

Peran Matematika, Sains, dan Teknologi dalam Mencapai Tujuan Pembangunan Berkelanjutan /SDGs



EDITOR:

Lina Warlina
Sri Harijati

Diarsi Eka Yani

Sri Utami

Sitta Alief Farihati



UNIVERSITAS TERBUKA

**Peran Matematika, Sains,
dan Teknologi dalam Mencapai
Tujuan Pembangunan Berkelanjutan
/SDGs**

EDITOR:

**Lina Warlina
Sri Harijati
Diarsi Eka Yani
Sri Utami
Sitta Alief Farihati**

Peran Matematika, Sains, dan Teknologi dalam Mencapai Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs)

Penulis:

Tim Penulis Buku Semnas FMIPA 2018

ISBN: 978-602-392-327-4 e-ISBN:978-602-392-328-1

Editor:

Dr. Lina Warlina, M.Ed., Dr. Sri Harijati, M.A., Ir. Diarsi Eka Yani, M.Si.,
Sri Utami, S.ST., M.Kes., Sitta Alief Farihati, S.Si., M.Si.

Penelaah:

Dr. Sri Harijati, M.A., Drh. Ida Malati Sadjati, M.Ed., Dr. Sri Listyarini, M.Ed., Dr. Hurip Pratomo, M.Si., Ir. Ila Fadila, M.Kes., Dr. Nurul Huda, M.A., Dr. Lina Warlina, M.Ed., Dra. Inggit Winarni, M.Si., Dr. Yuni Tri Hewindati., Heny Kurniawati, S.ST., M.Kes., Dr. Harmi Sugarti, M.Si., Deddy Ahmad Suhardi, S.Si., M.M., Ir. Basuki Hardjojo, M.K.K.K., Sri Utami, S.ST., M.Kes., Sitta Alief Farihati, S.Si., M.Si., Dr. Atun Ismarwati, M.Si., Ir. Ludivica Endang Setjorini, M.Si., Dra. Sri Kurniati Handayani, M.Si., Dra. Subekti Nurmawati, M.Si., Dr. Ernik Yuliana, S.Pi., M.T., Dr. Ir. Nurhasanah, M.Si., Ir. Diarsi Eka Yani, M.Si., Dra. Asmara Iriani Tarigan, M.Si., Dra. Dwi Astuti Aprijani, M.Kom.

Perancang Cover dan Ilustrasi : Dra. Suparmi

Penata Letak : Nono Suwarno

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, September 2018

©2018 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)

Nama : Universitas Terbuka

Judul : Peran Matematika, Sains, dan Teknologi dalam Mencapai Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) (BNBB) / editor, Lina Warlina [et al.].

Edisi : 1 | Cetakan : 1

Deskripsi : Tangerang Selatan : Universitas Terbuka, 2018. | 393 halaman ; 21 cm
(termasuk daftar referensi)

ISBN: 978-602-392-327-4 e-ISBN:978-602-392-328-1

Subyek : 1. Pembangunan berkelanjutan, kesejahteraan masyarakat

2. SDGs = Sustainable Development Goals

Nomor klasifikasi : 307.1 [23]

201800029

PENGANTAR DEKAN FMIPA

Tradisi akademik FMIPA UT melalui penyelenggaraan Seminar Nasional (Semnas), semakin bermakna saat dibarengi dengan peluncuran Buku Semnas yang berisi karya ilmiah dosen FMIPA UT. Kali ini, untuk ketiga kalinya Buku Semnas diluncurkan pada saat pembukaan Semnas. Peluncuran Buku Semnas juga menjadi “hadiah wajib” dalam rangka Dies Natalis UT, yang pada tahun 2018 ini UT berusia 34 tahun dengan mengangkat tema **UT Merajut Nusa Membangun Bangsa**. Selama 34 tahun UT telah berupaya merajut nusa melalui penyediaan pendidikan tinggi dengan sistem pendidikan terbuka dan jarak jauh (PTJJ) bagi semua warga negara di seluruh pelosok tanah air, dengan satu tujuan meningkatkan kualitas SDM yang akan mampu membangun bangsa. Sejalan dengan misi UT dan tema Dies UT tersebut, Buku Semnas FMIPA 2018 ini disusun dengan tema **Peran Matematika, Sains, dan Teknologi dalam Mencapai Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (*Sustainable Development Goals/SDGs*)**.

Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (*Sustainable Development Goals/SDGs*) merupakan rangkaian agenda pembangunan berkelanjutan mulai tahun 2015 sampai 2030. SDGs terdiri atas 17 tujuan yang disepakati pada September 2015 oleh negara-negara anggota PBB, akan memandu pencapaian tujuan global yakni pembangunan berkelanjutan hingga tahun 2030. SDGs sesungguhnya disusun berdasarkan capaian Tujuan Pembangunan Milenium (MDGs), yang telah dikerjakan dari tahun 2000 sampai 2015. Sebanyak 17 Tujuan Pembangunan Berkelanjutan tersebut saling terintegrasi dan tidak dapat dipisahkan. Sifat saling terkait dan terintegrasi ini untuk menyeimbangkan tiga dimensi pembangunan berkelanjutan, yaitu ekonomi, sosial, dan lingkungan. Dalam jangka panjang, tercapainya SDGs akan mewujudkan kehidupan manusia dan keberlangsungan dunia yang lebih baik.

Sebagai salah satu anggota PBB, Pemerintah Indonesia telah menunjukkan dukungan dan komitmen yang kuat terhadap tercapainya SDGs; antara lain: sebagian besar target dan indikator SDGs telah dituangkan ke dalam rencana pembangunan jangka menengah nasional (RPJMN), dan Peraturan

Presiden No. 59 Tahun 2017 tentang Pelaksanaan Pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan juga telah direalisasikan. Dengan demikian, selain ada acuan, pelaksanaan agenda pembangunan nasional juga menjadi lebih fokus. Adanya komitmen pemerintah tersebut, diikuti dengan menggerakkan sumber-sumber daya nasional, salah satunya keberadaan Universitas Terbuka dengan Sistem PTJJ dan secara khusus peran FMIPA UT yang fokus pada peningkatan kualifikasi dan kompetensi SDM Indonesia di bidang ke-MIPA-an.

FMIPA UT saat ini menyelenggarakan 7 (tujuh) program studi, yaitu Matematika, Statistika, Biologi, Agribisnis, Teknologi Pangan, Perencanaan Wilayah dan Kota, serta Program Studi Sistem Informasi. Kontribusi FMIPA UT dalam mendukung terwujudnya SDGs tergambar dalam Buku Semnas FMIPA 2018 yang berisi sejumlah karya ilmiah dosen FMIPA UT di bidangnya. Karya ini terangkai sejalan dengan 17 tujuan SDGs; namun, sesuai bidang ilmu dosen FMIPA UT, berfokus pada 9 (sembilan) tujuan SDGs berdasarkan hasil penelitian, pemikiran gagasan, analisis/pandangan terhadap kondisi saat ini, ataupun berbagi informasi/pengetahuan. Sesuai tujuan SDGs, tulisan diawali dengan kajian terhadap masalah kemiskinan khususnya di daerah transmigrasi, dilanjutkan dengan upaya mengakhiri kelaparan dengan penyediaan pangan, perbaikan kesehatan, penyediaan perangkat pengukuran pendidikan bermutu, penjaminan akses air bersih dan pengelolaan air, karya inovatif untuk pemanfaatan data, permukiman dan keberlanjutan kota, serta upaya-upaya dalam menjaga ekosistem laut dan daratan.

Buku Semnas FMIPA 2018 ini merupakan wujud kerja nyata, kerja bersama dan komitmen berbagai pihak. Kontributor Buku Semnas 2018 yang berisi 15 judul karya ilmiah ini meliputi 17 penulis, 24 penelaah, lima editor, serta seorang *layouter* & seorang *illustrator* dari P2M2 UT, dan sejumlah pihak yang telah terlibat sejak awal pengembangan hingga terbitnya buku ini. Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya dan penghargaan yang setinggi-tingginya atas kontribusinya melalui karya nyata, kerjasama, dukungan, serta doanya. Kerja keras dan semangat tak kenal lelah telah membuahkan karya ilmiah ini. Proses pengembangan buku ini tentu memberikan

pengalaman berharga setiap individu yang terlibat, dan peluncuran buku ini akan menjadi pengisi sejarah perjalanan akademik FMIPA UT.

Terima kasih yang sebesar-besarnya kami sampaikan kepada Rektor UT, Para Wakil Rektor, dan Pimpinan Unit di UT yang telah memberikan arahan dan dukungan dalam berbagai aspek, sehingga buku ini dapat tersusun serta dapat diterbitkan sesuai rencana. Kepada semua unsur pimpinan FMIPA UT, serta seluruh dosen dan tenaga kependidikan di FMIPA UT, terima kasih atas perhatian dan kerjasamanya dalam bahu membahu mewujudkan buku ini.

Harapan kami, semoga buku karya dosen FMIPA UT ini memberi manfaat dan menginspirasi para pembaca. Mari kita tunjukkan kontribusi dan kerja nyata kita, sekecil apapun sesuai bidang kita, untuk pencapaian tujuan pembangunan berkelanjutan/SDGs di Indonesia. Kami sadar bahwa kontribusi ide dalam buku ini tidak seberapa jika dibandingkan dengan luasnya dimensi capaian 17 tujuan pembangunan berkelanjutan/SDGs; buku ini baru sebatas gagasan, analisis literatur atau pustaka, yang masih perlu uji di lapang. Dengan senang hati kami menerima kritik, masukan, dan perbaikan untuk penyempurnaan, bukan hanya untuk isi tulisan ini tetapi juga penerapan dari sejumlah gagasan dalam buku ini.

Terima kasih atas perhatiannya.

Tangerang Selatan, 04 Oktober 2018
Dekan FMIPA UT



Dr. Agus Santoso, M.Si.
196402171993031001

DAFTAR ISI

PENGANTAR DEKAN FMIPA	i
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi

MENGHAPUS KEMISKINAN

Strategi Pengembangan Usaha Tani Berkelanjutan bagi
Transmigran untuk Mewujudkan Kesejahteraan

Malta	1
--------------------	---

MENGAKHIRI KELAPARAN

Penerapan Kimia Hijau untuk Menjamin Keamanan Pangan

Dina Mustafa	25
---------------------------	----

Peran Pemerintah Menjawab Tantangan Bidang Peternakan dalam
Pemenuhan Protein Hewani

Sri Yuniati Putri Koes Hardini	51
---	----

Model Struktural Pengelolaan Tempat Penampungan dan Potong
Ayam Secara Berkelanjutan dalam Mendukung Ketahanan Pangan

Maya Dewi Dyah-Maharani & Dem Vi Sara	69
--	----

KESEHATAN YANG BAIK DAN KESEJAHTERAAN

Peranan Gen Hox dalam Perkembangan Jaringan Saraf Vertebrata

Diki	95
-------------------	----

HIV/AIDS dalam *Sustainable Development Goals* (SDGs): Insiden,
Permasalahan, dan Upaya Ketercapaian di Indonesia

Sri Utami	117
------------------------	-----

PENDIDIKAN BERMUTU

- Computerized Adaptive Testing: Efisiensi dan Akurasi Penyelenggaraan Tes*
Agus Santoso 139

AKSES AIR BERSIH DAN SANITASI

- Air dan Sanitasi: Dimana Posisi Indonesia?
Vita Elysia 157
- Pengelolaan Kota Ramah Air Melalui Pendekatan *Water Metabolism City* untuk Menunjang Pembangunan Kota Berkelanjutan
Agus Susanto 181

INFRASTRUKTUR, INDUSTRI, DAN INOVASI

- Pengambilan Keputusan *Incomplete N-Soft Sets* pada Data untuk Mengukur Indikator *Sustainable Development Goals*
Fatia Fatimah 209
- Inovasi Industri Asuransi dalam Pembangunan Infrastruktur untuk Menunjang Indeks Pembangunan Manusia di Indonesia
Pramono Sidi 229

KOTA DAN KOMUNITAS YANG BERKELANJUTAN

- Pengembangan Kawasan Permukiman dan Keberlanjutan Kota
Bambang Deliyanto & Sumartono 263

MENJAGA EKOSISTEM LAUT

- Potensi Mangrove sebagai Karbon Biru Indonesia bagi Pembangunan Berkelanjutan
Susi Sulistiana 281
- Pengelolaan Ekosistem Mangrove Berbasis Masyarakat secara Berkelanjutan: Studi Kasus Desa Blanakan, Subang, Jawa Barat
Yuni Tri Hewindati 305

MENJAGA EKOSISTEM DARAT

Pengelolaan Lahan Gambut Berkelanjutan dengan Budidaya Tanaman Pangan dan Sayuran

