan, pendidikan dan lain

sebagainya. Dibidang pemerintahan, pemanfaatan teknologi internet dikenal dengan sebutan *electronic government* atau *e-government*. Secara sederhana, *e-government* atau pemerintahan digital adalah kegiatan yang dilakukan oleh pemerintah dengan menggunakan dukungan teknologi informasi dalam memberikan layanan kepada masyarakat (Hasibuan dan Santoso, 2005). Pentingnya *e-government* ini antara lain (1) mendorong pemerintahan yang responsif terhadap kebutuhan dan aspirasi masyarakat; (2) mendorong sisi pemanfaatan dari keterbukaan informasi; dan (3) mendorong tingkat partisipasi publik didalam sistem penyelenggaraan pemerintahan.

Di Indonesia, inovasi *e-government* sudah diinisiasi sejak beberapa tahun belakangan ini. Selain adanya kebutuhan, baik pemerintah pusat maupun pemerintah daerah akan sebuah sistem yang terintegrasi, pengembangan *e-government* di Indonesia didukung oleh Instruksi Presiden Republik Indonesia Nomor 3 Tahun 2003 tentang Kebijakan dan Strategi Nasional Pengembangan *e-government* dan didukung pula oleh regulasi yang terkait seperti Undang-Undang No. 14 tahun 2008 tentang Keterbukaan Informasi Publik, serta Peraturan Pemerintah No. 61 tahun 2010 tentang Implementasi Undang-Undang Keterbukaan Informasi Publik.

Selain itu, sejalan dengan semangat reformasi birokrasi di Indonesia, *e-government* semakin berperan dalam meningkatkan kualitas pelayanan publik serta membantu proses penyampaian informasi secara lebih efektif kepada masyarakat. Perlu disadari dan dipahami bahwa sesuai amanat UUD 1945 Pasal 18 Ayat (2) dan Pasal 34 ayat (3), maka peningkatan pelayanan publik (*public service*) harus mendapatkan perhatian utama dari pemerintah, karena pelayanan publik merupakan hak-hak sosial dasar dari masyarakat (*social rights*) ataupun hak yang mendasar (*fundamental rights*).

Tulisan ini membahas hal-hal mendasar dari *e-government* beserta contoh penerapannya di dua kota di Indonesia, yaitu Surabaya dan Bandung. Surabaya dan Bandung termasuk kota-kota yang telah terlebih dahulu atau menjadi *pilot project* dalam menerapkan sistem *e-government*. Implementasi *e-government* dari kedua kota ini dapat dikaji untuk dijadikan contoh atau *benchmarking* penerapan *e-government* bagi daerah-daerah lain di Indonesia. Pada akhirnya

implementasi yang baik dari *e-government* akan mendukung perwujudan *smart government* (pemerintah cerdas) menuju pencapaian *smart city* (kota cerdas).

RUANG LINGKUP E-GOVERNMENT

Menurut Indrajit (2002), apabila dilihat dari sejarahnya, konsep *e-government* berkembang karena adanya tiga pemicu utama, yaitu:

1. Era globalisasi yang datang lebih cepat dari yang diperkirakan telah membuat isu-isu semacam demokratisasi, hak asasi manusia, hukum, transparansi, korupsi, *civil society*, *good corporate governance*, perdagangan bebas, pasar Terbuka, dan lain sebagainya menjadi hal-hal utama yang harus diperhatikan oleh setiap bangsa jika yang bersangkutan tidak ingin disingkirkan dari pergaulan dunia. Dalam format ini, pemerintah harus mengadakan reposisi terhadap perannya di dalam sebuah negara, dari yang bersifat internal dan fokus terhadap kebutuhan dalam negeri, menjadi lebih berorientasi ke eksternal dan fokus kepada bagaimana memposisikan masyarakat dan negaranya di dalam sebuah pergaulan global.
2. Kemajuan teknologi informasi (komputer dan telekomunikasi) terjadi sedemikian pesatnya sehingga data, informasi dan pengetahuan dapat diciptakan dengan teramat sangat cepat dan dapat segera disebarakan ke seluruh lapisan masyarakat di berbagai belahan dunia dalam hitungan detik.
3. Meningkatkan kualitas kehidupan masyarakat di dunia tidak terlepas dari semakin membaiknya kinerja industri swasta dalam melakukan kegiatan ekonominya. Kedekatan antara masyarakat (sebagai pelanggan) dengan pelaku ekonomi (pedagang, investor, perusahaan dan lain-lain) telah membuat terbentuknya sebuah standar pelayanan yang semakin membaik dari waktu ke waktu.

Ketiga aspek di atas menyebabkan terjadinya tekanan dari masyarakat yang menginginkan pemerintah memperbaiki kinerjanya secara signifikan dengan cara memanfaatkan teknologi informasi dan

komunikasi yang ada. Inisiasi pemerintah elektronik *e-government* pun kemudian terus dikembangkan untuk menjawab tuntutan tersebut.

Pada dasarnya *e-government* merupakan penggunaan teknologi informasi yang dapat meningkatkan hubungan antara pemerintah dengan pihak-pihak yang lain. Setidaknya terdapat empat klasifikasi hubungan bentuk baru dari penggunaan teknologi informasi dan komunikasi ini (Indrajit, 2002; Aprianty, 2016):

1. Government to Citizens (G-to-C)

Aplikasi *e-government* dalam tipe G-to-C ini merupakan aplikasi yang paling umum, dimana pemerintah membangun dan menerapkan berbagai portofolio teknologi informasi untuk berinteraksi dengan masyarakat.

2. Government to Business (G-to-B)

Tipe G-to-B adalah bentuk penyediaan pelayanan informasi bagi kalangan bisnis. Kalangan bisnis semacam perusahaan swasta membutuhkan data dan informasi dari pemerintah. Selain itu, interaksi antara kalangan bisnis dengan lembaga pemerintahan juga berkaitan dengan hak dan kewajiban dari kalangan bisnis tersebut sebagai *entity* yang berorientasi profit.

3. Government to Government (G-to-G)

Aplikasi *e-government* juga diperlukan dalam berinteraksi antara satu pemerintah dengan pemerintah lainnya (*government to government*) untuk memperlancar kerjasama, baik antar negara atau kerjasama antar entiti-entiti negara dalam melakukan hal-hal yang berkaitan dengan administrasi perdagangan, proses-proses politik, mekanisme hubungan sosial dan budaya, dan lain sebagainya.

4. Government to Employees (G-to-E)

Tipe aplikasi G-to-E diperuntukkan secara internal bagi para staf di instansi pemerintahan.

TUJUAN E-GOVERNMENT

Ketika pemerintah telah berkomitmen mengembangkan *good governance* atau ketatapemerintahan yang baik, maka pelayanan publik menjadi salah satu titik strategis yang harus mendapat perhatian khusus. Terdapat beberapa pertimbangan terkait hal tersebut (Dwiyanto, 2005):

1. Pelayanan publik adalah ranah dimana negara berinteraksi secara intensif dengan warganya.
2. Pelayanan publik merupakan ranah dimana berbagai aspek *good governance* dapat diartikulasikan secara relatif lebih mudah.
3. Pelayanan publik melibatkan kepentingan semua unsur ketatapemerintahan.

Pada intinya, pemerintah berkewajiban memberikan pelayanan publik yang merata kepada seluruh warganya. Perlu disadari bahwa masyarakat menuntut adanya pelayanan publik yang memenuhi kepentingan masyarakat luas di seluruh wilayah negara, dapat diandalkan dan terpercaya, serta mudah dijangkau secara interaktif (Haryatmoko, 2016). Selain itu, masyarakat juga menginginkan agar aspirasi mereka didengar oleh pemerintah sehingga pemerintahpun harus memfasilitasi partisipasi dan dialog publik didalam perumusan kebijakan negara. Untuk menjawab tantangan tersebut, baik pemerintah pusat maupun daerah harus mampu membentuk dimensi baru ke dalam organisasi, sistem manajemen, dan proses kerjanya yang salah satunya dapat dilaksanakan melalui proses transformasi menuju *e-government*.

Melalui proses transformasi menuju era *e-government* tersebut, pemerintah dapat mengoptimalkan penggunaan dan pemanfaatan kemajuan teknologi informasi untuk mengurangi sekat-sekat organisasi birokrasi, serta sekaligus membentuk jaringan sistem manajemen dan proses kerja yang memungkinkan instansi-instansi pemerintah bekerja secara terpadu untuk menyederhanakan akses ke semua informasi dan pelayanan publik. Dengan demikian, seluruh lembaga pemerintah, masyarakat, dunia usaha, dan pihak-pihak

berkepentingan lainnya dapat setiap saat memanfaatkan informasi dan layanan pemerintah secara optimal.

Pengembangan *e-government* merupakan salah satu upaya untuk meningkatkan kualitas layanan publik secara efektif dan efisien. Dengan kata lain, melalui pengembangan *e-government* dilakukan penataan sistem manajemen dan proses kerja di lingkungan pemerintah dengan mengoptimalkan pemanfaatan teknologi informasi dan komunikasi.

Pemanfaatan teknologi informasi tersebut mencakup 2 (dua) aktivitas yang berkaitan yaitu (Tochija, 2007):

1. Pengolahan data, pengelolaan informasi, sistem manajemen dan proses kerja secara elektronis;
2. Pemanfaatan kemajuan teknologi informasi agar pelayanan publik dapat diakses secara mudah dan murah oleh masyarakat di seluruh wilayah negara.

Untuk melaksanakan maksud tersebut, berdasarkan Instruksi Presiden Republik Indonesia Nomor 3 Tahun 2003 tentang Kebijakan dan Strategi Nasional Pengembangan *e-government*, pengembangan *e-government* diarahkan untuk mencapai 4 (empat) tujuan, yaitu:

1. Pembentukan jaringan informasi dan transaksi pelayanan publik yang memiliki kualitas dan lingkup yang dapat memuaskan masyarakat luas serta dapat terjangkau di seluruh wilayah Indonesia pada setiap saat tidak dibatasi oleh sekat waktu dan dengan biaya yang terjangkau oleh masyarakat.
2. Pembentukan hubungan interaktif dengan dunia usaha untuk meningkatkan perkembangan perekonomian nasional dan memperkuat kemampuan menghadapi perubahan dan persaingan perdagangan internasional.
3. Pembentukan mekanisme dan saluran komunikasi dengan lembaga-lembaga negara serta penyediaan fasilitas dialog publik bagi masyarakat agar dapat berpartisipasi dalam perumusan kebijakan negara.
4. Pembentukan sistem manajemen dan proses kerja yang transparan dan efisien serta memperlancar transaksi dan layanan antar lembaga pemerintah dan pemerintah daerah otonom.

Sedangkan berdasarkan “*The e-government Handbook for Developing Countries*” oleh *Center for Democracy and Technology dan InfoDev*(2002), disebutkan bahwa proses implementasi *e-government* terbagi menjadi 3 (tiga) tahapan, dimana harus dilakukan secara berurutan, tetapi masing-masing tahapan tersebut menjelaskan mengenai tujuan dari *e-government*. Tahapan tersebut antara lain:

1. Tahap pertama adalah *publish* atau mempublikasi yaitu tahapan yang menggunakan teknologi informasi dan komunikasi untuk tujuan memperluas akses terhadap informasi pemerintah. Misalnya dengan cara pembuatan situs informasi di setiap lembaga, penyiapan sumber daya manusia, sosialisasi situs informasi baik untuk internal maupun untuk publik, serta penyiapan sarana akses yang mudah.
2. Tahap kedua, adalah *interact* atau berinteraksi yang bertujuan meningkatkan partisipasi masyarakat dalam pemerintahan. Hal ini misalnya dilakukan dengan cara pembuatan situs yang interaktif dengan masyarakat, serta adanya interaksi yang terhubung dengan lembaga lain.
3. Tahap ketiga adalah *transact* atau bertransaksi, dimana *e-government* sudah bertujuan untuk menyediakan layanan pemerintah secara *on-line* yang mampu meningkatkan kualitas layanan pemerintah. Misalnya dengan cara pembuatan situs transaksi pelayanan publik yang baik, serta interoperabilitas aplikasi maupun data dengan lembaga lain.

MANFAATE-GOVERNMENT

Implementasi *e-government* memiliki banyak manfaat khususnya dalam menunjang efektivitas dan efisiensi dalam pelayanan publik. Manfaat-manfaat tersebut diantaranya adalah (Dash & Pani, 2016):

1. Mengurangi Biaya

Memberikan pelayanan secara *on-line* atau dalam jaringan dapat secara signifikan mengurangi total biaya administrasi, relasi, dan interaksi yang dikeluarkan pemerintah maupun *stakeholdernya* dibandingkan pelayanan secara manual.

2. Mendukung Perkembangan Ekonomi

Teknologi dapat memudahkan pemerintahan dalam menciptakan iklim bisnis yang positif dengan menyederhanakan tahapan administrasi atau mengurangi birokrasi. Selain itu, terdapat dampak langsung terhadap ekonomi, misalnya seperti dalam *e-procurement* atau proses lelang secara elektronik dimana menciptakan kompetisi yang lebih luas dan lebih banyak peserta.

3. Memperkuat Transparansi dan Akuntabilitas

Implementasi *e-government* dapat meningkatkan transparansi, kontrol, dan akuntabilitas penyelenggaraan pemerintahan dalam rangka penerapan konsep *Good Corporate Governance*. *e-government* membantu meningkatkan transparansi dalam proses pengambilan keputusan dengan penyediaan informasi serta pelacakan dalam jaringan (*on-line tracking*) yang mudah diakses oleh masyarakat.

4. Meningkatkan Pelayanan bagi Masyarakat

e-Government dapat memberikan layanan yang lebih baik pada masyarakat dimana informasi dari pemerintah dapat dicari atau diperoleh tanpa harus secara fisik datang ke kantor-kantor pemerintahan. Bahan-bahan informasi tersebut tersedia dalam 24 jam sehari dan tujuh hari dalam seminggu tanpa harus bergantung pada jam operasional kantor-kantor pemerintah.

5. Memberdayakan Masyarakat

Pemberdayaan masyarakat dilaksanakan melalui informasi yang mudah diperoleh yang kemudian memungkinkan masyarakat dan pihak-pihak lain sebagai mitra pemerintah terlibat dalam proses pengambilan keputusan atau kebijakan publik secara merata dan demokratis.

Dengan dikembangkannya *e-government* ini, akses informasi pada pemerintahpun menjadi terbuka lebar bagi semua lapisan masyarakat. Oleh karenanya apabila diimplementasikan dengan tepat maka secara signifikan dapat memperbaiki kualitas kehidupan masyarakat tersebut. Mengingat banyaknya manfaat dari sistem *e-government* ini, implementasinya haruslah dilaksanakan sesegera mungkin, tanpa

ditunda-tunda. Selain itu, sistem ini perlu dibangun dengan kepemimpinan yang baik dan kerangka pengembangan yang holistik, sehingga memberikan keunggulan kompetitif secara nasional.

TAHAPAN DALAM MEMBANGUN E-GOVERNMENT

Dalam pengembangan aplikasi *e-government*, Hasibuan dan Santoso (2005), menyatakan bahwa terdapat beberapa tingkatan atau tahapan dalam pengembangannya, dimana semakin tinggi tingkatannya, semakin kompleks permasalahan yang akan dihadapi. Lima tingkatan yang dimaksud antara lain:

1. Tingkatan pertama atau tingkatan yang paling awal. Tingkatan ini yang disebut dengan *e-government* untuk menunjukkan citra pemerintah yang baik dan menyembunyikan kompleksitas yang ada di dalamnya. Hal ini ditandai dengan munculnya berbagai *website* atau situs dengan tampilan menarik pada hampir semua institusi pemerintah. Pada dasarnya, *e-government* pada tingkat awal ini masih bersifat menginformasikan tentang apa dan siapa yang berada di dalam institusi tersebut. Dengan kata lain, informasi yang diberikan kepada masyarakat luas tersebut masih bersifat satu arah. Kondisi *e-government* yang masih berada pada tahap awal ini belum bisa digunakan untuk membentuk suatu pemerintahan dengan prinsip *good governance* (ketatapemerintahan yang baik).
2. Tingkat kedua dari *e-government*, mulai ditandai dengan adanya transaksi dan interaksi secara *on-line* antara suatu institusi pemerintah dengan masyarakat. Misalnya, masyarakat tidak perlu lagi antri membayar tagihan listrik, memperpanjang KTP, dan lain-lain. Semuanya bisa dilakukan secara *on-line*. Usaha ke arah ini sudah mulai dilakukan oleh beberapa institusi di pusat maupun di daerah. Komunikasi dua-arah antara institusi pemerintah dengan masyarakat sudah mulai terjalin secara *on-line*. Sekiranya *e-government* yang berada pada level kedua dijalankan dengan sungguh-sungguh, maka masalah *good governance* sudah mulai dapat diwujudkan. Adanya biaya-biaya tersembunyi dalam setiap urusan pembuatan Kartu Tanda Penduduk (KTP), Surat Izin

Mengemudi (SIM), Kartu Keluarga (KK), dan lain-lain, akan dapat dihilangkan. Hal ini bisa terjadi karena para aparat pemerintah tidak lagi bersinggungan dengan pelanggan secara langsung dalam mekanisme pembayaran. Pelanggan dapat langsung mengisi formulir yang diperlukan dan menunjukkan bukti transfer pembayaran.

3. Level ketiga dari *e-government*, memerlukan kerja sama (kolaborasi) secara *on-line* antar beberapa institusi dan masyarakat. Misalnya apabila masyarakat sudah bisa mengurus perpanjangan KTP-nya secara *on-line*, selanjutnya mereka tidak perlu lagi melampirkan KTP-nya untuk mengurus paspor atau membuat SIM. Dalam hal ini perlu kerjasama antara kantor kelurahan yang mengeluarkan KTP dengan kantor imigrasi yang mengeluarkan paspor atau kantor polisi yang mengurus SIM. Mungkin di Indonesia hal ini belum terwujud, tetapi pembicaraan ke arah sana sudah banyak beredar. Manfaat yang sangat terasa pada level ini adalah waktu pemrosesan dokumen yang relatif lebih singkat dibanding secara manual, dan pada akhirnya akan meningkatkan produktifitas dan kualitas layanan. Peran *intermediaries* (perantara) yang biasanya sebagai sumber ketidakefisienan, pada level tiga ini sudah semakin hilang, sehingga masyarakat dapat melakukan transaksi setransparan mungkin. Sekiranya level tiga ini diimplementasikan di kalangan institusi pemerintah, ketidakefisienan sudah tidak punya ruang lagi untuk berkembang.
4. Level keempat dari *e-government* sudah semakin kompleks. bukan hanya memerlukan kerjasama antar institusi dan masyarakat, tetapi juga menyangkut arsitektur teknis yang semakin kompleks. Dalam level 4 ini, seseorang bisa mengganti informasi yang menyangkut dirinya hanya dengan satu-klik, dan pergantian tersebut secara otomatis berlaku untuk setiap institusi pemerintah yang terkait. Misalnya, seseorang yang pindah alamat, dia cukup mengganti alamatnya tersebut dari suatu database milik pemerintahan yang besar, dan secara otomatis KTP, SIM, paspor dan lain-lainnya dapat terbaharui. Di beberapa negara Eropa sudah mulai menerapkan hal ini, dimana mereka hanya

mengumpulkan cukup sekali saja informasi mengenai masyarakatnya.

5. Level kelima, dimana pemerintah sudah memberikan informasi yang terpaket (*packaged*) sesuai dengan kebutuhan masyarakat. Dalam hal ini, pemerintah sudah bisa memberikan apa yang disebut dengan "*information-push*" yang berorientasi kepada masyarakat. Masyarakat benar-benar seperti raja yang dilayani oleh pemerintah. Apa yang menjadi kebutuhan masyarakat, *e-government* pada level lima ini bisa menyediakannya.

Lebih lanjut, terkait tahapan dalam membangun *e-government*, berdasarkan Instruksi Presiden Republik Indonesia Nomor 3 Tahun 2003 tentang Kebijakan dan Strategi Nasional Pengembangan e-Government, salah satu strategi dalam pengembangan *e-government* adalah melaksanakan pengembangan secara sistematis melalui tahapan yang realistis dan terukur. Hal ini bertujuan agar pengembangan tersebut dapat dipahami dan diikuti oleh semua pihak.