Nurmala Pangaribuan..... 329

RIWAYAT HIDUP PENULIS 351

DAFTAR TABEL

Strategi Pengembangan Usaha Tani Berkelanjutan bagi Transmigran untuk Mewujudkan Kesejahteraan Malta	
Tabel 1. Pengembangan Kegiatan Pemberdayaan	16
Penerapan Kimia Hijau untuk Menjamin Keamanan Pangan Dina Mustafa	
Tabel 1. Zat Kimia pada Makanan Akibat Kegiatan Manusia	35
Peran Pemerintah Menjawab Tantangan Bidang Peternakan dalam Pemenuhan Protein Hewani Sri Yuniati Putri Koes Hardini	
Tabel 1. Jumlah Sasaran dan Indikator dalam Setiap Tujuan SDGs	52
Tabel 2. Pelaksanaan Pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan untuk Bidang Peternakan	56
Model Struktural Pengelolaan Tempat Penampungan dan Potong Ayam Secara Berkelanjutan dalam Mendukung Ketahanan Pangan Maya Dewi Dyah-Maharani & Dem Vi Sara	
Tabel 1. Kriteria Utama dan Strategi Alternatif Hasil Olahan <i>Expert Choice</i> Berdasarkan <i>Combined Tiga Pakar</i> dengan Menggunakan Rata-Rata Agregasi	74
HIV/AIDS dalam <i>Sustainable Development Goals</i> (SDGs): Insiden, Permasalahan, dan Upaya Ketercapaian di Indonesia Sri Utami	
Tabel 1. Epidemio HIV di Indonesia Periode 2005-2016.....	119
Tabel 2. Estimasi Jumlah dan Prevalensi HIV pada Populasi Kunci di Indonesia Tahun 2016.....	121
Air dan Sanitasi: Dimana Posisi Indonesia? Vita Elysia	
Tabel 1. Indikator dan Capaian Target 7C MDGs	166

Pengelolaan Kota Ramah Air Melalui Pendekatan *Water Metabolism City* untuk Menunjang Pembangunan Kota Berkelanjutan

Agus Susanto

Tabel 1. Perbedaan Cara Memanen Aliran Materi Perkotaan 186

Pengambilan Keputusan *Incomplete N-Soft Sets* pada Data untuk Mengukur Indikator *Sustainable Development Goals*

Fatia Fatimah

Tabel 1. Tabular Soft Set Indikator SDGs 211

Tabel 2. Tabular Incomplete Soft Set Indikator SDGs 213

Tabel 3. Tabular *N-soft set* 215

Tabel 4. Tabular *6-soft set* Contoh 3 222

Tabel 5. (F^4, A) Contoh 3 222

Tabel 6. Perhitungan D_{ij} Contoh 3 222

Tabel 7. (F^4, A) Data Lengkap Contoh 3 223

Inovasi Industri Asuransi dalam Pembangunan Infrastruktur untuk Menunjang Indeks Pembangunan Manusia di Indonesia

Pramono Sidi

Tabel 1. Data Beberapa Desa Korban Banjir Tahun 2010 250

Tabel 2. Distribusi Lokasi Beberapa Zona Desa Kabupaten Bandung 251

Tabel 3. Kelompok Ekonomi Masyarakat 252

Tabel 4. Jumlah Premi Berbasis Zona dan Kelompok Komunitas Perumahan Serta Faktor *Loading* 253

Tabel 5. Jumlah Premi Berdasarkan Zona, Kelompok Komunitas, Termasuk Faktor *Loading* 254

Pengelolaan Lahan Gambut Berkelanjutan dengan Budidaya Tanaman Pangan dan Sayuran

Nurmala Pangaribuan

Tabel 1. Kriteria Pemanfaatan Gambut Berdasarkan Ketebalan Lapisan, Bahan di Bagian Bawah Gambut dan Hidrologi 331

DAFTAR GAMBAR

Strategi Pengembangan Usaha Tani Berkelanjutan bagi
Transmigran untuk Mewujudkan Kesejahteraan

Malta

- Gambar 1.** Skema Pengembangan Kegiatan Usaha Tani
Transmigran 8

Penerapan Kimia Hijau untuk Menjamin Keamanan Pangan

Dina Mustafa

- Gambar 1.** Potensi Cemaran dari Lahan Pertanian Sampai Siap
Dikonsumsi 33
- Gambar 2.** Profil Jenis Pangan Penyebab Kejadian Luar Biasa
Keracunan Pangan di Indonesia 2011-2013 34
- Gambar 3.** Zat Penyebab Kejadian Luar Biasa Keracunan Pangan di
Indonesia pada 2011 – 2013 34

Model Struktural Pengelolaan Tempat Penampungan dan Potong
Ayam Secara Berkelanjutan dalam Mendukung Ketahanan Pangan

Maya Dewi Dyah-Maharani & Dem Vi Sara

- Gambar 1.** Hubungan Daya Dorong dan Ketergantungan pada
Elemen Tujuan 75
- Gambar 2.** Hubungan Daya Dorong dan Ketergantungan pada
Elemen Perubahan yang Dimungkinkan 78
- Gambar 3.** Hubungan Daya Dorong dan Ketergantungan pada
Elemen Tolok Ukur 81
- Gambar 4.** Hubungan Daya Dorong dan Ketergantungan pada
Elemen Kendala Utama 84
- Gambar 5.** Hubungan Daya Dorong dan Ketergantungan pada
Elemen Lembaga yang Terlibat 87
- Gambar 6.** Model Struktural Program Ketahanan Pangan melalui
Kegiatan Lokalisasi Pembangunan dan Renovasi TPnA
Terpadu di Kawasan RPH-R 90

Peranan Gen Hox dalam Perkembangan Jaringan Saraf Vertebrata	
Diki	
Gambar 1. Lokasi Otak Belakang, Batang Saraf, dan Motor Neuron	97
Gambar 2. Struktur Sebuah Neuron	98
Gambar 3. Struktur gen Hox	99
Gambar 4. Pengaruh Gradien RA pada Pembentukan Jaringan Saraf	103
Gambar 5. Molekul Krox 20 sebagai Enhancer pada Ikan Zebrafish dan Tikus	107
Gambar 6. Peran kofactor Meis dan Pbx dalam Transkripsi Gen Hox	108
Gambar 7. Posisi miRNA di Gen Hox Paralog Gen Hox Ditunjukkan dengan Tulisan PG yang Disertai Angka	110
HIV/AIDS dalam <i>Sustainable Development Goals</i> (SDGs): Insiden, Permasalahan, dan Upaya Ketercapaian di Indonesia	
Sri Utami	
Gambar 1. a) Kematian karena AIDS, b) Kematian karena AIDS Berdasarkan Jenis Kelamin	125
<i>Computerized Adaptive Testing: Efisiensi dan Akurasi Penyelenggaraan Tes</i>	
Agus Santoso	
Gambar 1. Estimasi Kemampuan pada CAT	141
Gambar 2. Proses Adaptive Testing	142
Gambar 3. Kurva Karakteristik Butir Soal Model IRT-3P	145
Air dan Sanitasi: Dimana Posisi Indonesia?	
Vita Elysia	
Gambar 1. SDG 6: <i>Clean Water and Sanitation</i>	158
Gambar 2. Proporsi Rumah Tangga dengan Akses Berkelanjutan terhadap Sumber Air Minum Layak, Tahun 2011	168
Gambar 3. Proporsi Rumah Tangga dengan Akses Berkelanjutan terhadap Fasilitas Sanitasi Dasar Layak	169
Gambar 4. Sebaran Proporsi Kurangnya Akses terhadap Air yang Layak di Indonesia	170

Gambar 5. Sebaran Proporsi Kurangnya Akses terhadap Sanitasi yang Layak di Indonesia	170
---	-----

Pengelolaan Kota Ramah Air Melalui Pendekatan *Water Metabolism City* untuk Menunjang Pembangunan Kota Berkelanjutan

Agus Susanto

Gambar 1. Perbedaan Aliran Materi yang Direncanakan dan Tidak Direncanakan dalam Suatu Perkotaan	186
Gambar 2. Penyediaan Air Bersih dengan Paradigma Kepedulian Air dengan Pendekatan <i>Water Sensitive City (WSC)</i>	189
Gambar 3. Skema <i>Water Metabolism City (WMC)</i>	192
Gambar 4. Keterpaduan Pengelolaan Sumber Daya Air dengan RTRW	198
Gambar 5. Prinsip Kerja <i>Ecotech Garden</i>	202

Inovasi Industri Asuransi dalam Pembangunan Infrastruktur untuk Menunjang Indeks Pembangunan Manusia di Indonesia

Pramono Sidi

Gambar 1. Grand Design Indeks Pembangunan Manusia	231
Gambar 2. Kurva Banjir	245

Pengembangan Kawasan Permukiman dan Keberlanjutan Kota

Bambang Deliyanto & Sumartono

Gambar 1. Interaksi Tiga Pilar Pembangunan Berkelanjutan	273
Gambar 2. Pilar Lingkungan (Biosfer) Membatasi Pilar Ekonomi dan Sosial.....	273
Gambar 3. Elemen Pokok Pembangunan Berkelanjutan	274

Potensi Mangrove sebagai Karbon Biru Indonesia bagi Pembangunan Berkelanjutan

Susi Sulistiana

Gambar 1. Tanaman Mangrove Mengelilingi Kepulauan Tanakeke	293
Gambar 2. Penanaman Mangrove di Sepanjang Pesisir Lantebung, Makassar, Sulawesi Selatan	293

Gambar 3. Kawasan Cagar Alam Tanjung Panjang di Desa Patuhu, Kecamatan Randangan, Pohuwato, Gorontalo	294
Pengelolaan Ekosistem Mangrove Berbasis Masyarakat secara Berkelanjutan: Studi Kasus Desa Blanakan, Subang, Jawa Barat	
Yuni Tri Hewindati	
Gambar 1. Komposisi Sebaran Mangrove di Indonesia.....	306
Gambar 2. Peta Penggunaan Lahan Kecamatan Blanakan	310
Gambar 3. Kondisi Hutan Mangrove Blanakan melalui Foto Udara	311
Gambar 4. Pendidikan dan Pentahapan Keluarga Sejahtera Masyarakat Blanakan	317
Pengelolaan Lahan Gambut Berkelanjutan dengan Budidaya Tanaman Pangan dan Sayuran	
Nurmala Pangaribuan	
Gambar 1. Pintu Air untuk Menjaga Muka Air Tanah Tetap Stabil pada Kisaran yang Dikehendaki	333
Gambar 2. Sistem Surjan pada Lahan Gambut di Kalimantan Selatan	341
Gambar 3. Penataan Lahan dan Saluran Drainase	345



Strategi Pengembangan
Usaha Tani Berkelanjutan bagi Transmigran
untuk Mewujudkan Kesejahteraan
(Malta)

STRATEGI PENGEMBANGAN USAHA TANI BERKELANJUTAN BAGI TRANSMIGRAN UNTUK MEWUJUDKAN KESEJAHTERAAN

**Malta
(malta@ecampus.ut.ac.id)**

PENGANTAR

Sustainable Development Goals (SDGs) merupakan sebuah program pembangunan berkelanjutan dan agenda pembangunan dunia yang bertujuan untuk kesejahteraan manusia dan planet bumi. Sejalan dengan hal tersebut, program transmigrasi merupakan perpindahan penduduk yang bertujuan untuk mewujudkan kehidupan yang lebih baik (sejahtera) bagi transmigran dan masyarakat sekitar di kawasan transmigrasi.

Transmigrasi merupakan program lintas daerah untuk mengatasi persoalan yang dihadapi oleh daerah dalam kerangka pembangunan nasional. Perkembangan pembangunan transmigrasi selama ini telah memberikan kontribusi dalam pembangunan daerah, namun masih ada beberapa kelemahan atau kekurangan. Selama ini telah banyak upaya pemerintah untuk mengembangkan kawasan transmigrasi, namun kenyataannya banyak kawasan transmigrasi yang dibangun tidak dapat tumbuh dan berkembang menjadi pusat-pusat pertumbuhan sebagaimana diharapkan.

Seiring dengan era otonomi daerah, pelaksanaan program transmigrasi juga memasuki era baru dengan paradigma yang baru. Perjalanan pelaksanaan program transmigrasi meski dengan paradigma baru sekalipun, tidak luput dari munculnya berbagai permasalahan. Konsep model baru dalam pelaksanaan program transmigrasi, yang dijalankan mulai masa reformasi, belum serta merta menjawab persoalan-persoalan yang muncul di lapangan. Terdapat kecenderungan “realitas lapangan” yang berbeda dengan “cita-cita” yang ingin diwujudkan, yaitu kesejahteraan transmigran dan keluarganya, serta terbentuknya pusat-pusat pertumbuhan.

Meskipun terdapat lokasi-lokasi yang juga dapat dikategorikan telah berhasil; pelaksanaan transmigrasi memiliki banyak tantangan, hambatan, dan ketidakberhasilan yang telah dialami pada berbagai sektor di banyak lokasi permukiman transmigrasi. Menurut Anharudin, Dewi, & Anggraini (2003) dan Helmida (2004), sebagian besar permukiman transmigrasi yang dibangun, belum sepenuhnya mampu mencapai tingkat perkembangan yang optimal. Berdasarkan data Kementerian yang membidangi Transmigrasi (Anggraini, Widarjanto, Delam, & Diana, 2008; Najiyati, Susilo, Mujianto, 2010), menyebutkan bahwa setelah masa pendampingan selesai, hanya sekitar 30-40 persen lokasi permukiman transmigrasi yang dapat berkembang; selebihnya tidak mampu berkembang sesuai dengan yang diharapkan. Tarwaka (2008) dan Junaidi (2012) mengutarakan bahwa pada lokasi dan kawasan yang tidak mampu berkembang, menjadikan transmigran gagal memperbaiki standar kehidupan sehingga keluarga transmigran hidup di bawah garis kemiskinan, bahkan sebagian di antaranya berada di bawah garis subsisten (sangat miskin). Keadaan tersebut mengakibatkan banyak keluarga yang meninggalkan lokasi transmigrasi, dan kawasan tersebut menjadi desa tertinggal. Penyebab utama transmigran gagal memperbaiki standar kehidupan dan hidup di bawah garis kemiskinan adalah kegiatan usaha tani yang dijalankan tidak menghasilkan *output* yang optimal.

Beberapa hasil penelitian (Simanjuntak, 2009; Dewi, 2011; Widarjanto, 2012; Danarti, 2012) menemukan bahwa penyebab kegiatan usaha tani di sebagian besar kawasan transmigrasi kurang berkembang, karena rendahnya: kualitas sumber daya manusia, ketersediaan prasarana dan fisik, akses informasi pertanian, teknologi/inovasi pertanian, sarana produksi pertanian, dan modal usaha tani.

Pengembangan kegiatan usaha tani transmigran yang berkelanjutan sangat perlu diupayakan agar transmigran mampu meningkatkan pendapatan dan mencapai kesejahteraan. Untuk itu diperlukan suatu strategi pengembangan usaha tani transmigran agar kesejahteraan di kawasan transmigrasi dapat terwujud. Tujuan tulisan ini adalah merumuskan strategi

pengembangan usaha tani berkelanjutan bagi transmigran untuk mewujudkan kesejahteraan, berdasarkan kajian pustaka.

KONSEP USAHA TANI BERKELANJUTAN

Keberlanjutan berusaha tani sejalan dengan konsep pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*). Pembangunan berkelanjutan merupakan konsep pembangunan yang sudah diterapkan di berbagai negara di dunia. Konsep ini berusaha untuk memberikan solusi optimal dari berbagai kepentingan yang berbeda dalam pelaksanaan pembangunan. Konsep pembangunan berkelanjutan pertama kali diperkenalkan oleh *the World Commission on Environment and Development* (WCED) pada tahun 1987 dengan laporannya berjudul “*Our Common Future*” (Kay & Alder, 1999). Laporan tersebut mencantumkan definisi pembangunan berkelanjutan yaitu pembangunan yang dapat memenuhi kebutuhan saat ini tanpa membatasi peluang generasi mendatang untuk memenuhi kebutuhannya. Melalui pengertian ini, Beller (1990) mengemukakan prinsip “*justice of fairness*” yang bermakna manusia dari berbagai generasi yang berbeda mempunyai tugas dan tanggung jawab satu terhadap yang lainnya seperti layaknya berada di dalam satu generasi.

Pembangunan berkelanjutan berorientasi pada tiga pilar tujuan yaitu ekonomi, sosial, dan ekologi (Munasinghe, 1993). Pilar pertama adalah pembangunan ekonomi yang berorientasi pada pertumbuhan, stabilitas, dan efisiensi. Pilar kedua adalah pembangunan sosial yang bertujuan pengentasan kemiskinan, pengakuan jati diri, dan pemberdayaan masyarakat. Pilar ketiga adalah pembangunan lingkungan yang berorientasi pada perbaikan lingkungan seperti sanitasi lingkungan, industri yang lebih bersih dan rendah emisi, serta kelestarian sumber daya alam.

Pandangan pembangunan berkelanjutan yang dikemukakan oleh Moffatt dan Hanley (2001), menyatakan bahwa pembangunan berkelanjutan merupakan bagian penting yang harus mengintegrasikan komponen-komponen sumber daya, yaitu komponen ekonomi, komponen sosial budaya, dan komponen lingkungan secara serasi dan seimbang.

Pemanfaatan komponen-komponen sumber daya secara serasi dan seimbang dimaksudkan untuk optimalisasi pemanfaatan sumber daya pada saat sekarang tanpa mengurangi kesempatan dan pemenuhan kehidupan generasi pada saat mendatang.

Melalui Undang-Undang Nomor 29 Tahun 2009 tentang Ketransmigrasian telah dinyatakan dengan tegas tentang pentingnya pembangunan transmigrasi yang berkelanjutan. Dinyatakan bahwa untuk menjamin kelestarian fungsi lingkungan di kawasan transmigrasi, pengelolaan sumber daya perlu dilakukan secara arif dan penuh kesadaran dengan menjaga keserasian fungsi lingkungan setempat agar pengembangan usaha dapat berkelanjutan. Memerhatikan amanat UU tersebut, maka seyogyanya seluruh aspek kegiatan pembangunan transmigrasi harus berdasar pada pandangan pembangunan berkelanjutan.

Pada kawasan transmigrasi dengan pola usaha tani, maka konsep pembangunan transmigrasi berkelanjutan harus mengadopsi konsep pembangunan pertanian berkelanjutan. Kuhnien (1992) menyatakan bahwa dalam konsep *sustainability*, pembangunan pertanian harus dapat menjamin kebutuhan petani dan kelangsungan hidup keseluruhan masyarakat di dalam ekosistem yang bersangkutan sepanjang waktu.

Berkaitan dengan konsep *sustainability*, pembangunan pertanian berkelanjutan mempunyai ciri-ciri di antaranya sebagai berikut (Departemen Pertanian, 1992).

- (1) Memberikan kemungkinan kepada kelangsungan hidup dengan jalan melestarikan fungsi dan kemampuan ekosistem yang mendukungnya, baik secara langsung maupun tidak langsung.
- (2) Memanfaatkan sumber alam sebanyak alam atau teknologi pengelolaan mampu menghasilkan secara lestari; hal ini bermakna untuk tidak mengeksploitasi sumber daya alam secara berlebihan, sehingga tidak merusak keseimbangan ekosistem.
- (3) Menggunakan prosedur dan tata cara yang memerhatikan kelestarian fungsi dan kemampuan ekosistem untuk mendukung perikehidupan, baik di masa kini maupun di masa mendatang.

Nugroho (2002) mengemukakan bahwa sistem pertanian berkelanjutan memiliki ciri-ciri yaitu: (1) sistem usaha tani yang dilakukan pada lahan tersebut harmoni secara ekologi, yang artinya sistem produksi dilakukan dengan tidak menyebabkan kerusakan secara ekologi atau tidak merusak/mengganggu keseimbangan ekosistem, (2) produksi yang dihasilkan cukup tinggi dengan menggunakan teknologi tepat guna, (3) produksi yang dihasilkan memberikan pendapatan dan kesejahteraan secara ekonomi, (4) sistem produksi yang dilakukan dapat diterima dan dilakukan oleh petani dengan menggunakan sumber daya yang tersedia sesuai dengan perkembangan teknologi, (5) kerusakan akibat sistem produksi yang dilakukan dapat diminimumkan, dan kerusakan tersebut juga dapat diimbangi oleh proses pemulihan sumber daya lahan secara alami, sehingga tingkat produksi yang tinggi, pendapatan, dan kesejahteraan petani dapat dipertahankan serta ditingkatkan secara berkelanjutan. Berdasarkan uraian di atas, dapat dirumuskan bahwa keberlanjutan berusaha berfokus pada pandangan yaitu secara sosial-ekonomi menguntungkan dan secara ekologis layak diterima dan berkelanjutan.

Permukiman transmigrasi Aek Nabirong, Pasaman Barat – Sumatera Barat, dengan kegiatan usaha tani kelapa sawit merupakan satu di antara daerah yang dilaksanakannya program-program pemberdayaan untuk menerapkan kegiatan usaha tani berkelanjutan. Hasil dari program-program tersebut meliputi:terwujudnya kegiatan usaha tani transmigran yang berkembang dalam hal jumlah produksi dan nilai keuntungan yang didapatkan, sehingga tingkat kesejahteraan transmigran mengalami peningkatan. Di samping itu, penerapan usaha tani ramah lingkungan (seperti: penggunaan pupuk organik), telah memberi efek positif bagi kelangsungan kesuburan tanah. Kegiatan usaha tani ini, secara sosial-ekonomi menguntungkan dan secara ekologis layak diterima dan berkelanjutan.

KONSEP TRANSMIGRASI

Transmigrasi secara etimologis berasal dari bahasa Latin: *transmigratus*, yang setelah diadopsi oleh bahasa Inggris menjadi *transmigration* dari akar kata *migrate* yang berarti berpindah tempat (Ramadhan, Jabbar, & Ahmad,

1993). Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (Balai Pustaka, 2016), transmigrasi berarti perpindahan penduduk dari suatu daerah (pulau) yang berpenduduk padat ke daerah (pulau) lain yang berpenduduk jarang. Berdasarkan Undang-Undang Nomor 29 Tahun 2009 tentang Ketransmigrasian, transmigrasi adalah perpindahan penduduk secara sukarela untuk meningkatkan kesejahteraan dan menetap di kawasan transmigrasi yang diselenggarakan oleh pemerintah.

Konsep dasar pembangunan transmigrasi adalah suatu upaya mempertemukan sumber daya manusia (SDM) dan sumber daya alam melalui perpindahan penduduk dan pemanfaatan ruang. Konsep tersebut dirumuskan dalam kebijakan dan strategi yang relevan dengan situasi dan kondisi sepanjang penyelenggaraan transmigrasi (Anggraini et al., 2008).

Transmigrasi diibaratkan sebagai program serbaguna (*multi purpose program*). Transmigrasi diselenggarakan dengan tujuan, yaitu (1) meningkatkan kesejahteraan transmigran dan penduduk sekitar, (2) mengurangi kesenjangan pembangunan antardaerah, dan (3) memperkuat persatuan dan kesatuan bangsa. Adapun sasarannya adalah meningkatkan kemampuan dan produktivitas masyarakat transmigran, membangun kemandirian, dan mewujudkan integrasi di permukiman transmigrasi sehingga ekonomi dan sosial budaya mampu tumbuh dan berkembang secara berkelanjutan (UU Nomor 15 tahun 1997).

Penyelenggaraan transmigrasi mempunyai potensi untuk memberikan kontribusi dalam mengatasi sebagian masalah nasional diantaranya melanjutkan pembangunan daerah, meningkatkan produksi pangan, perluasan kesempatan kerja, dan peluang usaha bagi golongan ekonomi lemah serta pengentasan kemiskinan. Program transmigrasi diharapkan dapat memberdayakan potensi masyarakat di daerah-daerah, sehingga dapat meningkatkan pendapatan masyarakat dan mengurangi angka kemiskinan. Transmigrasi masih dipandang relevan sebagai suatu pendekatan pembangunan guna mencapai tujuan kesejahteraan, pemerataan pembangunan daerah, serta pembangunan yang berkelanjutan.

STRATEGI PENGEMBANGAN USAHA TANI TRANSMIGRAN YANG BERKELANJUTAN

Pengembangan usaha tani bagi transmigran merupakan kegiatan yang sangat penting dalam upaya peningkatan kesejahteraan. Pengembangan kegiatan usaha tani transmigran, dimulai dari proses pembelajaran yang ditujukan untuk mentransformasi perilaku transmigran tersebut agar berpengetahuan tinggi, bersikap positif dan terampil dalam menjalankan usaha taninya, yang selanjutnya menjadikan usahanya berkelanjutan. Berkelanjutan berarti usaha terus berkembang tanpa pengabaian terhadap kelestarian lingkungan hidup, dan dapat meningkatkan kesejahteraan keluarga dan masyarakat transmigran.

Konsep Input - Proses - Output

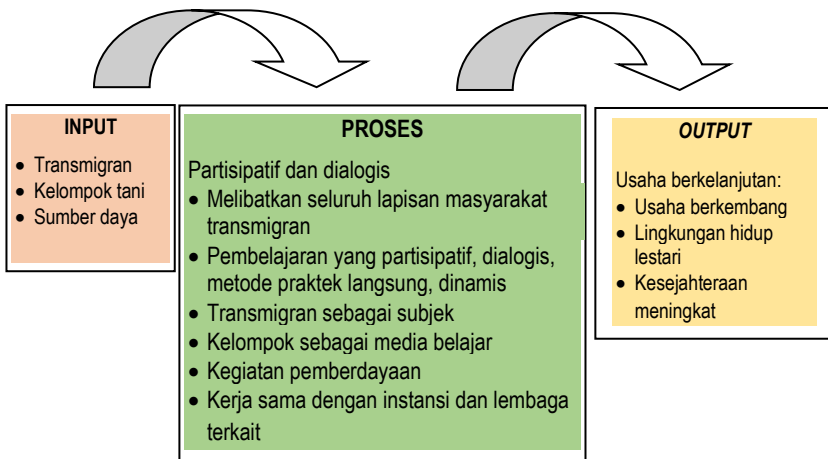
Pengembangan kegiatan usaha tani transmigran dari sudut pendekatan sistem dapat dilakukan dengan mengacu situasi yang ada dalam masyarakat transmigran. Selanjutnya, program dapat diterapkan dari input yang tersedia, seperti: transmigran, tokoh masyarakat, kelompok, lembaga penyuluhan/pemberdayaan, dan lembaga pendukung. Berdasarkan pada input yang ada, dilakukan suatu proses penyuluhan/pemberdayaan yang partisipatif; mengoptimalkan kelompok sebagai media belajar dan mengintensifkan kerja sama dengan pihak terkait, untuk menghasilkan *output* atau luaran sesuai dengan yang diharapkan. *Output* yang diharapkan atas rangkaian proses yang dilakukan adalah usaha yang berkelanjutan, yaitu usaha berkembang tanpa mengabaikan kondisi lingkungan hidup, dan kesejahteraan meningkat (Gambar 1). Berikut penjelasan masing-masing unsur sistem pengembangan kegiatan usaha tani transmigran yang berkelanjutan.