Sedangkan menurut Instruksi Presiden Republik Indonesia Nomor 3 Tahun 2003 tentang Kebijakan dan Strategi Nasional Pengembangan *e-Government*, disebutkan bahwa berdasarkan sifat transaksi informasi dan pelayanan publik yang disediakan oleh pemerintah melalui jaringan informasi, pengembangan *e-government* dapat dilaksanakan melalui 4 (empat) tingkatan sebagai berikut:

1. Tingkat 1 - **Persiapan** yang meliputi:
 - a. Pembuatan situs informasi di setiap lembaga;
 - b. Penyiapan sumber daya manusia (SDM);
 - c. Penyiapan sarana akses yang mudah misalnya menyediakan sarana *Multipurpose Community Center*, *Warnet*, *SME-Center*, dan lain-lain;
 - d. Sosialisasi situs informasi baik untuk internal maupun untuk publik.
2. Tingkat 2 - **Pematangan** yang meliputi:
 - a. Pembuatan situs informasi publik interaktif;
 - b. Pembuatan antar muka keterhubungan dengan lembaga lain;
3. Tingkat 3 - **Pemantapan** yang meliputi:
 - a. Pembuatan situs transaksi pelayanan publik;

- b. Pembuatan interoperabilitas aplikasi maupun data dengan lembaga lain.
4. Tingkat 4 - **Pemanfaatan** yang meliputi:
- a. Pembuatan aplikasi untuk pelayanan yang bersifat G2G, G2B dan G2C yang terintegrasi.

Situs-situs yang dikelola baik oleh pemerintah pusat maupun pemerintah daerah harus terus berupaya menaikkan tingkatan situs menuju ke tingkat 4. Upaya tersebut tentunya harus dengan dukungan yang memadai supaya tidak mengalami kegagalan dan berdampak pada pemborosan dan hilangnya kepercayaan masyarakat. Dukungan yang dimaksud antara lain dukungan sistem manajemen, proses kerja, dan transaksi informasi antar instansi.

KRITERIA-KRITERIA DALAM PENGEMBANGAN E-GOVERNMENT

Saat ini telah banyak instansi pemerintah di Indonesia, baik pemerintah pusat maupun daerah yang mengembangkan pelayanan publik dengan sistem *e-government* melalui jaringan komunikasi dan informasi dalam bentuk situs web. Lebih lanjut, terdapat sejumlah kriteria yang ditetapkan oleh Kementerian Komunikasi dan Informasi Republik Indonesia (Kemenkominfo) dalam buku panduan penyelenggaraan situs web pemerintah daerah (Sosiawan, 2015). Kriteria yang diberikan dalam Panduan Penyelenggaraan Situs Pemerintah Daerah (Kemenkominfo, 2003) merupakan gambaran ciri-ciri kunci bentuk dasar situs web pemerintah daerah yang terdiri atas:

1. Fungsi, aksesibilitas, dan kegunaan. Isi informasi situs web pemerintah daerah berorientasi pada keperluan masyarakat, yaitu menyediakan informasi dan pelayanan yang diinginkan oleh masyarakat. Pada kriteria ini ditekankan adanya anti diskriminasi bagi pengguna, artinya bahwa situs web pemerintah daerah dapat dibuka tanpa membedakan fasilitas dan kemampuan komputer yang dimiliki oleh pengguna. Disain situs web pemerintah daerah adalah profesional, menarik, dan berguna. Berita atau artikel yang ditujukan kepada masyarakat sebaiknya disajikan secara jelas dan mudah dimengerti.

2. Bekerja sama. Situs web pemerintah daerah harus saling bekerjasama untuk menyatukan visi dan misi pemerintah. Semua dokumen pemerintah yang penting harus memiliki URL (*Uniform Resource Locator*) yang tetap, sehingga mesin pencari (*search engine*) dapat menghubungkan kepada informasi yang diinginkan secara langsung.
3. Isi yang efektif. Masyarakat sebagai pengguna harus mengetahui bahwa informasi tertentu akan tersedia pada situs-situs pemerintah daerah manapun. Pengguna memiliki hak untuk mengharapkan isi dari suatu situs web pemerintah daerah adalah data yang terbaru dan tepat, serta mengharapkan berita dan materi baru selalu diketengahkan.
4. Komunikasi dua arah. Komunikasi yang disediakan pada situs web pemerintah daerah dalam bentuk dua arah (interaktif). Situs web pemerintah daerah harus memberikan kesempatan bagi pengguna untuk menghubungi pihak-pihak berwenang, menjelaskan pandangan mereka, atau membuat daftar pertanyaan mereka sendiri.

PELUANG DAN TANTANGAN DALAM PENGEMBANGAN *E-GOVERNMENT*

Setiap perubahan, walaupun untuk sesuatu yang lebih baik, berpotensi menimbulkan berbagai reaksi. Apalagi jika perubahan yang diterapkan di sektor pemerintah tentu jauh memiliki tantangan yang lebih kompleks. Oleh karenanya, perubahan atau pembaharuan di sektor pemerintah ini jelas sangat membutuhkan upaya yang keras dan konsisten (Astuti, 2005).

Implementasi *e-government* sebagai suatu inovasi di kalangan organisasi pemerintah mensyaratkan adanya manajemen perubahan (*change management*) yang tepat agar implementasinya dapat berjalan dengan sukses. Hal ini dikarenakan dengan menerapkan *e-government* berarti juga melakukan serangkaian perubahan budaya (*cultural change*) dari pendekatan tradisional ke manajemen serta dari era sebelum teknologi informasi dan komunikasi menuju era perkembangan teknologi informasi dan komunikasi yang sangat canggih (Riley, 2002).

Lebih lanjut, terdapat tiga jenis tantangan dalam penerapan *e-government*, yakni yang bersifat *tangible*, *intangible* dan *very intangible* (Huseini dalam Muluk, 2001). Tantangan yang termasuk *tangible* diantaranya adalah keterbatasan sarana dan prasarana fisik jaringan telekomunikasi dan listrik. Sedangkan tantangan yang berifat *intangible* misalnya tantangan keuangan atau finansial untuk mendanai implementasi *e-government* dan keterbatasan sumber daya manusia untuk pengelolaannya. Sementara yang tergolong tantangan yang bersifat *very intangible* adalah keberanian pejabat pemerintah daerah untuk menerapkan *e-government* berikut penerapan berbagai tindakan sebagai konsekuensi yang harus dilakukan.

Namun, banyaknya kendala dan tantangan dalam implemetasi *e-government* sebenarnya dapat diatasi sepanjang ada niatan kuat (*good will*) pemerintah untuk menerapkan sistem tersebut agar dapat berjalan dengan baik. Selain itu, masyarakat terutama di negara-negara sedang berkembang akan dengan cepat berevolusi menuju masyarakat digital (*digital society*) yang ditandai dengan beberapa hal sebagai berikut: meningkatnya jumlah masyarakat yang menggunakan komputer, turunnya biaya komunikasi, kemudahan dalam pemakaian dan mengakses berita-berita hangat menjadi suatu kebutuhan, meningkatnya *telecommuting*, meningkatnya aktivitas ekonomi global, dan sebagainya (Campo, et.al.,2002). Peluang-peluang ini dapat menjadi faktor penguat dalam implementasi *e-government*.

IMPLEMENTASI E-GOVERNMENT DI KOTA SURABAYA DAN BANDUNG

Pemerintah Kota Surabaya dan Pemerintah Kota Bandung merupakan dua contoh pemerintah kota atau pemerintah daerah di Indonesia yang gencar menerapkan *e-government*. Berbagai penghargaanpun telah diterima oleh kedua kota ini. Berikut adalah gambaran implementasi *e-government* oleh pemerintah Kota Surabaya dan Pemerintah Kota Bandung.

1. Surabaya

Pemerintah Kota (Pemkot) Surabaya telah merintis penerapan *e-government* sejak tahun 2002. *e-Government* pada Pemerintah Kota

Surabaya dikelompokkan menjadi dua, yakni dalam hal pengelolaan keuangan daerah dan *e-government* untuk pelayanan publik (Dinas Komunikasi dan Informatika Kota Surabaya, 2017).

Dalam hal penerapan *e-government* untuk pengelolaan keuangan daerah oleh Pemerintah Kota Surabaya, terdapat beberapa layanan *e-government* yang telah dikembangkan di lingkungan Pemerintah Kota Surabaya antara lain:

- a. *e-Budgeting*. Untuk menyusun sistem anggaran dilakukan dengan *e-budgeting* dengan cara mencantumkan berapa besar biaya dan kebutuhan di masing-masing Satuan Kerja Perangkat Daerah (SKPD) dengan acuan menggunakan Standar Nasional Indonesia (SNI). Setiap dinas harus menggunakan *e-budgeting* dalam mengusulkan anggaran.
- b. *e-Project*. Perencanaan proyek dilakukan menggunakan *e-project planning*. Dalam *e-project planning* dicantumkan bagaimana pengerjaan proyeknya beserta jadualnya. Walikota kemudian membuat kontrak kinerja dengan kepala dinas.
- c. *e-Procurement*. Apabila nilai proyek lebih dari Rp 100 juta maka otomatis masuk ke dalam sistem *e-procurement* karena harus melalui mekanisme lelang. Dalam *e-procurement* terdapat jadual dan tahapan pelaksanaan lelang. Pelaksanaan *e-procurement* ini diatur lebih lanjut dalam Keputusan Presiden No. 4 Tahun 2015 tentang Perubahan Keempat atas Peraturan Presiden No. 54 Tahun 2010 tentang Pengadaan Barang/Jasa Pemerintah, yang mencantumkan sistem lelang elektronik (*e-procurement*).
- d. *e-Delivery*. Sistem *e-delivery* ini untuk membantu proses pencairan dana proyek. Dalam *e-delivery* tercantum kontrak yang disepakati bersama-sama antara penyedia jasa dan pelaksana yang sudah disiapkan standar kontraknya. Misalnya terkait termin pembayaran. Secara otomatis pihak dinas akan menghitung sesuai *e-project planning* dan melalui *e-delivery* akan diketahui mana yang sudah dicairkan dan mana yang belum dicairkan.
- e. *e-Controlling*. Sistem *e-controlling* ini untuk mengetahui *progress* fisik masing-masing kegiatan setiap bulan, apakah sesuai *e-project planning* dan *e-delivery* atau tidak. Semua dikontrol setiap bulan melalui *e-controlling*.

- f. *e-Performance*. Di akhir tahun ada *e-performance*, yakni penghitungan dan penilaian kinerja masing-masing dinas. Melalui *e-performance* ini, maka akan dapat dibandingkan kinerja masing-masing dinas antara pelaksanaan dan realisasi sehingga akan terlihat capaian kerjanya.

Selain itu, Pemerintah Kota Surabaya juga melakukan penerapan *e-government* untuk pelayanan masyarakat. Aplikasi yang berhubungan dengan masyarakat meliputi e-sapawarga, e-perijinan, e-musrenbang, dan pengaduan secara elektronik.