Input Transmigran

Transmigran pada umumnya berasal dari masyarakat “lapisan bawah” yang berpendidikan rendah dan kurang mampu secara ekonomi, dan harus memulai dan menjalani “kehidupan baru” di daerah yang sama sekali baru;

keadaan yang sangat berbeda dengan kondisi daerah asal, kondisi alam serta lingkungan sosial, ekonomi, dan budaya yang baru. Hal ini menjadikan transmigran kesulitan dalam menjalani kegiatan usaha tani secara optimal.

Diperlukan perhatian yang lebih tinggi dari semua pihak. Program-program pemberdayaan masyarakat transmigran perlu memerhatikan spesifik lokal, potensi, masalah, dan kebutuhan masyarakat transmigran, agar program yang dijalankan bermanfaat bagi semua lapisan masyarakat transmigran.



Sumber: diadopsi dari Model Donabedian (2003)

Gambar 1. Skema Pengembangan Kegiatan Usaha Tani Transmigran

Input Keberadaan Kelompok Tani

Faktor dari lingkungan sosial yang berperan penting dalam pengembangan kemampuan transmigran dalam berusaha tani adalah keberadaan kelompok. Kelompok tani merupakan suatu kelembagaan yang dapat menjadi wadah bagi para transmigran dalam membangun kekompakan dan kemajuan bersama. Kelompok tani dapat menjadi forum komunikasi yang efektif di tingkat petani. Kelompok menjadi forum belajar yang merupakan

proses pemberdayaan, yang akan berlanjut pada tumbuh dan berkembangnya kegiatan usaha tani transmigran.

Input Akses Sumber Daya

Sumber daya yang berperan penting dalam mengembangkan kegiatan usaha tani transmigran adalah akses input produksi, akses informasi, akses modal usaha, dan akses pasar. Dukungan atas akses input produksi, akses informasi, akses modal usaha, dan akses pasar menjadi faktor penting dalam mengembangkan usaha tani yang berkelanjutan. Input produksi yang bermutu dan kesuburan lahan menentukan produktivitas dan kualitas hasil. Kemudahan mendapatkan informasi yang sesuai dengan kebutuhan serta kemudahan mengakses modal usaha, memengaruhi langkah-langkah perencanaan dan pelaksanaan produksi transmigran ke arah yang lebih baik. Kemudahan akses pasar menjadikan posisi tawar transmigran meningkat.

Proses/Kegiatan Pemberdayaan

Proses/kegiatan pemberdayaan yang dilakukan berbasis pada paradigma pemberdayaan yang menekankan pada aspek partisipatif dari semua pihak yang terlibat dalam kegiatan pemberdayaan dan komunikasi yang dialogis. Komunikasi yang dialogis dan konvergen mengandung arti bahwa kedudukan antara transmigran dengan pendamping adalah sejajar. Sumber komunikasi tidak harus dari satu pihak, misalnya dari pendamping saja, tetapi kedua belah pihak berperan sebagai komunikator sekaligus sebagai komunikan. Pesan-pesan komunikasi yang disampaikan juga tidak bersifat dogmatis, tetapi dapat didiskusikan bersama.

Peran transmigran dalam kegiatan pemberdayaan yang partisipatif adalah sebagai subjek bukan obyek. Sebagai subyek, kegiatan pemberdayaan berorientasi pada diri transmigran, termasuk dalam hal ini tujuan ditetapkan sesuai dengan kebutuhan, masalah dan potensi transmigran, serta pelibatan transmigran dalam setiap tahap kegiatan mulai dari perencanaan hingga pelaksanaan dan evaluasi.

Peran pendamping bukan sebagai eksekutor atau yang menentukan keputusan yang dibuat. Pendamping berperan sebagai fasilitator yang membantu transmigran dalam mengambil keputusan yang terbaik bagi dirinya sendiri, misalnya dengan memfasilitasi informasi atau data, dan keperluan lain yang dibutuhkan untuk merencanakan usaha. Peran lain adalah sebagai dinamisator atau motivator transmigran, sehingga transmigran memiliki motivasi tinggi untuk belajar dan berkemauan tinggi untuk lebih maju. Peran pendamping sebagai mediator juga diperlukan dalam pengembangan SDM transmigran, yaitu sebagai penghubung antara transmigran dengan pihak luar untuk menjalin suatu kerja sama yang saling menguntungkan.

Proses pembelajaran yang diselenggarakan dalam kegiatan pemberdayaan yang partisipatif berorientasi pada partisipan (*participant learning center*). Penetapan tujuan, materi, dan metode kegiatan pemberdayaan didasarkan pada kebutuhan, masalah, dan potensi transmigran. Selain itu, keterlibatan transmigran sebagai partisipan sangat tinggi dalam kegiatan pembelajaran.

Terkait dengan orientasi belajar pada partisipan, sumber pengetahuan tidak harus dari pendamping. Pendamping bukan sebagai guru yang mentransfer pengetahuan ke partisipan sebagai murid. Pengetahuan dapat digali dari partisipan sebagai orang dewasa yang telah memiliki banyak pengalaman. Pengetahuan dan pengalaman masing-masing partisipan dapat saling dipertukarkan dan didiskusikan bersama.

Proses Belajar melalui Kelompok

Pengembangan SDM transmigran dalam berusaha tani melalui kelompok sangat penting. Kelompok dapat berperan sebagai media pembelajaran yang efektif bagi transmigran. Sesama anggota kelompok dapat saling berinteraksi dan berbagi pengetahuan dan pengalaman, serta saling membantu sesama transmigran dalam pemenuhan faktor-faktor produksi. Solidaritas anggota dalam kelompok yang tinggi dapat menjadikan kelompok sebagai media untuk meningkatkan posisi tawar, untuk menjembatani kerja sama dalam memperjuangkan berbagai kepentingan

untuk memastikan ketersediaan sarana usaha, akses modal usaha, akses informasi, dan dalam pemasaran hasil; serta mengembangkan kelompok sebagai unit produksi.

Proses Kerja Sama dengan Instansi dan Lembaga Terkait

Kegiatan usaha tani transmigran merupakan salah satu mata rantai dari berbagai mata rantai dalam sistem agribisnis. Agar sistem ini tetap berjalan diperlukan kerja sama dengan lembaga-lembaga yang terkait dalam sistem agribisnis, seperti: lembaga penyedia modal, input produksi, pemasaran, dan informasi. Pada dasarnya posisi antara transmigran dan lembaga-lembaga tersebut sejajar, sehingga jalinan kerja sama yang terbentuk perlu menekankan pada sifat yang saling menguntungkan.

Berdasarkan uraian di atas, dapat disimpulkan bahwa beberapa proses yang dapat dilakukan sebagai upaya pengembangan usaha tani transmigran yang berkelanjutan, adalah: (1) Penguatan kelompok sebagai wadah/media pembelajaran bagi transmigran dan media untuk menjembatani kerja sama dengan pihak terkait untuk akses sarana usaha, akses modal usaha, akses informasi, dan kemudahan pemasaran hasil panen. (2) Proses/kegiatan pemberdayaan, dengan tenaga pendamping/penyuluh yang berperan sebagai fasilitator, motivator, mediator, dan advokator. Kegiatan pemberdayaan yang partisipatif dan berorientasi pada transmigran sebagai subjek.

Output (Hasil)

Output yang diharapkan atas proses yang dilakukan (kegiatan pemberdayaan, kerja sama, dan kelompok sebagai media) adalah adanya keberlanjutan usaha, yang dicirikan dari berkembangnya usaha, tingginya daya dukung lingkungan hidup, dan meningkatnya kesejahteraan keluarga maupun masyarakat transmigran. Keberlanjutan pada aspek ekonomi ditandai oleh: kenaikan rata-rata jumlah produksi per tahun; dan kenaikan nilai keuntungan, yaitu selisih antara penerimaan dan biaya. Keberlanjutan ekologi ditandai oleh: kesuburan tanah dapat dipertahankan/diperbaiki dan

terkendalinya hama penyakit. Keberlanjutan sosial ditandai dari meningkatnya kesejahteraan transmigran, yang dicirikan oleh peningkatan pendapatan, pendidikan, kesehatan, dan kualitas fisik rumah.

Operasionalisasi Strategi

Tujuan pembangunan tersebut dirumuskan melalui strategi pengembangan usaha tani yang berkelanjutan dengan didasarkan pada potensi sumber daya alam, karakteristik sosial ekonomi transmigran, lingkungan sosial, dan kondisi usaha tani yang meliputi kelembagaan: pemberdayaan, inovasi, keuangan, input produksi, informasi, maupun pemasaran. Rumusan strategi, dirinci sebagai berikut.

1. Peningkatan Ketersediaan Sarana Usaha

Bibit menjadi input utama dalam kegiatan usaha tani transmigran. Pada kenyataannya transmigran sering mengalami kesulitan memperoleh input tersebut dengan tepat jumlah, tepat mutu, dan tepat harga. Sebagian besar transmigran mendapatkan bibit dengan membeli bibit alam yang bukan bibit unggul. Penggunaan bibit alam berpengaruh pada rendahnya produktivitas hasil panen, penurunan produktivitas hingga di bawah 50 persen; sehingga menjadikan usaha tani transmigran tidak efektif dan efisien.

Perlu dirintis kerja sama dengan lembaga-lembaga formal penghasil bibit unggul. Diperlukan peran dinas terkait (seperti: Dinas Transmigrasi) dan penguatan kelembagaan lokal di tingkat transmigran (seperti: kelompok tani) untuk mewujudkan kerja sama dengan lembaga penyedia bibit unggul, sehingga transmigran punya akses terhadap bibit unggul. Perlu terus diberikan sosialisasi dan penyadaran untuk memotivasi transmigran tentang kepentingan dan manfaat menggunakan bibit unggul dan pengaruhnya terhadap kuantitas, kualitas, serta kelangsungan produksi.

Selain bibit, pupuk dan obat-obatan merupakan unsur penting sebagai input produksi. Tidak semua lokasi transmigrasi tersedia kios sarana

usaha, transmigran kesulitan mendapatkan obat-obatan karena harus pergi ke kota untuk membeli ataupun tersedia di lokasi namun harganya tidak terjangkau. Hal ini berakibat, kebanyakan penyakit tanaman tidak diobati atau dibiarkan saja. Lokasi yang kelompok taninya tidak aktif, maka transmigran tidak dapat mengakses pupuk subsidi sehingga harus membeli pupuk non subsidi, dengan harga yang lebih mahal. Perlu penguatan kelompok tani supaya transmigran mendapat akses pupuk subsidi. Perlu terus dikembangkan kios-kios sarana usaha yang dikelola kelompok tani ataupun gabungan kelompok tani (gapoktan), sehingga akan memudahkan transmigran untuk mendapatkan obat-obatan tanaman. Diperlukan peran pendamping dan dinas terkait (seperti: Dinas Transmigrasi) dalam penguatan kelompok tani maupun gapoktan serta memfasilitasi transmigran melalui kelompok tani untuk bekerja sama dengan lembaga penyedia input produksi, seperti distributor pupuk dan obat-obatan tanaman guna mendapatkan harga yang lebih rendah.

2. Peningkatan Akses Informasi

Akses informasi transmigran ke peneliti, pendamping/penyuluh, dan media massa di lokasi transmigrasi pada umumnya rendah, dikarenakan rendahnya intensitas interaksi dengan pihak-pihak tersebut dan kurangnya teknologi inovatif yang ditawarkan. Informasi lebih banyak diperoleh dari sesama transmigran, ketua kelompok tani, dan pedagang, namun kurang sesuai dengan kebutuhan dan pemecahan masalah transmigran. Perlu memfasilitasi transmigran melalui kelompok tani untuk bekerja sama dengan lembaga inovasi, seperti BPTP (Balai Pengkajian Teknologi Pertanian) di tingkat provinsi dan perguruan tinggi, sebagai sumber inovasi.

Berbagai sumber informasi lain dapat didayagunakan untuk mengembangkan usaha tani transmigran, dengan konsep *Agricultural Knowledge and Information System* (AKIS) atau Sistem Pengetahuan dan Informasi Pertanian. Pada sistem ini dapat dijalin kerja sama sinergis untuk meningkatkan keserasian antara pengetahuan dan lingkungan, dan teknologi yang digunakan dalam usaha tani.

Pengetahuan baru dikembangkan tidak hanya oleh lembaga penelitian, tetapi juga oleh banyak pelaku yang berbeda.

3. Peningkatan Akses Modal Usaha

Akses transmigran ke lembaga keuangan formal, seperti perbankan pada umumnya rendah. Kondisi yang ada, kebutuhan modal usaha dipenuhi dari modal sendiri yang umumnya sangat terbatas jumlahnya, atau meminjam dari tengkulak dengan ikatan berupa hasil produksi harus dijual ke tengkulak tersebut dengan harga yang ditetapkan oleh tengkulak. Pada sisi lain, kelompok tani merupakan wadah yang dapat dioptimalkan dalam pemupukan modal. Optimalisasi proses pemupukan modal, dapat ditingkatkan melalui penyediaan atau penumbuhan kelompok sebagai fasilitas simpan pinjam, termasuk juga optimalisasi pemanfaatan bantuan modal sebagai sumber modal melalui perbaikan sistem pemberian bantuan.

Kelompok tani dapat diharapkan tumbuh dan berkembang sebagai sarana bagi pemupukan modal di daerah transmigrasi. Syaratnya, kelompok harus tumbuh atas kesadaran masyarakat, memperoleh pendampingan yang baik, mempunyai faktor pengikat terutama untuk memperoleh modal, dan masyarakat tidak dibiasakan menerima bantuan cuma-cuma dari pemerintah.

Peran penyuluh/pendamping dan dinas terkait (seperti: Dinas Transmigrasi) sangat dibutuhkan untuk memfasilitasi transmigran dalam penguatan kelompok. Pengelolaan modal usaha dengan simpan pinjam oleh transmigran memerlukan tindakan pendampingan, sehingga modal tersebut dapat digunakan secara efektif untuk mengembangkan usaha tani.

4. Peningkatan Akses Pasar

Pada umumnya di lokasi transmigrasi, transmigran menjual hasil panen kepada tengkulak yang datang ke lokasi transmigrasi. Secara teknis, transmigran tidak mengalami kendala dalam memasarkan komoditas, karena semua hasil produksi terserap pasar dan transmigran masih

mendapatkan keuntungan. Namun demikian, sebenarnya keuntungan dapat lebih ditingkatkan, dengan cara bersama-sama menjual melalui kelompok. Perlu menumbuhkembangkan koperasi di semua lokasi transmigrasi. Keuntungan (*margin share*) yang selama ini lebih banyak dinikmati oleh pedagang/tengkulak, maka akan dapat dinikmati oleh anggota koperasi melalui penjualan langsung ke perusahaan, kerja sama dengan prinsip saling meraih manfaat. Penyuluh/pendamping dan dinas terkait dapat berperan dalam memfasilitasi pembentukan koperasi; dalam hal ini dapat bekerja sama dengan dinas pada pemerintah daerah yang membidangi koperasi.

5. Peningkatan Peran Kelompok Tani

Peran kelompok sangat penting sebagai wahana interaktif yang efektif dalam proses pembelajaran dan untuk memperkuat posisi tawar. Peran penyuluh/pendamping dan dinas terkait (seperti: Dinas Transmigrasi) di lokasi transmigran diperlukan dalam mendorong kelompok agar menjadi kelompok yang dinamis, mengoptimalkan kegiatan kelompok agar sesuai dengan kebutuhan transmigran; seperti mengaktifkan kelompok tani dengan berbagai kegiatan pemberdayaan bagi transmigran, dan menghubungkan kelompok dengan para ahli di bidang usaha tani. Perlu penguatan keberadaan kelompok tani sebagai wahana dalam memperjuangkan berbagai kepentingan transmigran dan menjembatani suatu kerja sama transmigran dengan penyedia sarana produksi, pembeli hasil pertanian, lembaga penyedia informasi teknologi, dan dengan lembaga keuangan.

Bagi transmigran yang aksesnya rendah terhadap kelompok, penyuluh/pendamping perlu lebih memotivasi transmigran tersebut agar berminat dan mau mengikuti kegiatan kelompok tani. Upaya ini dapat diawali dengan memberikan informasi kepada transmigran tentang manfaat kelompok tani. Kebutuhan yang dirasakan seseorang akan memengaruhi motivasinya bertindak, dan motivasi tersebut selanjutnya memengaruhi aktivitas yang dilakukan seseorang. Penyuluh/pendamping perlu melibatkan tokoh masyarakat setempat

yang menjadi panutan atau kepercayaan transmigran, untuk memotivasi transmigran supaya aktif dalam kelompok tani.

6. Pengembangan Kegiatan Pemberdayaan

Perlu ditingkatkan keikutsertaan transmigran dalam kegiatan pemberdayaan sebagai proses pembelajaran. Terkait dengan itu, diperlukan adanya upaya pengembangan kegiatan pemberdayaan yang partisipatif, komunikatif, dan dialogis. Paradigma tersebut tercermin dari berbagai bentuk, baik dari peran transmigran dan penyuluh/pendamping, proses pembelajaran, metode pemberdayaan, dan materi dalam kegiatan pemberdayaan (Tabel 1).

Tabel 1. Pengembangan Kegiatan Pemberdayaan

Dimensi	Pengembangan Kegiatan Pemberdayaan
Komunikasi	Dialogis dan konvergen antara transmigran dengan penyuluh/pendamping
Peran Transmigran	Sebagai Subjek
Peran Penyuluh/Pendamping	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fasilitator, membantu transmigran dalam mengambil keputusan yang terbaik bagi dirinya sendiri ▪ Motivator, memotivasi transmigran untuk menumbuhkan kesadaran kritisnya hingga mampu menolong dirinya sendiri ▪ Mediator, penghubung antara transmigran dengan pihak luar, membangun <i>network</i> (jejaring) dengan penyedia input, penyedia modal, pasar, dan lembaga inovasi ▪ Advokator, berperan sebagai konsultan untuk menangani masalah transmigran
Proses Pembelajaran	Berorientasi pada subjek (transmigran)
Substansi Pengetahuan	Penggalian pengetahuan dan pengalaman transmigran dipadukan dengan hasil temuan ilmiah dari peneliti
Metode Penyuluhan/ Pemberdayaan	Menekankan pada <i>sharing</i> dan <i>learning by doing</i> , seperti: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Demonstrasi (cara dan hasil)

Dimensi	Pengembangan Kegiatan Pemberdayaan
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Diskusi kelompok ▪ Simulasi ▪ Pelatihan ▪ Anjangsana ▪ Wisata
Materi Penyuluhan	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Teknis produksi (pengelolaan tanah, penanaman, pemupukan, pemeliharaan, pengendalian hama penyakit, dan panen) ▪ Manajerial (pengelolaan keuangan, tenaga kerja, pemasaran, komunikasi, kemitraan/kerjasama, dan kelompok)

Penerapan Strategi

Contoh kasus: lokasi permukiman transmigrasi Aek Nabirong, Pasaman Barat–Sumatera Barat (Widarjanto & Nurmawati, 2015). Dinas Transmigrasi melalui kerja sama dengan berbagai pihak (seperti: Balai Pengkajian Teknologi Pertanian dan Dinas Pertanian), melaksanakan program-program: pengembangan kelompok tani atau gabungan kelompok tani (Gapoktan), pembentukan Lembaga Keuangan Mikro Agribisnis (LKMA), pembentukan klinik agribisnis, kegiatan pendampingan, dan revitalisasi koperasi.

Gapoktan merupakan gabungan kelompok tani yang dibentuk agar kelompok tani lebih kuat dan mandiri dalam penyediaan sarana produksi, modal, perluasan usaha, pemasaran dan melakukan kerjasama. Gapoktan di Aek Nabirong terdiri atas 7 kelompok tani. Pengembangan kelompok tani/Gapoktan, berefek pada peningkatan jumlah kelompok tani dan keaktifan dalam mewedahi transmigran berusaha tani, serta terbentuknya klinik agribisnis sebagai sarana berkumpul kelompok tani atau Gapoktan dalam membahas berbagai persoalan pengembangan inovasi teknologi dan sosial. Selain itu juga terjadi revitalisasi kelompok tani yang sebelumnya tidak aktif menjadi lebih aktif dalam memfasilitasi transmigran berusaha tani. Dengan Gapoktan yang kuat, mempermudah dalam pemecahan masalah pertanian, penyediaan sarana produksi pertanian, pemasaran, dan

mencari investor. Gapoktan mendirikan kios-kios yang menjual sarana produksi yang dibutuhkan oleh transmigran untuk kegiatan usaha tani.

Lembaga Keuangan Mikro Agribisnis (LKMA) dibentuk dengan tujuan memfasilitasi petani dalam penyediaan permodalan untuk sarana produksi pertanian. LKMA dibentuk sebagai sarana pemupukan modal, karena sebelumnya transmigran terkendala dengan permodalan terutama dalam penyediaan sarana produksi pertanian. Pembentukan LKMA digunakan untuk memfasilitasi petani dalam penyediaan permodalan berupa simpan pinjam untuk kemudahan pengadaan sarana produksi pertanian. Sebagai embrio permodalan, LKMA memperoleh suntikan modal dari Dinas Transmigrasi pada tahap pertama sebesar Rp. 6 juta, tahap kedua sebesar Rp. 5 juta dan tahap ketiga sebesar Rp. 7,5 juta. Penguatan sumber daya manusia LKMA dilakukan dengan pelatihan anggota LKMA dan melakukan studi banding.

Klinik agribisnis dibentuk untuk meningkatkan pelayanan informasi teknologi pertanian, pemasaran dan permodalan. Difusi informasi berjalan simultan kepada anggota kelompok tani melalui komunikasi yang efektif dalam sistem sosial petani. Klinik agribisnis memanfaatkan bangunan rumah guru sebagai ruang perpustakaan dan ruang pertemuan. Untuk mendampingi warga dalam berusaha tani, dikelompokkan kegiatan pendampingan dengan melakukan penempatan petugas Tenaga Kerja Pemuda Mandiri Profesional (TKPMP) dan Penyuluh Pertanian Lapangan (PPL). Petugas tersebut memberikan pelayanan dan informasi di klinik agribisnis. Pendamping ditempatkan untuk memberikan pemahaman dan keterampilan serta percontohan kepada transmigran dalam pengembangan inovasi teknologi, kelembagaan dan sosial. Tenaga pendamping yang diperbantukan termasuk yang berasal dari BPTP Sumatera Barat sebanyak dua orang yang bertugas secara bergiliran sesuai dengan jadwal yang ditetapkan. Melalui klinik agribisnis, juga dilakukan sosialisasi inovasi bibit unggul yang didatangkan dari Pusat Penelitian Kelapa Sawit Medan. Dilakukan pelatihan teknik pembibitan dan percontohan pembibitan secara berkelompok, sehingga petani mengetahui cara pembibitan kelapa sawit unggul. Kepada transmigran juga disosialisasikan penggunaan bahan

organik seperti pupuk kandang yang bermanfaat untuk memperbaiki kesuburan lahan.

Revitalisasi koperasi dilakukan pendampingan terhadap Koperasi “Lapu Jaya”, yang berada di Aek Nabirong, Pasaman Barat – Sumatera Barat. Koperasi ini direvitalisasi dengan membentuk perangkat baru. Dengan modal yang tersisa sebesar Rp. 5.950.000 dan ditambah bantuan modal dalam rangka pembentukan dan penguatan lembaga ekonomi dan permodalan dari Dinas Transmigrasi sebesar Rp. 15 juta, koperasi sudah berjalan dengan usaha awal penyediaan kebutuhan sehari-hari, serta menampung dan memasarkan hasil panen transmigran. Koperasi melakukan kerja sama dengan perusahaan pengolahan kelapa sawit untuk memasarkan hasil panen transmigran, dengan harga yang lebih baik jika dibandingkan dengan harga penjualan jika transmigran menjual melalui tengkulak.

Dampak program-program yang dijalankan, terindikasi dari kegiatan usaha tani transmigran yang cenderung berkembang dalam hal jumlah produksi dan nilai keuntungan. Terjadi peningkatan produksi/panen sebesar 44,3%. Adanya kenaikan produksi, secara langsung dapat meningkatkan keuntungan yang diperoleh. Ditambah lagi, penggunaan bibit unggul, memengaruhi mutu produk yang dihasilkan, sehingga dapat diperoleh harga jual yang optimal. Kondisi ini berefek pada peningkatan kesejahteraan transmigran dari kondisi sebelumnya, yaitu meningkatnya pendapatan transmigran sehingga memudahkan untuk mengakses layanan kesehatan serta perbaikan fisik dan fasilitas rumah menjadi lebih baik. Di samping itu, penggunaan bahan organik (seperti pupuk kandang) oleh transmigran dalam kegiatan usaha tani kelapa sawit, sebagai cara untuk menjaga kelangsungan tingkat kesuburan lahan, sehingga usaha tani berkelanjutan. Dampak usaha tani berkelanjutan, yang berefek pada peningkatan kesejahteraan transmigran/petani sangat berpotensi untuk mengentaskan kemiskinan di kawasan transmigrasi.