- a. e-Sapawarga. Untuk mendukung e-sapawarga, Pemerintah Kota Surabaya memberikan fasilitas internet gratis bagi seluruh RT-RW, sehingga seluruh program bisa diakses oleh warga kota Surabaya.
- b. e-Perijinan. Perijinan untuk SIUP (Surat Izin Usaha Perdagangan) dan IUJK (Izin Usaha Jasa Konstruksi) diberikan secara gratis melalui e-perijinan. Penduduk Surabaya cukup mengentri data secara *on-line* kemudian diverifikasi, apakah dia benar warga Surabaya atau bukan. Kalau benar penduduk Surabaya maka izin dikeluarkan dan setelah selesai diantarkan ke rumah oleh aparat kelurahan.
- c. e-Musrenbang (Musyawarah Perencanaan Pembangunan). Dengan adanya jaringan internet yang bisa diakses seluruh masyarakat Surabaya, setiap awal tahun masyarakat dapat mengajukan usulan proyek, misalnya untuk pelatihan pembibitan lele, pembangunan jalan akses ke makam, lampu penerangan jalan, pembangunan perpustakaan, dan lain-lain melalui e-musrenbang untuk dimasukkan dalam program pembangunan tahun berikutnya.

Lebih lanjut, menurut hasil kajian Farid (2015), terdapat beberapa faktor yang mendukung penerapan *e-government* oleh Pemerintah Kota Surabaya, diantaranya:

- a. Kondisi politis (*political environment*) yang bertipe *top down*. Kebijakan penerapan *e-government* berasal dari pimpinan atau pemerintah yang dalam hal ini adalah Wali Kota Surabaya Tri Rismaharini. Kebijakan tersebut kemudian diimplementasikan

- oleh Dinas Komunikasi dan Informasi Kota Surabaya yang melibatkan kerja sama berbagai SKPD terkait.
- b. Kepemimpinan (*leadership*) dalam penerapan e-government di Kota Surabaya sudah cukup baik. Hal tersebut dibuktikan dengan kemampuan para pimpinan tiap SKPD terkait yang saling berkoordinasi, demikian juga dengan staf-staf SKPD Semuanya terjadi komunikasi dan koordinasi yang baik antara pimpinan dan staf maupun antar SKPD terkait dalam implementasi sistem ini.
 - c. Perencanaan (*planning*) yang baik dalam penerapan e-government Kota Surabaya. Hal tersebut ditunjukkan dengan adanya dukungan dalam bentuk pengembangan sistem dari sistem manual menuju sistem berbasis online, dan kecakapan dari seluruh pegawai dalam melayani masyarakat. Semua SKPD yang terkait bersama-sama merencanakan perbaikan sistem dan pelayanan dengan jalan melakukan rapat koordinasi setiap minggu bahkan setiap dibutuhkan.
 - d. Pihak-pihak yang terlibat (*stakeholders*) dalam penerapan e-government Kota Surabaya sudah memiliki komitmen yang tinggi untuk menjalin komunikasi dan kerjasama yang baik. Stakeholders di sini meliputi semua pihak baik pimpinan maupun staf di semua SKPD yang terlibat yang setidaknya terdiri atas delapan SKPD. Demikian juga kerja sama antara SKPD dan masyarakat.
 - e. Partisipasi masyarakat (*participation*) termasuk pula investor yang memanfaatkan sistem pelayanan melalui e-government semakin membaik dengan semakin banyaknya masyarakat yang tahu dan memanfaatkan sistem tersebut.
 - f. Transparansi (*transparency/visibility*) dalam penerapan e-government Kota Surabaya sudah mampu diwujudkan untuk dimuat dalam portal informasi dan komunikasi yang dapat diakses 24 jam.

Penerapan dan pengembangan e-government yang dilakukan oleh Pemerintah Kota Surabaya mendapat apresiasi dari pemerintah pusat. Bahkan pengembangan sistem e-government tersebut dijadikan sebagai pembanding sistem pemerintahan elektronik nasional. Selain itu, majunya perkembangan dalam menerapkan sistem tata kelola

pelayanan berbasis teknologi yang diterapkan Pemerintah Kota Surabaya akan diadopsi pemerintah daerah se-Indonesia (Pemerintah Daerah se-Indonesia Adopsi Sistem *e-Government* Pemkot Surabaya, 2016). Kondisi politis, kepemimpinan, perencanaan, partisipasi masyarakat, dan transparansi adalah faktor-faktor yang mendorong keberhasilan implementasi *e-government* oleh Pemerintah Kota Surabaya.

2. Bandung

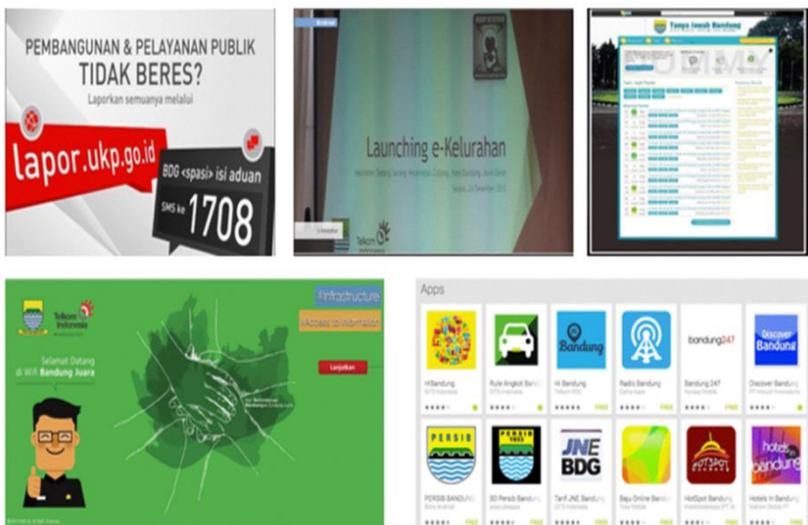
Bandung merupakan salah satu kota yang sangat gencar dalam mengembangkan penggunaan teknologi informasi dan komunikasi dalam mengimplementasikan *e-government*. Pengembangan *e-government* oleh pemerintah kota Bandung mencakup:

- a. Manajemen internal dan pemerintahan. Dengan menggunakan teknologi informasi dan komunikasi, pemerintah kota Bandung memberikan beberapa konsep yang menjadi kunci dalam penerapan *e-government* yaitu penyediaan fasilitas pengelolaan data, penyediaan fasilitas monitoring untuk pimpinan, fasilitas teknologi komunikasi dengan seluruh SKPD.
- b. Pelayanan Publik. Dalam hal pelayanan publik, pemerintahan kota Bandung menyediakan beberapa layanan sebagai berikut: fasilitas layanan teknologi informasi dan komunikasi yang terjangkau untuk masyarakat, penyediaan informasi yang cepat untuk masyarakat, dan peningkatan kualitas ekonomi masyarakat melalui berbagai aplikasi dalam sistem *e-government*. Lebih lanjut, terkait implementasi *e-government* ini, pemerintah kota Bandung menerapkan konsep *open government* dalam ketatapemerintahannya. Konsep layanan pemerintahan untuk masyarakat mengedepankan asas keterbukaan. Dengan konsep transparansi ini, pemerintah Kota Bandung menyediakan layanan berbasis teknologi informasi dan komunikasi dimana masyarakat bisa memantau berbagai aktivitas terkait pelayanan publik. Pelayanan ini terkait dengan seluruh kegiatan yang dilakukan pemerintah kota Bandung melalui SKPD-SKPD didalamnya. Termasuk dalam komponen *open government* ini adalah *open communication* dimana pemerintah kota Bandung termasuk

walikota Bandung menyediakan wadah sebagai jalur komunikasi khusus dengan warga. Hal ini memungkinkan warga kota Bandung dapat berkomunikasi langsung dengan walikota dan jajarannya. Jalur komunikasi ini dilakukan melalui portal khusus ataupun media sosial seperti *twitter*.

Beberapa layanan yang telah dikembangkan oleh Pemerintah Kota Bandung terkait *e-government* diantaranya:

- a. Layanan lapor.ukp.go.id, sebagai media untuk pelaporan masyarakat terhadap kinerja pemerintahan.
- b. Layanan *Bandung government official twitter* sebagai media komunikasi terbuka antara pemerintah kota Bandung (termasuk walikota) dengan warga Bandung.
- c. Layanan portal tanya jawab Bandung, sebagai media komunikasi dan diskusi tentang kota Bandung.
- d. Layanan *Bandung open apps*, sebagai penyedia aplikasi penunjang layanan, komunikasi dan transaksi untuk akses melalui *smart phone*.



Sumber: Dinas Komunikasi dan informatika Kota Bandung (2017)

Gambar 1. Berbagai aplikasi yang dikembangkan oleh Pemerintah Kota Bandung

Penerapan konsep e-government oleh Pemerintah Kota Bandung ini memiliki kelebihan yaitu, diantaranya bahwa permasalahan kota mulai dari kemacetan, penumpukan sampah, jalan rusak, keadaan kontur tanah suatu daerah, dan lain sebagainya dapat secara langsung atau real time diketahui dan dicari solusi terbaiknya dengan cepat. Selain itu, masyarakatnya bisa saling terhubung, serta pemerintah dapat memiliki kemampuan untuk mengendalikan dan mengatur kehidupan warganya dengan bantuan Informasi dan Teknologi.

Selain itu, Kota Bandung yang sejak awal memiliki potensi perekonomian di bidang jasa dan merupakan pusat bakat dibidang kreatif serta teknologi informasi dan komunikasi menjadi modal mempunyai kawasan internet yang stabil di pemerintah kota, sambungan internet yang murah di kawasan strategis, serta meningkatkan komunikasi tanpa kertas (*paperless*).

***E-GOVERNMENT* SEBAGAI BAGIAN DARI *SMART GOVERNMENT* (PEMERINTAH CERDAS) UNTUK Mendukung PERWUJUDAN *SMART CITY* (KOTA CERDAS)**

Dalam perjalanannya, kota terus tumbuh dari berbagai sudut pandang baik populasi, ekonomi, sosial, budaya dan teknologi. Hal ini menuntut adanya pola pengelolaan serta manajemen kota yang lebih inovatif. *Smart city* atau kota cerdas muncul sebagai alternatif konsep instrumen yang inovatif dan mulai diterapkan pada kota-kota besar di seluruh dunia.