PENUTUP

Pengembangan kegiatan usaha tani transmigran yang berkelanjutan adalah sasaran yang seharusnya menjadi tujuan program kawasan transmigrasi berbasis lahan/tanah. Melalui strategi pengembangan usaha tani yang berkelanjutan, menjadi kekuatan transmigran untuk sekaligus mewujudkan usaha tani yang berdaya saing melalui kerja sama yang kreatif serta punya inisiatif dengan inovasi-inovasi baru. Selanjutnya, kegiatan usaha tani yang berkelanjutan tersebut akan dapat membawa transmigran ke arah peningkatan produktivitas dan pendapatan, sehingga terwujud kesejahteraan. Meningkatnya tingkat kesejahteraan, dengan sendirinya mengentaskan kemiskinan di kawasan transmigrasi. Upaya untuk menghapuskan kemiskinan merupakan satu di antara tujuan SDGs.

REFERENSI

- Anggraini, Widarjanto, Delam, J., & Diana, E. (2008). *Permasalahan dan alternatif solusi penyelenggaraan transmigrasi*. Jakarta: Bangkit Daya Insana.
- Anharudin, Dewi, R.N., & Anggraini, R. (2003). Membidik arah kebijakan transmigrasi pasca reformasi. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Ketransmigrasian*. 1(1),1-14.
- Balai Pustaka. (2016). *Kamus Besar Bahasa Indonesia*. Jakarta: Balai Pustaka
- Beller, W. (1990). How to sustain a small island. In Beller W, d' Ayala P, Hein P (Ed). *Sustainable development and environmental management of small island*. Paris: The Parthenon Publishing Group.
- Danarti. (2012). Analisis potensi dan kebutuhan pengembangan kewirausahaan di pusat KTM Telang. *Jurnal Ketransmigrasian*. 28(1), 46-56.
- Departemen Pertanian. (1992). Kebijakan perlindungan tanaman dalam era pembangunan jangka panjang tahap II. *Seminar Nasional dan Forum Komunikasi VI tentang Penerapan PHT*; 1992 Sept 1; Bandung, Indonesia
- Dewi, R.N. (2011). Kajian karakteristik calon transmigran di Kabupaten Boyolali untuk penempatan transmigrasi. *Jurnal Ketransmigrasian*. 28(2), 103-112.
- Donabedian, A. (2003). *An introduction to quality assurance in health care*. New York: Oxford University Press.
- Helmida, B.E. (2004). Peranan program transmigrasi dalam meningkatkan pendapatan transmigran serta dampaknya terhadap pembangunan daerah sekitarnya. *Jurnal Valid*. 1(1), 65-77.

- Junaidi. (2012). *Perkembangan desa-desa eks transmigrasi dan interaksi dengan wilayah sekitarnya serta kebijakan ke depan* (Disertasi). Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Kay, R & Alder, J. (1999). *Coastal planning and management*. New York: Routledge.
- Kuhnen, F. (1992). Sustainability, regional development, and marginal locations. *Applied Geography and Development*, 39.
- Munasinghe, M. (1993). *Environmental economics and sustainable development*. Washington DC: The World Bank.
- Moffatt, I & Hanley, N. (2001). Modelling sustainable development: systems dynamic and input–output approaches. *Journal Environmental Modelling and Software*, 16, 545–557.
- Najiyati, S., Susilo, N.R.T., & Mujiyanto. (2010). *Membangun kemandirian transmigran*. Jakarta: Leuser Cita Pustaka.
- Nugroho, P.S. (2002). Peluang dan tantangan pengembangan lahan kering untuk mendukung pembangunan pertanian berkelanjutan. *Alami: Jurnal Air, Lahan, Lingkungan dan Mitigasi Bencana*, 7 (1), 2–13.
- Pemerintah Republik Indonesia. (1997). *Undang-Undang Nomor 15 Tahun 1997 Tentang Ketransmigrasian*. Jakarta: Sekretariat Negara.
- Ramadhan, K.H., Jabbar, H., & Ahmad, R. (1993). *Transmigrasi: harapan dan tantangan*. Jakarta: Karya Jaya Bhakti.
- Simanjuntak, P. (2009). Identifikasi kemampuan SDM transmigran di Desa Simpang Bolon Propinsi Sumatera Utara. *Jurnal Manajemen Publik*. Diakses melalui <http://akademik.nommensen-id.org> pada 03 November 2014.

Tarwaka. (2008). *Transmigrasi dan pengangguran*. Diakses melalui <http://www.safelindo.com/2008/11/transmigrasi-dan-pengangguran.html> pada 30 November 2013.

Widarjanto. (2012). Analisis keragaan jenis usaha dan kelembagaan ekonomi di pusat Kota Terpadu Mandiri (KTM). *Jurnal Ketransmigrasian*, 29(2), 96-108.

Widarjanto & Nurmawati, I. (2015). Tingkat kemandirian transmigran. *Jurnal Ketransmigrasian*, 32(1), 45-55.



Penerapan Kimia Hijau
untuk Menjamin Keamanan Pangan
(Dina Mustafa)

Peran Pemerintah
Menjawab Tantangan Bidang Peternakan
dalam Pemenuhan Protein Hewani
(Sri Yuniati Putri Koes Hardini)

Model Struktural Pengelolaan
Tempat Penampungan dan Potong Ayam
Secara Berkelanjutan
dalam Mendukung Ketahanan Pangan
(Maya Dewi Dyah-Maharani & Dem Vi Sara)

PENERAPAN KIMIA HIJAU UNTUK MENJAMIN KEAMANAN PANGAN

Dina Mustafa
(dinamustafa@ecampus.ut.ac.id)

PENGANTAR

Sidang Umum Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) menetapkan *Millenium Development Goals* (MDGs) pada September 2000, yang direncanakan dapat dicapai pada 2015 (WHO, 2015). MDGs terdiri atas 8 tujuan utama, yaitu 1) membasmi kemiskinan dan kelaparan ekstrim; 2) mencapai pendidikan dasar bagi semua anak; 3) memajukan kesetaraan gender dan pemberdayaan wanita; 4) mengurangi kematian bayi dan anak; 5) meningkatkan kesehatan Ibu; 6) memerangi HIV/AIDS, malaria, dan penyakit-penyakit lain; 7) memastikan keberlanjutan lingkungan hidup; dan 8) mengembangkan kemitraan dunia untuk pelaksanaan pencapaian MDGs ini. Hasil dari kemitraan dalam mencapai MDGs ini telah dilaporkan (WHO, 2015), yang ditunjukkan dengan indikator-indikator berikut, 1) penurunan kemiskinan dan kelaparan ekstrim di dunia, sebesar lebih dari 50%; 2) tingkat partisipasi pada pendidikan dasar yang meningkat dari 83% pada tahun 2000 menjadi 91% pada tahun 2015 di negara-negara berkembang; 3) tingkat partisipasi anak perempuan pada persekolahan dasar sampai dengan pendidikan tinggi juga meningkat pesat sehingga menunjang tercapainya tujuan kesetaraan gender dan pemberdayaan wanita; 4) yang berdampak pada tujuan-tujuan kesehatan ibu dan anak.

Indikator ketercapaian MDGs juga ditunjukkan oleh pembangunan pesat yang menjamin keamanan dan penyediaan air bersih, yaitu tersedianya dan pemanfaatan sumber-sumber air minum yang sehat dan bersih bagi 91% populasi dunia pada 2015, dibandingkan 76% pada 1990 (WHO, 2015), serta perbaikan sanitasi pada 50% penduduk dunia telah berdampak pada penurunan signifikan dari penyakit-penyakit menular. Secara global 147 negara berkembang telah mencapai target MDGs untuk ketersediaan air

minum sehat; 95 negara telah mencapai target sanitasi yang sehat; dan 77 negara telah mencapai kedua target tersebut. Demikian juga target-target lain pada MDGs telah berhasil dicapai, antara lain, penurunan kejadian penyakit HIV, tuberkulosis, dan malaria; kematian anak menurun 53% dan kematian Ibu melahirkan menurun 43%, tetapi masih di bawah target yaitu penurunan 60% untuk kematian anak dan 75% kematian Ibu melahirkan dari tahun 1990.

Dengan memperhatikan berbagai hambatan dan kritikan mengenai pencapaian MDGs ini, pada 25 September 2015 Sidang Umum PBB memperkenalkan kesepakatan baru yang disebut dengan *Sustainable Development Goals* (SDGs) yang diharapkan dapat berdampak pada perbaikan lingkungan dunia pada 2030 (WHO, 2015). Agenda SDGs ini memasukkan berbagai agenda lain yang telah ditetapkan oleh PBB setelah MDGs yang disimpulkan sebagai *“The road to dignity: ending poverty, transforming all lives and protecting the planet”* (WHO, 2015). SDGs ini terdiri atas 17 tujuan yang mengintegrasikan ketiga dimensi pembangunan berkelanjutan, ekonomi, sosial, dan lingkungan di sekitar tema-tema manusia, planet, kesejahteraan, perdamaian, dan kemitraan (WHO, 2015). SDGs meneruskan prioritas usaha MDGs untuk memerangi kemiskinan dan kelaparan, sekaligus berfokus pada hak asasi bagi semua, pemberdayaan wanita dan anak perempuan untuk meneruskan tercapainya kesetaraan gender.

Pelaksanaan SDGs juga memperhitungkan tujuan-tujuan MDGs yang belum tercapai (Atmawikarta, 2016). SDGs mempertimbangkan bahwa pemusnahan kemiskinan dan ketidak-setaraan, penciptaan pertumbuhan ekonomi yang bersifat inklusif, dan pelestarian planet bumi adalah kegiatan yang saling terkait erat, bukan saja satu terhadap yang lain, tetapi juga terhadap kesehatan penduduk, dengan hubungan yang dinamis dan resiprokal (Atmawikarta, 2016). Sebagai contoh, tujuan yang berhubungan dengan kesehatan adalah kontributor utama sekaligus dampak dari kebijakan tentang pembangunan berkelanjutan.

Selanjutnya dalam artikel ini dibahas hubungan antara Tujuan Pembangunan Berkelanjutan/TPB/SDGs dengan peran penerapan Kimia Hijau demi tercapainya keamanan pangan yang berdampak pada TPB 2, 3, 6, dan 12. Analisis didasarkan pada sejumlah pustaka dengan beberapa contoh.

PEMBAHASAN

Tujuan Pembangunan Berkelanjutan

Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (TPB) adalah terjemahan dari *Sustainable Development Goals* (SDGs), yang merupakan kelanjutan dan penyempurnaan terhadap MDGs, untuk hal-hal yang belum tercapai atau belum ada di MDGs. Untuk Indonesia, capaian terhadap MDGs ada kekurangan pada 14 indikator yang ditargetkan, yaitu: penyalpan kemiskinan dan asupan kalori (indikator tujuan 1), angka kematian pada bayi, balita, dan Ibu melahirkan (tujuan 4 dan 5), prevalensi HIV dan AIDS serta pengetahuan komprehensif tentang HIV/AIDS (indikator tujuan 6), kawasan tutupan hutan, emisi CO₂, air minum dan sanitasi yang layak di pedesaan, kawasan kumuh di perkotaan (indikator tujuan 7), rasio ekspor dan impor terhadap Produk Domestik Bruto (PDB), komputer pribadi, dan akses internet (indikator tujuan 8) (Atmawikarta, 2016).

Selanjutnya dibahas mengenai pengaruh kimia hijau pada ketahanan pangan dalam hubungannya dengan pencapaian TPB pada tujuan 2, 3, 6, dan 12. Teori dan penerapan kimia hijau telah diperkenalkan oleh Anastas & Warner (1998) dan telah diterapkan dalam kehidupan modern yang berwawasan pelestarian lingkungan di Indonesia dan di seluruh dunia. Penerapan kimia hijau antara lain pada sistem pengelolaan air dengan menerapkan nanofiltrasi dengan kreasi membran ramah lingkungan untuk menyaring polutan, pembuatan bahan bangunan yang aman bagi manusia dan lingkungan, serta pengelolaan limbah yang sehat bagi lingkungan (Mustafa, 2017). Untuk menjamin penyediaan air bersih di perkotaan telah dilakukan dengan berbagai rekayasa infrastruktur pengairan (Susanto, 2017), dan rekayasa pengolahan dan penghematan air untuk mendapatkan

air bersih yang sehat (Utami & Handayani, 2017). Uraian selanjutnya adalah rincian peran kimia hijau untuk mencapai keamanan pangan.

Kimia Hijau

Kimia hijau, yang merupakan terjemahan untuk istilah *green chemistry* atau *sustainable chemistry*. Kimia hijau adalah konsep, prinsip, dan penerapan kimia dan teknologi, termasuk interaksi dengan ilmu lain seperti Fisika, dan Biologi. Tujuan pendekatan kimia hijau adalah membentuk atau mentransformasi materi dengan proses yang dirancang dengan hati-hati sehingga optimal dalam hal produk yang dihasilkan termasuk efisiensi yang dicapai, sehingga baik bahan dasar, proses, dan produk yang dihasilkan akan ramah lingkungan (Utomo, 2010). Dengan penerapan kimia hijau ini maka proses penciptaan materi baru dilakukan dengan berusaha mengurangi atau menghilangkan penggunaan atau produk bahan kimia berbahaya dari mulai perancangan, produksi, dan pemanfaatan bahan kimia tersebut. Motto utama dari pendekatan kimia hijau adalah lebih baik, lebih mudah, dan lebih murah untuk merancang, dan mengembangkan proses-proses dan senyawa yang ramah lingkungan daripada mengatasi akibat buruk dari proses dan produk kimia yang berbahaya bagi lingkungan. Dengan kata lain, mencegah terjadinya polusi lingkungan oleh proses dan produk kimia yang berbahaya jauh lebih baik daripada menangani polusi kimia yang sudah terjadi.