Smart city merupakan sebuah fenomena yang dalam beberapa tahun kemunculannya kian populer di seluruh dunia. Berkembang dalam bentuk proyek, kajian studi maupun telah diterapkan sebagai aplikasi yang terintegrasi. Membuat sebuah kota untuk semakin cerdas adalah sebuah kewajiban dan tidak dapat ditentang keberadaannya. Beberapa negarapun mengembangkan *smart city* sesuai dengan kemampuan dan keinginannya dalam mengembangkan konsep ini. Para peneliti, baik dari kalangan pendidikan atau komersil juga berlomba terus mengembangkan dan memperbaiki konsep ini. Hasilnya konsep *smart city* dapat didefinisikan secara luas, bahkan

dapat dikatakan tidak ada definisi yang benar-benar tepat atau absolut untuk mewakili konsep *smart city*.

Caragliu (2009) menyatakan bahwa sebuah kota dikatakan *smart* atau cerdas ketika telah mampu memaksimalkan investasi terhadap sumber daya manusia, transportasi dan infrastruktur teknologi informasi untuk meningkatkan pertumbuhan ekonomi dan meningkatkan tingkat kenyamanan hidup dan lingkungan melalui tata kelola yang baik. Sedangkan Abdoulev (2011), mendefinisikan *smart city* sebagai sebuah kota yang menggabungkan konsep digital, natural dan sosial sehingga terbentuknya peningkatan ekonomi, infrastruktur kota yang baik, lingkungan yang bersahabat transportasi dan kehidupan yang nyaman.

Terkait definisi tersebut, Abdoulev (2011) kemudian menyebutkan bahwa *Smart City* tersusun atas 5 (lima) parameter yang masing-masing memiliki indikator, yaitu:

| No | Parameter | Indikator |
|----|--------------------------|---|
| 1 | <i>Smart governance</i> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Proses demokrasi dan inklusi. 2. Administrasi tatakelola pemerintahan yang saling terkoneksi serta terintegrasi. 3. Peningkatan akses terhadap layanan. |
| 2 | <i>Smart people</i> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Peningkatan pola edukasi. 2. Pengontrolan pembelajaran melalui <i>Remote e-Education Solution</i>. 3. Masyarakat dengan informasi yang lebih baik. |
| 3 | <i>Smart environment</i> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Lingkungan dikelola secara <i>sustainable</i> (berkelanjutan). 2. Mengurangi penggunaan energi melalui inovasi teknologi, konservasi energi dan daur ulang material. |
| 4 | <i>Smart mobility</i> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Sistem transportasi yang cerdas dan efisien. 2. Memanfaatkan dan mengefisienkan jaringan untuk pergerakan kendaraan, orang, dan barang untuk mengurangi kemacetan. 3. Penerapan perilaku social yang baru atau |

| No | Parameter | Indikator |
|----|----------------------|---|
| | | “ <i>new social attitude</i> ” seperti <i>sharing</i> (berbagi) kendaraan, opsi sepeda sebagai alternatif pengganti penggunaan mobil, dan lain-lain. |
| 5 | <i>Smart economy</i> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Regional/global kompetisi. 2. Akses <i>broadband</i> untuk seluruh masyarakat dalam rangka meningkatkan peluang B2B 3. Lokasi yang independen, membantu mengelola populasi dalam suatu area. 4. Transaksi elektronik proses bisnis dalam semua bidang (<i>e-banking, e-shopping, e-auction</i>, dan lain-lain). |
| 6 | <i>Smart living</i> | <ol style="list-style-type: none"> 1. <i>High quality</i> atau kualitas yang tinggi pada akses terhadap layanan kesehatan (<i>e-health, remote health monitoring</i>). 2. Manajemen <i>electronic health record</i> (rekam medis elektronik). 3. Otomasi rumah, rumah cerdas dan layanan <i>smart building</i> (bangunan yang cerdas). 4. Akses terhadap layanan berbagai jenis layanan sosial. |

Dari berbagai sudut pandang yang muncul tersebut, masing-masing kota akan menerapkan sesuai dengan permasalahan, rencana pengembangan ataupun kemampuan finansial dari kota tersebut. Seiring dengan berkembangnya *smart city* semakin banyak pula vendor, para peneliti dan akademisi yang melakukan pengembangan terhadap *smart city*. Beberapa vendor diantaranya adalah IBM, Alcatel, Siemens, Cisco dan lain sebagainya.

Lebih lanjut, Rick Robinson mengembangkan tujuh tahapan menuju *smart city*, muatan dari masing-masing tahapan tersebut serta tantangan apabila suatu kota di Indonesia ingin mengembangkan adalah sebagai berikut: (Sutriadi, 2017).

1. **Batasan.** Pada tahap ini perlu didefinisikan seperti apa batasan dari suatu kota cerdas yang dituju dan hendak dijadikan sebagai

fokus pengembangannya. Pada tahapan awal ini perlu dirumuskan apakah kota cerdas merupakan upaya untuk mengoptimalkan fungsi suatu kota sesuai dengan besaran serta fungsi dan peranannya, ataukah untuk menargetkan suatu kota menjadi suatu kawasan strategis ataupun sebagai pusat pertumbuhan yang dipercepat ataupun diakselerasi pembangunan.

2. **Pelaku.** Menentukan siapakah pelaku yang menjadi ujung tombak dan siapa saja pendukungnya (baik pemerintah tingkat pusat, Provinsi, maupun kabupaten kota), swasta, masyarakat serta kalangan akademisi di universitas.
3. **Pendekatan.** Pendekatan seperti apa yang akan digunakan, serta bagaimana penstrukturan dari pendekatan tersebut serta persyaratan apa saja dalam menggunakan ataupun mengembangkan pendekatan tersebut.
4. **Prioritas.** Mengembangkan kerangka kebijakan yang berkesesuaian dengan kebijakan pembangunan daerah, sistem perencanaan pembangunan nasional, sistem pembiayaan pembangunan, pelayanan publik secara prima, pelestarian lingkungan, informasi dan transaksi elektronik, serta prinsip kebebasan informasi untuk publik.
5. **Petajalan (roadmap).** Merumuskan petajalan (roadmap) dari suatu smart city yang akan dikembangkan, bagaimana posisi petajalan tersebut terhadap strategi nasional tata kelola dan pengembangan perkotaan nasional, dan bagaimana indikator capaian serta tema dari masing-masing fase pengembangan
6. **Pembiayaan.** Merumuskan biaya yang dibutuhkan serta sumber pembiayaannya dan tata aturan berperan serta bagi para pelaku di luar pemerintah apabila ingin mengembangkan proses kerjasama (konsep *public private partnership*) untuk pengembangan kota cerdas ini.
7. **Proses swa rencana.** Membuka peluang untuk mengembangkan proses swa keberlanjutan yang lebih cerdas melalui keterlibatan aktif masyarakat sebagai bagian penting dari perencanaan menuju *smartcity*.

| 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 | 07 |
|---------------------------|---|--|--|---|---|--|
| Batasan | Pelaku | Pendekatan | Prioritas | Petajalan (Roadmap) | Pembiayaan | Proses swa rencana |
| Pendefinisian kota cerdas | Pengembangan pelaku menuju visi kota cerdas, dan tata kelola serta proses pengambilan keputusan yang kredibel | Penstrukturan pendekatan kota cerdas (sumberdaya dan ahli) | Mengembangkan kerangka kebijakan | Mensosialisasikan petajalan yang mengusung visi kota cerdas | Mendefinisikan aspek pembiayaan yang dibutuhkan | Membuka peluang untuk emngembangkan proses swa keberlanjutan yang lebih cerdas |
| Bentuk kepedulian | Posisi warga kota | Apakah berbasis target atau trend | Kelompok minoritas dan tokoh di luar Pem | Peran warga dalam Petajalan | Peluang ekonomi warga | Sejarah dan budaya |
| Bioregionalism | Land use and design | Technical improvement | Conflict recognition | petajalan (Roadmap) | Develop market mechanism | Conflict resolution |

Sumber: Robinson 2015 (dalam Sutriadi 2017)

Gambar 2. Tahapan Pengembangan *Smart City*

Ide kota pintar alias *smart city* sudah didengung-dengungkan oleh berbagai kalangan termasuk di Indonesia tersebut sering pula dikaitkan atau bahkan disamakan dengan konsep *e-government*. Menurut Nonot Harsono selaku Komisioner Badan Regulasi Telekomunikasi Indonesia (BRTI) dalam *Liputan6.com* (*Smart City dan e-Government Apa Bedanya?*, 2015), masih banyak orang yang menilai *smart city* itu sama dengan *e-government*, padahal keduanya berupa konsep yang berbeda. *Smart city* merupakan konsep pemanfaatan teknologi komunikasi dan informasi untuk semua sektor yang lebih luas dari sekedar *e-government*. Lebih lanjut Nonot menilai penerapan *smart city* didasarkan pada pertimbangan antara kebutuhan dan kelayakan atau tingkat urgensi *smart city* di setiap daerah, sedangkan penerapan *e-government* lebih bergantung pada keputusan pimpinan

daerah. Dapat dikatakan pula bahwa *e-government* merupakan bagian dari *smart government* atau pemerintahan yang cerdas, dimana pemerintah yang cerdas merupakan komponen penting yang akan mendukung tercapainya *smart city* secara lebih menyeluruh. Meski begitu, dalam usaha untuk membangun *smart city* yang juga mencakup *e-government* didalamnya, keduanya sangat membutuhkan dukungan jaringan *broadband* yang memadai. Kalau tanpa dukungan *broadband* yang bagus, sulit bagi pemerintah daerah mau menerapkan *smart city* ataupun *e-government* sekalipun.

PENUTUP

e-Government atau pemerintahan digital pada intinya merupakan kegiatan yang dilakukan oleh pemerintah dengan menggunakan dukungan teknologi informasi dan komunikasi yang utamanya dalam rangka memberikan layanan kepada masyarakat secara lebih efektif. Di Indonesia, inovasi *e-government* sudah diinisiasi oleh banyak pemerintah daerah sejak beberapa tahun belakangan. Penerapan *e-government* ini, sejalan dengan semangat reformasi birokrasi di Indonesia, semakin berperan dalam meningkatkan kualitas pelayanan publik serta membantu proses penyampaian informasi secara lebih efektif kepada masyarakat. Berbagai upaya tentunya harus terus dilakukan untuk dapat semakin meningkatkan kualitas implementasi *e-government*. Pencapaian *e-government* juga akan sekaligus merupakan salah satu perwujudan *smart government* atau pemerintahan yang cerdas, dimana pemerintah cerdas merupakan komponen penting yang akan mendukung tercapainya *smart city* secara lebih menyeluruh.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdoulev A. (2011). *A smart world: a development model for intelegent cities*. The 11th International Conference on Computer and Information Technology.
- Aprianty, D.R. (2016). Penerapan kebijakan e-government dalam peningkatan mutu pelayanan publik di kantor Kecamatan Sambutan Kota Samarinda. *ejournal.ip.fisip-unmul.ac.id* Vol 4 Nomor 4: 1589-1602.
- Astuti, Sri Yuni Woro. (2005). Peluang dan tantangan penerapan e-governance dalam konteks otonomi daerah. www.journal.unair.ac.id/filerPDF/05-Yuni.pdf
- Campo, Salvatore Schiavo and Pachampet Sundaram. (2002). To serve and to preserve: improving public administration in a competitive world. Asean Development Bank.
- Caragliu, A., de Bo, C., and Nijkamp, P. 2009. *Smart cities in Europe*. 3rd Central European Conference in Regional Science.
- Center for Democracy and Technology (CDT) and InfoDev. (2002). "*E-government Handbook: Part 1 -The Three Phases of E-government*", <http://www.cdt.org/egov/handbook/part1.shtml>, [online], diakses pada 15 Maret 2017.
- Dash, Satyabrata & Subhendu Kumar Pani. (2016). e-Governance paradigm using cloud infrastructure: benefits and challenges. *Procedia Computer Science* 85 (2016) 843-855.
- Dwiyanto, Agus. (2005). Mewujudkan *good governance* melalui pelayanan publik. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Dinas Komunikasi dan Informatika Kota Bandung. <http://www.bandung.go.id/> (diakses pada pada 30 Juni 2017).

- Dinas Komunikasi dan Informatika Kota Surabaya.
<http://www.surabaya.go.id/ver5/> (diakses pada 30 Juni 2017).
- Farid, Miftakhul. (2015). Implementasi *electronic government* melalui *Surabaya Single Window* di Unit Pelayanan Terpadu Satu Atap Kota Surabaya. *Publika* Vol 3, No 5
- Haryatmoko. (2016). Akuntabilitas pelayanan publik: etika publik, dasar membangun integritas dan profesionalitas. Prosiding Seminar.
- Hasibuan, ZA dan Santoso, HB. (2005). Standardisasi aplikasi *e-government* untuk instansi pemerintah. Prosiding Konferensi Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi Indonesia. ITB, 3-4 Mei 2005.
- Indrajit, Richardus Eko. (2002). *Electronic government: strategi pembangunan dan pengembangan sistem pelayanan publik berbasis teknologi digital*. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- Kementerian Komunikasi dan Informasi. (2003). *Panduan Penyelenggaraan Situs Pemerintah Daerah*.
- Muluk, M.R. Khairul. (2001). Lokalisasi dan Globalisasi: tantangan dan peluang Digitalisasi Pemerintah Daerah, *Bisnis dan Birokrasi: Jurnal Ilmu Administrasi dan Organisasi*, Vol.IX/2/Mei/2001.
- Pemerintah Daerah se-Indonesia Adopsi Sistem *e-Government* Pemkot Surabaya. (2016). http://surabaya.tribunnews.com/2016/09/28/pemerintah-daerah-se-indonesia-adopsi-sistem-e-government-pemkot-surabaya_ (diakses pada 30 Juni 2017).

Republik Indonesia, (2003). Intruksi Presiden Republik Indonesia Nomor 3 Tahun 2003 tentang Kebijakan dan Strategi Nasional Pengembangan E-government.

Republik Indonesia. (2015). Peraturan Presiden No. 4 Tahun 2015 tentang Perubahan Keempat atas Peraturan Presiden No 54 Tahun 2010 tentang Pengadaan Barang/Jasa Pemerintah.

Riley, Thomas B. (2002). Change Management, E-Governance, and The Relationship to E-government. Commonwealth Centre for Electronic Governance.

Sosiawan, Edwi Arief. (2015). Evaluasi Implementasi E-government pada Situs Web Pemerintah Daerah di Indonesia: Perspektif Content dan Manajemen. Open Journal System. <https://ojs.uajy.ac.id/index.php/jbi/article/download/461/497> diakses pada 30 Juni 2017.

Sutriadi, Ridwan. (2017). Perspektif Perencanaan: Smart City: Inovasi, Kota Komunikatif dan Kota Berkeadilan. Bandung: CV Nur Ridwan.

Surabaya akan jadi Model *e-Government* Nasional. (2012). (<http://www.tribunnews.com/nasional/2012/01/09/surabaya-akan-jadi-model-e-goverment-nasional> (diakses pada 30 Juni 2017)).

Smart City dan *e-Government* Apa Bedanya? (2015). <http://teknoliputan6.com/read/2213171/smart-city-dan-e-government-apa-bedanya> (diakses pada 12 Agustus 2017).

Tochija, Itoc. (2007). Kebijakan *E-government* dalam Meningkatkan Pelayanan Publik.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



drh. Ida Malati Sadjati, M.Ed., lahir di Sukabumi 8 Agustus 1959. Pendidikan sarjana strata 1nya adalah Dokter Hewan yang diperoleh dari Institut Pertanian Bogor (IPB) pada tahun 1984; dan Gelar Master of Education (M.Ed.) diperoleh dari Simon Fraser University, Burnaby, Vancouver, Canada, pada tahun 1989 dengan beasiswa CIDA. Dari tahun 1986 s.d. 2000 ditugaskan di Pusat Antar Universitas - Universitas

Terbuka (PAU-UT), mulai sebagai staf, Sekretaris Administrasi, sampai dengan Sekretaris Akademik. Dari tahun 2001 sampai dengan 2009 ditugaskan sebagai Kepala PAU-UT selama dua periode. Pada tahun 2009 kembali aktif bertugas sebagai dosen di FMIPA dan pada tahun 2013 s.d. 2017 mendapat tugas sebagai PD 1 FMIPA-UT. Mata kuliah yang menjadi ampunan adalah Nutrisi Makanan Ternak, Budidaya Ternak Perah, Pengolahan Hasil Ternak, Manajemen Pelatihan dan Psikologi Belajar Mengajar. Bidang kajian yang diminati meliputi pengembangan kurikulum; proses pembelajaran jarak jauh; teori belajar; pengembangan perangkat pembelajaran jarak jauh; gaya belajar mahasiswa; dan hal-hal lain yang terkait dengan pendidikan jarak jauh.



Drs. Budi Prasetyo, MSi., lahir di Madiun 28 Desember 1959. Pendidikan Strata 1 Biologi diperoleh dari Fakultas Biologi UGM pada tahun 1987; gelar Master Sains di bidang Biologi diperoleh dari Institut Pertanian Bogor (IPB) pada tahun 2006 dan saat ini sedang menempuh program Doktor

bidang Biologi di IPB. Mata kuliah yang menjadi ampunan penulis untuk pembelajaran mahasiswa Program S1 Biologi FMIPA Universitas Terbuka terdiri atas Ekologi Hutan Tropis, Ekologi Tumbuhan, Ekologi Gulma, Dasar-dasar Konservasi, Taksonomi Tumbuhan Tinggi, dan Taksonomi Tumbuhan Rendah. Beberapa publikasi ilmiah telah penulis hasilkan baik berupa artikel jurnal, artikel seminar, maupun artikel dalam buku. Aktif dalam mengikuti seminar-seminar di bidang Biologi serta terlibat sebagai anggota pada organisasi profesi seperti PBI (Perhimpunan Biologi Indonesia), PTTI (Penggalang Taksonomi Tumbuhan Indonesia), dan Michoina. Penulis saat ini berprofesi sebagai dosen di Program Studi Biologi FMIPA UT dan berikut alamat email korespondensi: budi-p@ecampus.ut.ac.id



Dr. Ir. Nurmala Pangaribuan, M.S., lahir di Medan 26 April 1962. Pendidikan Sarjana Strata 1 Agronomi diperoleh dari Universitas Sumatera Utara (USU) pada tahun 1980; Gelar Master Sains di bidang Budidaya Pertanian diperoleh dari Institut Pertanian Bogor (IPB), pada tahun 1991 dengan beasiswa TMPD; dan pendidikan

terakhir meraih gelar Doktor di bidang Agroteknologi diperoleh dari Universitas Padjadjaran Bandung (UNPAD), pada tahun 2015 dengan Beasiswa BPPS. Mata kuliah yang menjadi ampunan adalah Budidaya Tanaman Perkebunan Utama, Konservasi Sumber Daya Pertanian, Pemanfaatan Limbah Pertanian, untuk Program Sarjana S1,

Universitas Terbuka. Publikasi yang telah dilakukan berupa artikel jurnal yang telah diterbitkan baik di tingkat nasional maupun internasional. Menulis modul Pengantar Ilmu Pertanian (PIP), untuk mahasiswa S1 Agribisnis Universitas Terbuka. Bidang penelitian yang ditekuni adalah budidaya tanaman, kesuburan tanah, dan nutrisi tanaman. Penulis dapat dihubungi pada email nurmala@ecampus.ut.ac.id.



Dr. Ernik Yuliana, S.Pi, MT. dilahirkan di Lumajang (Jawa Timur) sebagai anak pertama dari dua bersaudara pada 15 Juli 1972. Gelar Sarjana Perikanan diperoleh dari Program Studi Pengolahan Hasil Perikanan, Fakultas Perikanan, Institut Pertanian Bogor (IPB) pada 1995. Gelar Magister Teknik diperoleh dari Jurusan Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Bandung (ITB) pada 1999 dengan Beasiswa *University Research for Graduate Education (URGE)* dari Bank Dunia. Pendidikan doktor

ditempuh di Program Studi Ilmu Pengelolaan Sumber Daya Pesisir dan Lautan IPB pada 2013-2016 dengan Beasiswa Pendidikan Pascasarjana Dalam Negeri (BPPDN) Kemenristekdikti. Memperoleh kesempatan mengikuti *short course Ecosystem Approach to Fisheries* di Wageningen, Belanda dibiayai oleh *Centre for Development Innovation Wageningen University*, 20 September – 9 Oktober 2015. Mengajar di Program Studi Agribisnis Fakultas MIPA dan Program Magister Manajemen Perikanan Universitas Terbuka (UT), dan mendapat tugas tambahan sebagai Staf Ahli Pembantu Rektor I UT Bidang Pengembangan Layanan Akademik, Inovasi, dan Akreditasi sejak 1 Februari 2017. Mata kuliah ampuan adalah Konservasi Sumber Daya Perairan, Keteknikan Budidaya Ikan, Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Laut, Legalitas Hukum Kelautan dan Perikanan. Mendapat penghargaan sebagai Pegawai Berkinerja Terbaik I Tahun 2009 FMIPA UT dan Dosen Berprestasi Terbaik III Tahun 2009 UT. Diseminasi hasil penelitian yang telah dilakukan adalah menjadi penyaji makalah di *The 7th World Fisheries Congress* Busan, Korea Selatan pada 23-27 Mei

2016 dibiayai oleh Direktorat Pengelolaan Kekayaan Intelektual; Kemristekdikti dan juga menjadi pemakalah di *The Japanese Society for Fisheries Science (JSFS) International Symposium* di Tokyo, Jepang pada 22-24 September 2017 dibiayai oleh UT. Publikasi artikel di jurnal internasional tahun 2016 adalah di *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation (AACL) Bioflux* 9 (3): 483-497. Publikasi artikel di jurnal nasional terakreditasi tahun 2016 adalah di *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia* 22 (1): 1-17, dan tahun 2017 di *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis* 9 (1): 29-43.