Ide kimia hijau ini merupakan reaksi terhadap pengembangan dan pemanfaatan zat-zat kimia yang tanpa kendali sehingga menjadi kontaminan di alam, yang masuk dalam tubuh manusia dan mahluk hidup lain termasuk hewan dan tumbuhan, melalui tanah, air, udara, debu, dan sebagai kontaminan pada makanan. Penelitian oleh Clark (2005) menunjukkan bahwa banyak zat-zat kimia, seperti yang berasal dari pestisida di daerah tropis, zat pencegah api pada mebel dan elektronik, ternyata didapati pada tubuh mamalia di lautan termasuk di kutub utara. Dengan penerapan kimia hijau untuk pengembangan berkelanjutan di bidang kimia dan teknologi kimia, oleh dunia industri, akademi, dan pemerintahan, maka diharapkan proses-proses sintesa, pengolahan dan aplikasi zat-zat kimia dapat menurunkan ancaman terhadap kesehatan

manusia, makhluk hidup, dan lingkungan, dengan tetap memperhatikan efisiensi dan keuntungan (Anastas & Warner, 1998).

Konsep kimia hijau terdiri atas 12 prinsip. Prinsip pertama merupakan dasar kimia hijau yaitu “pencegahan”; pencegahan limbah lebih diutamakan daripada perlakuan terhadap limbah. Prinsip-prinsip berikutnya merupakan panduan pelaksanaan prinsip pertama ini, yaitu ekonomi atom, 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 non-toksik sederhana yang ramah lingkungan (Dhage, 2013).

Zat-zat kimia merupakan pembentuk hampir semua materi termasuk tubuh manusia, hewan, dan tumbuhan, dan pastinya, makanan. Berbagai zat kimia dalam makanan umumnya tidak berbahaya dan malah kadang-kadang, disukai keberadaannya karena memperbaiki tekstur dan rasa. Zat-zat gizi seperti karbohidrat, protein, lemak, dan serat, juga vitamin dan mineral semuanya terdiri atas kumpulan senyawa kimia. Zat-zat kimia ini menyumbang pada asupan makanan sehari-hari dan juga pengalaman kuliner yang menyenangkan bersama keluarga dan teman. Beberapa zat kimia terdapat secara alami dalam rantai makanan dan beberapa lainnya adalah hasil dari kegiatan manusia seperti pertanian/peternakan, pengolahan, dan transportasi makanan (Nuraida, Syamsir, & Herawati, 2009).

Zat-zat kimia dalam makanan memiliki sifat-sifat yang dapat menimbulkan dampak bagi manusia dan hewan serta tumbuhan (Hariyadi, 2010). Para ahli, termasuk ahli kimia pangan, diperkuat dengan aturan pemerintah, membantu untuk berjaga-jaga terhadap efek bahaya yang potensial, dengan menyarankan tingkat kandungan yang aman dari zat-zat kimia ini dalam makanan, baik untuk sekali konsumsi atau kemungkinan akumulasinya dalam tubuh setelah beberapa waktu (Nuraida et al., 2009; Sparringa, 2014). Pengetahuan ini masuk dalam konsep keamanan pangan dari kandungan zat-zat kimia yang berbahaya.

Keamanan Pangan

Sejak tahun 1992, FAO/WHO telah mencanangkan *World Declaration on Nutrition*, bahwa **memperoleh makanan cukup, bergizi, dan aman adalah hak setiap manusia** (FAO & WHO, 1992). Menurut Undang-Undang Nomor 7 tahun 1996, yang kemudian diperbaharui dengan Undang-Undang Nomor 18 tahun 2012 tentang Pangan, bahwa **definisi pangan** adalah segala sesuatu yang berasal dari sumber hayati dan air, baik yang telah diolah maupun yang tidak diolah, yang diperuntukkan sebagai makanan atau minuman bagi konsumsi manusia termasuk bahan baku pangan, bahan tambahan pangan, dan bahan lain yang digunakan dalam proses penyiapan dan pengolahan, serta pembuatan makanan dan minuman. Selanjutnya Undang-Undang Nomor 7 tahun 1996 ini dilengkapi dengan Peraturan Pemerintah Nomor 28 tahun 2004 tentang Keamanan, Mutu, dan Gizi Pangan, yang menjelaskan tentang persyaratan keamanan pangan, yaitu standar dan berbagai ketentuan lain yang harus dipenuhi untuk mencegah bahaya terhadap pangan, karena cemaran biologis, kimia dan fisik yang membahayakan kesehatan manusia. Pemerintah juga telah menerbitkan Pedoman Cara Produksi Yang Baik Untuk Makanan yang ditetapkan berdasarkan SK Menteri Kesehatan No 23/Menkes/SK 1978.

Menurut Undang-Undang Indonesia Nomor 18 tahun 2012 tentang Pangan, **definisi keamanan pangan** adalah usaha dan keadaan yang dipersyaratkan untuk mencegah tiga hal yang mungkin mencemari, yaitu cemaran biologis, kimia, dan fisik, yang terbukti atau dianggap dapat mengganggu, merugikan, dan membahayakan kesehatan manusia (BPOM, 2017). Pada kondisi-kondisi tertentu maka ketentuan mengenai keamanan pangan ini juga berusaha menjamin terjaganya ketaatan berdasarkan budaya atau agama tertentu, seperti budaya vegetarian atau vegan untuk umat Hindu yang tidak makan produk hewani, atau kehalalan makanan berdasarkan aturan agama Islam (BPOM, 2017). Keamanan pangan ini penting karena pangan yang tidak aman kemungkinan menyebabkan penyakit yang diistilahkan dengan *foodborne disease*. Menurut Undang-Undang Nomor 18 ini, keamanan pangan diselenggarakan melalui: 1) sanitasi pangan; 2) pengaturan terhadap bahan tambahan pangan; 3) pengaturan terhadap produk rekayasa genetik;

4) pengaturan terhadap iradiasi pangan; 5) penetapan standar kemasan pangan; 6) pemberian jaminan keamanan pangan dan mutu pangan; dan 7) pemberian kepastian produk halal bagi yang dipersyaratkan.

Persepsi mengenai makanan yang aman (*safe food*) dapat bermacam-macam menurut setiap individu konsumen, yang dipengaruhi oleh usia, pengalaman hidup, budaya, gender, pandangan politis, kebutuhan nutrisi, kemampuan membeli, masukan dari media massa atau sosial, status keluarga, pekerjaan, dan pendidikan (Seward II dalam Schmidt & Rodrick, 2003). Sebagai ilustrasi, ada konsumen yang menganggap makanan sehat artinya adalah makanan yang ditangani dengan benar, termasuk pencucian yang menyeluruh bahan makanan dari ikan dan unggas yang akan dimasak atau dimakan mentah. Makanan yang aman adalah makanan yang disiapkan di atas permukaan yang bersih dan tersanitasi dengan menggunakan peralatan dan wadah yang juga bersih dan tersanitasi. Konsumen yang seperti ini menekankan pentingnya pencucian tangan oleh mereka yang terlibat dalam penyiapan makanan, termasuk juga pentingnya untuk tidak menggunakan kembali lap atau busa yang sudah kotor. Bagi konsumen yang terdidik seperti ini, makanan aman adalah yang disiapkan dengan prosedur yang aman pula (Seward II dalam Schmidt & Rodrick, 2003).

Cemaran pada makanan dapat dikategorikan sebagai cemaran biologis, kimia dan fisik. Cemaran biologis pada makanan dapat terjadi karena adanya mikroba seperti bakteri, kapang, kamir, parasit, dan virus, di mana pertumbuhan mikroba ini dapat menyebabkan pembusukan dan makanan menjadi beracun (BPOM, 2017). Untuk cemaran kimia dapat terjadi karena adanya zat-zat kimia dalam makanan yang dapat membuat makanan tidak aman, atau bersifat racun, karena mengandung zat-zat berbahaya bagi kesehatan manusia. Cemaran kimia dapat digolongkan dalam: 1) racun alami, seperti racun yang berasal dari: jamur dan singkong beracun, ikan buntal, dan jengkol; 2) cemaran kimia di lingkungan, antara lain, dari limbah industri, asap kendaraan bermotor, sisa pestisida dan pupuk kimia pada buah dan sayur, deterjen, zat kimia yang berbahaya pada peralatan masak dan wadah makanan dan minuman, dan logam berat dari limbah yang dibuang tanpa diolah; 3) penggunaan zat tambahan makanan yang melebihi

takaran seperti pada pemanis buatan, pengawet, dan pewarna makanan; 4) penggunaan zat kimia yang terlarang pada makanan seperti boraks, formalin (BPOM, 2017). Cemarannya fisik adalah cemaran yang disebabkan adanya benda-benda yang seharusnya tidak boleh ada dalam bahan pangan seperti rambut, kuku, staples, serangga mati, batu atau kerikil, pecahan gelas atau kaca, dan lain-lain. Benda-benda tersebut tidak boleh ada pada makanan karena membahayakan jika termakan, karena akan mengakibatkan, antara lain, gigi patah, luka pada kerongkongan dan perut, menutup jalan nafas atau pencernaan.

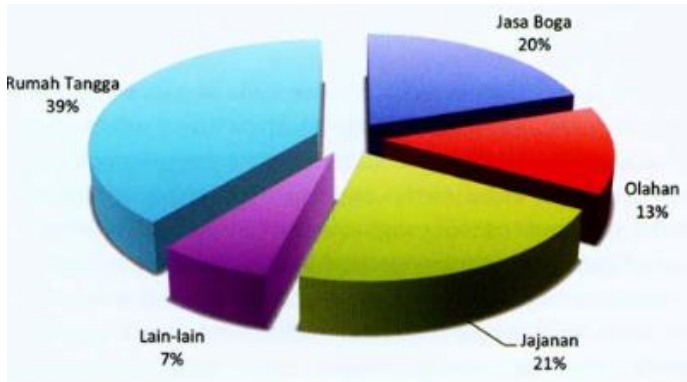
Selanjutnya akan diperhatikan mengenai cemaran kimia. Cemaran kimia pada bahan pangan dapat terjadi dari mulai di ladang, seperti sawah, peternakan, kebun, dan termasuk tambak, danau, pesisir maupun laut dalam sampai dengan makanan siap di meja makan, atau siap santap atau dikenal dengan istilah *from farm to table*. Pada masyarakat modern, pangan yang ada umumnya hasil mata rantai produksi dari mulai bahan mentah di ladang sampai dengan bahan jadi siap olah atau malah bahan makanan siap saji dan siap dikonsumsi. Dengan demikian penjaminan keamanan pangan dimulai dari pemberian input untuk pertanian seperti air, pupuk, dan pestisida, input untuk peternakan seperti air dan pakan ternak/ikan, sampai dengan pengendalian kontaminan pada ikan laut. Semua zat-zat pada input produksi pangan dapat terbawa dalam produk pangan tersebut. Penjaminan keamanan pangan harus mulai dari awal sampai akhir, secara menyeluruh dan tidak dapat secara parsial. Residu pestisida yang sudah terserap pada jaringan sayuran dan buah, juga residu obat-obatan yang sudah terserap pada daging ternak atau ikan tidak dapat hilang dengan proses pencucian atau pemanasan.



Sumber: Sulaeman (2012)

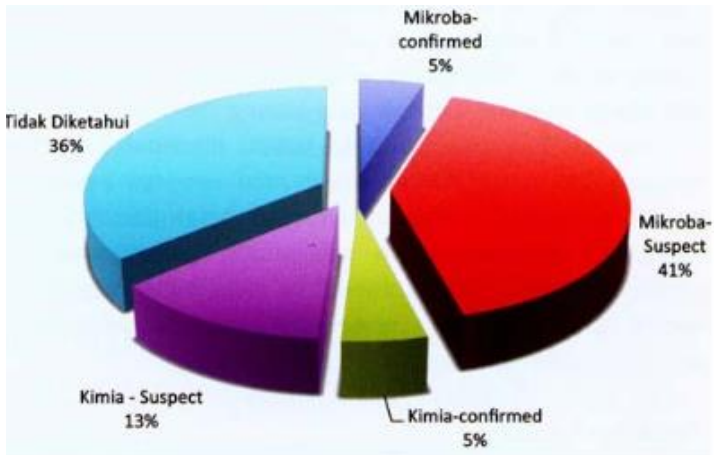
Gambar 1. Potensi Cemaran dari Lahan Pertanian Sampai Siap Dikonsumsi

Zat-zat kimia dalam bahan makanan antara lain berasal dari pestisida untuk produk-produk pertanian dan perkebunan, berbagai kontaminan pada minyak kelapa, kandungan obat-obatan pada produk-produk hewani seperti daging sapi, kambing, dan ikan dan makanan dari laut/seafood seperti udang, lobster, tuna, dan lain-lain. Gambar 2 menunjukkan jenis pangan penyebab kejadian luar biasa keracunan pangan tahun 2011-2013, dan Gambar 3 mendeskripsikan rincian zat penyebab kejadian keracunan untuk jangka waktu yang sama (Hariyadi, 2015).