Dr. Ir. Rinda Noviyanti, M.Si., lahir di Jakarta pada tanggal 3 November 1966 sebagai putri ke-4 dari 6 bersaudara. Pendidikan sarjana Strata 1 Perikanan diperoleh dari Institut Pertanian Bogor (IPB) pada tahun 1991; Gelar Master of Science di bidang Teknologi Kelautan diperoleh dari Institut Pertanian Bogor (IPB), pada tahun 2006 dengan beasiswa BPPS; dan pendidikan terakhir meraih gelar Doktor di bidang Sistem dan Pemodelan Perikanan Tangkap diperoleh

dari Institut Pertanian Bogor (IPB), pada tahun 2016 dengan Beasiswa dari Universitas Terbuka (UT). Mendapat penghargaan sebagai dosen berprestasi pertama pada tahun 2010. Mata pengajaran yang menjadi ampuan adalah Sistem Budidaya Ikan, Inovasi Teknologi Perikanan, dan konservasi Sumber Daya Perairan pada Program Studi Agribisnis untuk Program Sarjana S1, Universitas Terbuka. Untuk Program Studi S2 Manajemen Perikanan, mata kuliah ampuannya adalah Metode Penangkapan Ikan, Manajemen Sumber Daya Perikanan, dan Sistem Budidaya Ikan. Publikasi yang telah dilakukan berupa artikel jurnal yang telah diterbitkan baik di tingkat nasional maupun internasional, demikian juga makalah yang dipresentasikan baik pada tingkat nasional maupun internasional. Bidang penelitian yang ditekuni adalah Manajemen Perikanan Tangkap dan Sosial Ekonomi Perikanan. Dr. Rinda terlibat sebagai anggota dari Forum Komunikasi Kemitraan

Perikanan Tangkap (FK2PT). Penulis dapat dihubungi pada alamat email rinda@ecampus.ut.ac.id.



Sri Enny Triwidiastuti, Ir., M.T., lahir di Surabaya, 11 Juli 1958, menyelesaikan S1 Hidrologi, Teknik Sipil, di Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi 10 November Surabaya, pada tahun 1982. Pendidikan S2 Teknik Industri ditempuh di Institut Teknologi Bandung, di Bandung pada tahun 1992-1994. Program doktoral bidang Teknik Industri pernah ditempuh di Institut

Teknologi Bandung dengan kajian Kapabilitas Proses menghasilkan temuan Indeks Kapabilitas Proses. Penulis pernah bekerja di PT Indrakarya Persero pada tahun 1982, di PT. Semen Gresik Persero, Litbang pada tahun 1982 - 1986 dan tahun 1989 sampai saat ini sebagai tenaga pengajar di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Terbuka (FMIPA UT). Mata kuliah yang diampu adalah Statistika Pengawasan Kualitas, Metode Statistika Non Parametrik, Metode Sampling, Demografi dan Metodologi Penelitian. Saat ini, penulis sedang mendapat tugas tambahan sebagai Ketua Jurusan Statistika FMIPA UT. Minat penelitian yang ditekuni adalah permodelan matematis, kapabilitas proses pada pengendalian kualitas baik barang maupun jasa. Berbagai seminar nasional dan internasional pernah diikuti, serta publikasi ilmiah telah pula dilakukan dalam skala nasional dan internasional, baik berupa prosiding maupun artikel jurnal. Penulis juga mengembangkan Buku Materi Pokok (BMP) untuk mata kuliah Metodologi Penelitian dan Metode Statistika Non Parametrik untuk mahasiswa S1 FMIPA-UT. Pelatihan profesional yang pernah diikuti antara lain Learning Analytics dalam Tutorial On Line (2016), Office Mix untuk Tutorial On Line (2015), Audit internal untuk ISO 9001 (2013). Penulis dapat dihubungi pada nomor 08161833357 dan email srienny@ecampus.ut.ac.id.



Dra. Dina Mustafa, M.Sc., lahir di Jakarta pada 11 Maret 1956, menempuh S1 di Jurusan Kimia FMIPA, Universitas Indonesia. Program magister di bidang *Instructional Design, Development and Evaluation* ditempuh di *School of Education – Syracuse University – Syracuse - New York*, dan memperoleh *Certificate of Advance Study* di bidang

yang sama di Florida State University. Penulis berperan sebagai pengajar Kimia di FMIPA, Pendidikan Kimia di PMIPA FKIP, dan pengajar Bahasa Inggris Mata Kuliah Dasar Umum di UT. Pernah menjadi Manajer Penelitian dan Pengembangan di Southeast Asia Minister Of Education Organization, Open learning Center (SEAMOLEC) untuk bidang Pengembangan Integrasi Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) pada Pembelajaran di Perguruan Tinggi (2005 – 2012). Hal ini yang mengembangkan minatnya pada pengembangan kurikulum dan pemanfaatan TIK pada sistem pendidikan jarak jauh umumnya, dan bidang Matematika dan Sains pada khususnya, serta bidang Kimia Lingkungan/Kimia Hijau. Penulis menjadi anggota *Association for Educational Communication and Technology* dan Ikatan Profesi Teknologi Pendidikan Indonesia (IPTPI) sejak 2012, dapat dihubungi pada email dinamustafa@ecampus.ut.ac.id.



Drs. Agus Susanto, M.Si., lahir di Pati 27 Juni 1957. Pendidikan Sarjana Strata 1 Geografi dengan kekhususan Hidrologi diperoleh dari Universitas Gadjahmada (UGM) pada tahun 1985; Gelar Master of Science di bidang Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan diperoleh dari Institut Pertanian Bogor (IPB) pada tahun 2011, kandidat Doktor di bidang Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan dari Institut Pertanian Bogor (IPB). Mata pengajaran yang menjadi ampuan adalah Pengelolaan sumberdaya air, Audit

Lingkungan, Ekonomi Lingkungan, Sistem Pelaporan Lingkungan, dan Studio Perencanaan Wilayah pada Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota (PWK) untuk Program Sarjana S1, Universitas Terbuka. Publikasi yang telah dilakukan berupa artikel jurnal yang telah diterbitkan baik di tingkat nasional maupun internasional. Menulis modul untuk mahasiswa S1 PWK Universitas Terbuka dengan judul: Pengelolaan Sumberdaya Air, Audit Lingkungan, dan Sistem Pelaporan Lingkungan. Terlibat aktif di Ikatan Geografi Universitas Gadjahmada (IGEGAMA),



Sri Utami, S.ST., M.Kes., lahir di Banyuwangi 02 Desember 1987. Pendidikan Diploma III Kebidanan dan Diploma IV Bidan Pendidik diperoleh dari Universitas Kadiri di Kediri pada tahun 2010. Gelar Magister Kesehatan diperoleh dari Universitas Udayana pada tahun 2015. Penulis pernah mendapatkan penghargaan sebagai mahasiswa kesehatan

terbaik pada tahun 2010. Pengalaman bekerja sebagai dosen didapatkan di Akademi Kebidanan Bina Husada Jember pada tahun 2010-2013 dan di Stikes Husada Jombang Program Khusus di Bondowoso pada tahun 2012-2013. Pada tahun 2014, penulis terpilih sebagai penerima beasiswa *Field Research Training Program* (FRT), kolaborasi The Kirby Institute, UNSW Australia dengan Universitas Udayana. Tulisan berjudul “Mortality among people living with HIV on antiretroviral treatment in Bali, Indonesia: Incidence and predictors” terpilih dalam presentasi oral di Australasian HIV & AIDS Conference 2015 di Brisbane Australia, dan terbit dalam *International Journal of STD & AIDS*. Presentasi oral tentang pembelajaran jarak jauh juga pernah diikuti di Asian Association of Open Universities Conference 2017. Penulis juga menjadi reviewer pada *Archieve of Community Health*, *Indonesian Jurnal of Public Health*, serta menjadi anggota dari Ikatan Bidan Indonesia (IBI). Saat ini penulis bertugas sebagai dosen di Prodi Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Terbuka, dengan mata kuliah yang diampu adalah Genetika, Fisiologi Hewan, Biologi Umum, dan Prinsip Teknik Pangan.

Bidang minat penelitian meliputi HIV/AIDS, gizi, dan genetika. Penulis dapat dihubungi pada email sri-utami@ecampus.ut.ac.id.



Dra. Sri Kurniati Handayani M.Si., lahir di Jakarta pada 3 April 1958. Pendidikan Strata 1 Biologi diperoleh dari Institut Teknologi Bandung pada tahun 1984. Pada tahun 2001 memperoleh gelar Master of Science dalam bidang Komunikasi Pembangunan Pertanian dan Pedesaan di Institut Pertanian Bogor. Sejak Desember 1985 bekerja sebagai staf akademik pada Program Studi Biologi FMIPA Universitas Terbuka (UT). Saat ini, selain mengampu mata kuliah di bidang Biologi Dasar juga mendapat tugas tambahan sebagai Pembantu Dekan II FMIPA-UT. Selain itu, pernah memimpin Pusat Produksi Bahan Ajar Non Cetak UT. Penulis dapat dihubungi pada alamat email skurniati@ecampus.ut.ac.id.



Mutimanda Dwisatyadini, S.Kep., Ns., M.Kep., lahir di Jakarta 16 Januari 1988. Pendidikan sarjana Strata 1 Keperawatan diperoleh dari Binawan Institut of Health Sciences pada tahun 2009. Profesi Ners diperoleh dari Binawan Institut of Health Sciences pada tahun 2010. Gelar Magister Keperawatan Peminatan Manajemen Keperawatan dari Universitas Indonesia, pada tahun 2014 dengan beasiswa unggulan. Sekarang penulis menjabat sebagai Staff Pendidik di Program Studi Biologi Universitas Terbuka. Riwayat penelaah penulisan modul keperawatan gerontik yang diterbitkan oleh Kementerian Kesehatan pada tahun 2016. Mata Kuliah yang menjadi ampunan Ilmu Alamiah Dasar, Hidrobiologi, Mikrobiologi pada Program Studi S1 Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Terbuka. Publikasi yang telah dilakukan berupa jurnal dan artikel untuk nasional dan internasional. Bidang penelitian yang ditekuni adalah kesehatan masyarakat, keperawatan, sistem informasi keperawatan. Terlibat sebagai anggota Persatuan Perawat Nasional Indonesia dan anggota

Himpunan Perawat Manajer Indonesia. Penulis dapat dihubungi pada email mutimanda@ecampus.ut.ac.id



Diki, SSi, MEd, PhD, lahir di Tasikmalaya, 15 April 1969. Pendidikan S1 diselesaikan pada tahun 1988 di Jurusan Biologi FMIPA Universitas Padjadjaran, Bandung. Pendidikan S2 ditempuh di Faculty of Education and Social Work, University of Sydney, Australia pada tahun 2007, dengan beasiswa dari Ausaid. Pendidikan S3 di

School of Educational Studies, Claremont Graduate University, Amerika Serikat, pada tahun 2015. Pendidikan S3 ini dibiayai dengan beasiswa dari World Bank dalam program Japan Indonesia Presidential Scholarship. Saat ini bertugas sebagai dosen di Program Studi Biologi, FMIPA Universitas Terbuka di Tangerang Selatan. Saat ini menulis modul untuk matakuliah Hortikultura. Alamat email adalah diki.nian@gmail.com.



Soraya Habibi, S.Si., M.Si., lahir di Mojokerto, 09 Mei 1978. Pendidikan S1 Biologi diselesaikan di Universitas Negeri Surabaya dan Pendidikan S2 Biologi Reproduksi di Universitas Brawijaya. Saat ini bertugas sebagai Koordinator Registrasi dan Pengujian di UPBJJ-UT Malang. Mata kuliah ampunan meliputi Pencemaran Lingkungan dan Struktur Hewan. Penulis dapat dihubungi pada

alamat email soraya@ecampus.ut.ac.id .



Ariyanti Hartari, S.T.P., M.Si., lahir di Malang, 23 Desember 1978, menyelesaikan S1 Teknologi Hasil Pertanian di Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya Malang pada tahun 2001. Pendidikan S2 Ilmu Pangan ditempuh di IPB tahun 2002-2005. Sekarang, penulis menjabat sebagai Ketua Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Terbuka. Mata kuliah yang menjadi

ampunan adalah Pengantar Teknologi Pangan, Teknologi Pengolahan Pangan, Satuan Operasi Industri Pangan, Ekonomi Teknik, Ekonomi Pangan, Penanganan dan Pengolahan Hasil Peternakan pada Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan untuk Program Sarjana S1, Universitas Terbuka. Materi bahan ajar yang pernah dikembangkan antara lain Buku Materi Pokok Praktikum Prinsip Teknik Pangan dan Penanganan dan Pengolahan Hasil Ternak (ed 2). Penulis dapat dihubungi pada nomor 081314674839 dan email ariyanti@ecampus.ut.ac.id.



Drs. Pramono Sidi, M.Si., lahir di Solo, 17 Juni 1953. Pendidikan sarjana Strata 1 Matematika diperoleh di Jurusan Matematika Fakultas Ilmu Pasti dan Ilmu Alam, Universitas Indonesia (FIPA-UI sekarang FMIPA-UI) pada tahun 1984. Gelar Magister di bidang Aktuaria

diperoleh dari Departemen Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Bandung (FMIPA-ITB) pada tahun 2001. Bekerja sebagai dosen di Program Studi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Terbuka (FMIPA-UT), dari tahun 1986 hingga sekarang. Pernah menjabat Ketua Jurusan Matematika (1993-1995), Pembantu Dekan I FMIPA UT (1995-1998). Saat ini mata kuliah yang menjadi ampunan utama adalah Matematika Finansial dan Matematika Aktuaria. Penulis mengembangkan Buku Materi Pokok untuk mahasiswa Program Studi Matematika dengan judul *Matematika Finansial* bersama Drs. Ribut

Alam Malau, M.Si, dosen statistika pada Program Studi Statistika FMIPA-UT, diterbitkan oleh Penerbit Universitas Terbuka tahun 2005, serta buku referensi untuk mahasiswa Pascasarjana Program Pendidikan Matematika Universitas Terbuka dengan judul *Permulaan Matematika dalam Peradaban Bangsa-Bangsa: Kontribusi Budaya Jawa dalam Matematika* bersama dengan Agung Prabowo, S.Si, M.Si, dosen Matematika pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jenderal Soedirman (FMIPA-UNSOED), diterbitkan oleh Penerbit Universitas Jenderal Soedirman pada tahun 2014. Saat ini penulis aktif di organisasi profesi Indonesian Mathematics Society (Indo MS) sebagai anggota dan di Indonesian Operation Research Association (IORA) sebagai *scientific committee*. Penulis dapat dihubungi pada email pram@ecampus.ut.ac.id.



Vita Elysia, S.T., M.Sc., lahir di Magelang 29 Mei 1986. Pendidikan sarjana diperoleh dari Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota (PWK), Universitas Gadjah Mada (UGM) Yogyakarta pada tahun 2008. Gelar Master of Science (M.Sc) diperoleh dari Institute for Housing and Urban Development Studies, Erasmus University Rotterdam (EUR) Belanda

di bidang Manajemen Perkotaan pada Tahun 2010. Mengawali karir akademiknya sebagai peneliti pada Pusat Studi Perencanaan dan Pembangunan Regional (PSPPR) Universitas Gadjah Mada, kemudian pernah menjadi dosen pada Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota, Universitas Esa Unggul dan Universitas Trisakti. Saat ini menjadi dosen pada Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota, Universitas Terbuka (UT). Mata kuliah yang diampu adalah Perencanaan Wilayah, Hukum dan Administrasi Perencanaan, Pembiayaan Pembangunan, dan Konservasi Sumberdaya Alam dan Lingkungan. Menulis Buku Materi Pokok (BMP) untuk mahasiswa S1 PWK UT dengan judul: Analisis Lokasi dan Pola Keruangan, Perencanaan Tapak, dan Pembangunan yang Bertumpu pada Komunitas.



Dr. Ake Wihadanto, S.E., M.T. lahir di Jakarta 12 Maret 1974, memperoleh gelar S1 (Sarjana Ekonomi/S.E.) dari Jurusan Ilmu Ekonomi dan Studi Pembangunan (IESP) Universitas Pasundan (1998) dengan mengambil peminatan bidang Ekonomi Industri. Kemudian gelar S2 (Magister Teknik) diperoleh dari Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota dengan

bidang peminatan Perencanaan Pengembangan Wilayah Perdesaan di Sekolah Arsitektur, Perencanaan dan Pengembangan Kebijakan (SAPPK), Institut Teknologi Bandung ITB (2005). Sejak tahun 2017 menyelesaikan studi S3 (Doktor) di Program Studi Perencanaan Wilayah dan Pedesaan – Fakultas Ekonomi Manajemen IPB dengan bidang kajian penataan kawasan kumuh (*slum area*) dan penyesuaian ulang lahan (*land readjustment*). Bekerja sebagai dosen PNS di Fakultas Ekonomi Universitas Terbuka sejak tahun 2005 dengan mata kuliah ampunan adalah ekonomi makro-mikro, ekonomi regional, ekonomi perkotaan, metode penelitian dan perencanaan pembangunan. Selain itu penulis juga menjadi dosen untuk mata kuliah pengembangan lahan, studio perencanaan wilayah dan kota, pembiayaan pembangunan dan perumahan dan permukiman. Penulis pernah menjadi Ketua Jurusan Ekonomi Pembangunan, Fakultas Ekonomi UT pada tahun 2008-2010. Selain menjadi tutor dan dosen, penulis juga aktif melakukan penelitian baik di lingkungan Universitas Terbuka maupun sebagai konsultan perencanaan (penataan ruang). Bidang minat yang ditekuni adalah pengembangan wilayah perdesaan, perencanaan kota, migrasi & *remittances*, ekonomi regional dan industri, penataan ulang lahan (*land readjustment*) dan pembelajaran *e-learning*.



Drs. Sumartono, M.Si., lahir di Kulon Progo, 3 Maret 1958. Pendidikan sarjana Strata 1 Geografi Kependudukan dan Demografi diperoleh dari Universitas Gadjah Mada (UGM) pada tahun 1983. Gelar Magister Sains di bidang Sosiologi

Perdesaan diperoleh dari Institut Pertanian Bogor (IPB) pada tahun 2012. Sejak tahun 1989 ditugaskan oleh pimpinan Universitas Terbuka (UT) sebagai staf dosen FMIPA yang diperbantukan di Pusat Pengujian UT. Tahun 1996/1997 oleh pimpinan UT diberikan tugas tambahan sebagai pengelola lembaga pendidikan (YPIL) yang membawahi jenjang pendidikan dari tingkat TK, SD, SMP dan SMA. Sejak tahun 2012 sebagai staf dosen pada Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota (PWK) Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Terbuka. Mata pelajaran yang menjadi ampunan antara lain mata kuliah Kependudukan, Dasar-dasar Geografi, Analisis Lokasi dan Penataan Ruang, Perencanaan Transportasi dan Ekonomi Wilayah dan Kota. Publikasi artikel pada jurnal tingkat nasional seperti pada Jurnal Matematika Sains dan Teknologi (UT) dan Jurnal Sosial Budaya, Jurnal Predestinasi yang diterbitkan oleh Universitas Negeri Makasar. Bidang penelitian yang ditekuni adalah bidang kependudukan terutama untuk tema yang terkait dengan migrasi penduduk. Salah satu hasil penelitiannya berjudul "*Proses Pengambilan Keputusan dan Adaptasi Migran Sirkuler di Kecamatan Pamulang Kota Tangerang Selatan*". Penulis dapat dihubungi pada email sumartono@ecampus.ut.ac.id.



UNIVERSITAS TERBUKA

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI

Penerbit Universitas Terbuka

Jalan Cabe Raya, Pondok Cabe, Pamulang,
Tangerang Selatan - 15418, Banten - Indonesia

Telp. 021-7490941, Faks. 021-7490147

Website. www.ut.ac.id