Sumber: Hariyadi (2015)

Gambar 2. Profil Jenis Pangan Penyebab Kejadian Luar Biasa Keracunan Pangan di Indonesia 2011-2013



Sumber: Hariyadi (2015)

Gambar 3. Zat Penyebab Kejadian Luar Biasa Keracunan Pangan di Indonesia pada 2011 – 2013

Kontaminasi Zat-Zat Kimia pada Makanan

Berbagai zat kimia dapat masuk ke dalam bahan pangan karena berbagai cara, antara lain karena: 1) terlarutnya lapisan alat pengolah makanan karena digunakan untuk mengolah makanan sehingga zat kimia dalam pelapis dapat terlarut; 2) logam yang terakumulasi pada produk perairan; 3) sisa antibiotik, pupuk, insektisida, pestisida atau herbisida, dan racun alami pada tanaman atau hewan; 3) zat tambahan makanan yang melebihi standar penggunaan; 4) kontaminasi dari bahan pengemas yang terurai menjadi zat-zat kimia yang berbahaya; 5) sisa bahan pembersih atau sanitaser kimia pada peralatan pengolah makanan yang tidak bersih dibilasnya. Cemaran kimia dalam makanan dapat digolong menjadi 6 yaitu: 1) senyawa toksik alami, seperti sianida yang banyak pada tanaman singkong dan solanin pada tanaman kentang; 2) bahan tambahan pangan; 3) residu obat-obatan/*veterinary drugs*; 4) residu pestisida; 5) bahan kimia kontaminan dari lingkungan; dan 6) migrasi senyawa pengemas. Beberapa contoh kontaminasi cemaran kimia karena kegiatan manusia dalam hal ini obat-obatan, zat-zat kimia dari hasil industri termasuk logam berat dapat dibaca pada Tabel 1. Pada Tabel 1 terdapat jenis cemaran, sumber, sifat dan bahaya cemaran yang ditimbulkan karena kontaminasi cemaran kimia akibat aktivitas manusia terutama karena penggunaan obat-obatan, zat-zat kimia untuk pertanian, dan residu zat-zat kimia dari limbah industri.

Tabel 1. Zat Kimia Pada Makanan Akibat Kegiatan Manusia

No	Jenis Cemaran	Sumber Cemaran	Senyawa Berbahaya	Bahaya yang Ditimbulkan
A.	Residu Obat-obatan (<i>veterinary drugs</i>)	Obat-obatan pada hewan ternak potong, perah, unggas, ikan (termasuk udang) digunakan untuk mengobati dan mencegah	Obat-obatan yang diberikan pada ternak adalah anti mikroba, anti cacing, hormon pertumbuhan, dan obat penenang	Konsumsi hewan ternak atau produk hewani yang telah diberi obat-obatan dapat menimbulkan efek pada kesehatan manusia karena kemungkinan adanya residu obat-obatan tersebut. Bahaya yang mungkin ditimbulkan adalah: alergi

No	Jenis Cemar	Sumber Cemar	Senyawa Berbahaya	Bahaya yang Ditimbulkan
		penyakit, merangsang pertumbuhan, mengendalikan produksi, dan menekan stres sebelum pemotongan untuk ternak potong.		terhadap komponen obat-obatan dan muncul mikroba yang resisten terhadap obat. Hormon pertumbuhan, yang berbasis steroid seperti androgen, oestradiol, testosteron dan progesteron telah dilarang di Uni Eropa.
B	Residu Pestisida	Pestisida merupakan senyawa kimia yang digunakan sebagai pembasmi hama tanaman atau hama lingkungan pemukiman dan industri.	Penggunaan pestisida selama budidaya tanaman pangan dan proses produksi pangan dapat menimbulkan risiko kontaminasi kimia karena residu yang toksik termakan bersama makanan terkontaminasi. Jenis pestisida adalah - Insektisida untuk membasmi serangga - Herbisida untuk membasmi gulma/tanaman pengganggu - Fungisida untuk membasmi jamur	Secara umum pestisida dari jenis organoklorin memiliki tingkat efektivitas sekaligus toksitas yang tinggi dan waktu degradasi yang paling lambat. 1) Insektisida seperti DDT (<i>Dikloro Difenil Trichloretana</i>) telah dilarang di banyak negara termasuk Indonesia. Namun masih banyak petani Indonesia yang menggunakannya termasuk untuk menyemprot ikan asin agar tidak dikerubungi lalat. Residu Senyawa organofosfor pada bahan makanan dapat menghambat enzim <i>Cholinesterase</i> (ChE) yang memecah neurotransmitter <i>Acetylcholine</i> (Ach), sehingga dapat menimbulkan gejala hiperaktif, konvulsi,

No	Jenis Cemar	Sumber Cemar	Senyawa Berbahaya	Bahaya yang Ditimbulkan
				<p>sampai pada kelumpuhan. Demikian juga insektisida turunan karbamat dapat menyebabkan keracunan, sehingga pemanfaatannya harus sangat hati-hati.</p> <p>2). Risiko penggunaan fungisida dan herbisida ini lebih rendah daripada risiko penggunaan insektisida. Umumnya jika berasal dari organik maka akan bersifat <i>biodegradable</i>, daya racun terhadap lingkungan rendah, diserap oleh lingkungan dalam jumlah kecil dan tidak terakumulasi dalam bahan biologis. Namun ada juga yang tahan lama dalam tanah. Masalah pada manusia akan timbul bila memakan produk benih yang sudah diberi fungisida dan herbisida.</p>
C	Kontaminan dari Lingkungan	1. Logam berat	Logam berat di sini adalah logam-logam yang beracun yaitu Merkuri (Hg), Kadmium (Cd), juga Arsen, Antimony, dan Selenium. Umumnya logam berat ini	Pangan yang terkontaminasi logam berat dapat memberikan pengaruh negatif pada kesehatan manusia dan hewan. Pengaruh negatif itu antara lain, perdarahan pada saluran cerna, kerusakan ginjal serta akumulasinya di

No	Jenis Cemar	Sumber Cemar	Senyawa Berbahaya	Bahaya yang Ditimbulkan
			merupakan hasil limbah industri yang tidak diolah secara benar sebelum dibuang ke lingkungan udara, tanah, dan air.	jaringan otak, paru-paru, dan hati.
		2. Senyawa poliklorinat (Dioksin, Furans, dan PCB)	Senyawa poliklorinat ini merupakan senyawa organoklor yang sangat beracun dan persisten/tidak mudah terurai.	<p>Pencemaran lingkungan oleh senyawa ini merupakan hasil samping industri seperti kimia yang menghasilkan pestisida dan plastik PVC; proses pemutihan dengan klorin, seperti pada industri kertas; proses pembakaran, seperti sampah plastik, kertas, asap rokok, asap kendaraan bermotor, dan kebakaran hutan.</p> <p>Terutama dari PCB, yang merupakan pembentuk plastik kemasan, pencemaran pada bahan pangan mungkin terjadi karena migrasi PCB dari kemasan.</p> <p>Pencemaran senyawa ini terutama pada bahan makanan yang mengandung lemak seperti pangan hewani yang tercemar termasuk susu sapi. Dosis letal sangat rendah yaitu 5 µg/kg atau part per trillion.</p>

No	Jenis Cemaran	Sumber Cemaran	Senyawa Berbahaya	Bahaya yang Ditimbulkan
				Kerusakan genetik karena cemaran senyawa dapat menimbulkan gangguan autisme pada anak.
D	Kontaminan Kimia dari kemasan	Kemasan plastik, kertas/karton, dan kaleng	Migrasi komponen kemasan ke dalam bahan makanan karena bereaksi dengan komponen bahan pangan yang dikemas.	<p>Monomer plastik seperti <i>vinil klorida</i>, serta komponen-komponen plastik seperti plastisizer, antioksidan, dan stabilizer juga potensial untuk bermigrasi sebagai cemaran pada bahan makanan yang dikemasnya.</p> <p>Monomer dari styrofoam yaitu styrene dapat bermigrasi ke bahan makanan yang mengandung lemak dan alkohol. Bahan ini dapat terakumulasi pada otak manusia dan jaringan syaraf.</p>

Sumber: Nuraida et al. (2009)

Pengendalian dan regulasi zat kimia berbahaya dalam makanan telah dilakukan. Peraturan dan standar nasional, regional dan internasional telah ditetapkan. Peraturan dan standar internasional yang ditetapkan oleh *Codex Alimentarius Commission* (CAC) menetapkan *General Standard for Contaminant and Toxin in Food* (GSCTF) (*World Health Organization*, 2015). Standar ini berperan pada perdagangan bahan makanan antar negara. CAC ini berada di bawah FAO/WHO juga menerbitkan regulasi untuk bahan kimia, seperti batas maksimum, rekomendasi pengendalian, rekomendasi metode sampling, dan analisis komponen kimia dalam bahan pangan. Peraturan-peraturan ini juga diadopsi oleh pemerintah Indonesia untuk

menjamin keamanan pangan asal dalam negeri dan impor, atau yang akan diekspor (Nuraida et al., 2009).

Pendekatan Kimia Hijau untuk Mencegah Pencemaran Zat Kimia dalam Makanan

Ilmu dan teknologi kimia berperan besar dalam peningkatan mutu kehidupan, karena berdampak pada perkembangan industri obat-obatan, peningkatan penyediaan pangan dunia yang ditunjang oleh pemanfaatan pupuk dan pestisida, serta penemuan zat-zat kimia untuk memperbaiki mutu kehidupan seperti, zat warna, kosmetik, plastik, dan membran untuk penyaringan cairan (*World Bank Group*, 2012). Namun kemajuan itu dibarengi pula dengan dampak buruk produk-produk kimia di samping limbah kimia terhadap lingkungan termasuk kehidupan manusia, seperti yang telah diuraikan sebelumnya. Untuk mencegah dampak buruk inilah muncul konsep “Kimia Hijau” yang didefinisikan sebagai kimia yang ramah lingkungan (*environmentally benign chemistry*) (Anastas & Warner, 1998). Pendekatan kimia hijau memandu berbagai penemuan dan penerapan pendekatan sintesis zat-zat kimia dengan menggunakan sumber-sumber terbarukan, kondisi-kondisi reaksi yang ramah lingkungan, meminimalkan energi dan merancang zat-zat kimia yang tidak beracun dan jauh lebih aman (Dhage, 2013). Selanjutnya proses kimia yang digunakan diusahakan agar seminimal mungkin dalam menimbulkan polusi pada lingkungan, dan tidak menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan (Clark, 2005).

Dalam hubungannya dengan keamanan pangan, konsep kimia hijau diterapkan sejak dari persawahan/perladangan/perkebunan/pertanian/perikanan sampai dengan pengolahan dan pengemasan bahan pangan. Bekerja sama dengan konsep pertanian berkelanjutan (*sustainable agriculture*) untuk mengurangi dampak buruk penggunaan zat-zat kimia untuk lingkungan pertanian, baik pada tanah, flora, fauna, dan badan air di sekitar daerah pertanian, juga pada kesehatan petani, yang menggunakannya dan masyarakat yang mengkonsumsi bahan makanan yang dihasilkan pertanian. Menurut laporan *United National Environment Program* (UNEP) dan *World Health Organization* (WHO) sekitar 3 juta orang

mengalami keracunan pestisida akut dan sekitar 10–20 ribu orang meninggal karena hal ini setiap tahun di negara-negara berkembang. Para ahli di Amerika Serikat memperkirakan bahwa sampai dengan 20 ribu orang Amerika mungkin akan meninggal karena kanker akibat adanya residu pestisida pada tingkat yang rendah pada makanan yang berasal dari nabati maupun hewani (Sinha, Herat, Valani, & Chauhan, 2009).

Untuk mengatasi hal ini, konsep pertanian berkelanjutan mengusulkan membudidayakan bahan pangan yang bergizi dan dapat melindungi kesehatan manusia dengan bantuan pupuk dan pestisida dari bahan-bahan organik yang berbasis zat-zat biologis (Sinha et al., 2009). Sejauh mungkin, sistem pertanian organik bergantung pada rotasi tanaman, pemanfaatan residu tanaman, pupuk kandang, kacang-kacangan, dan pupuk hijau demi menjaga produktivitas dan kesuburan tanah untuk memasok nutrisi tanaman. Ini menekankan pada metode pencegahan dan kuratif pengendalian hama seperti penggunaan kultivar yang tahan hama, agen biokontrol, dan metode budaya pengendalian hama (Sinha et al., 2009). *Vermicompost* (produk metabolisme cacing tanah yang memakan limbah organik) terbukti sebagai 'pupuk organik' yang sangat bergizi dan 'promotor pertumbuhan ajaib' yang kaya nitrogen, kalium, dan fosfor (NKP) dengan komposisi nitrogen 2-3%, kalium 1,85-2,25% dan fosfor 1,55-2,25%, mikronutrien, mikroba tanah yang menguntungkan dan juga mengandung 'hormon pertumbuhan dan enzim (Sinha et al., 2009). Bukti-bukti terakumulasi di seluruh dunia termasuk studi oleh Sinha et al. (2009), bahwa cacing tanah dan *vermikompost* dapat melakukan keajaiban, karena dapat 'membangun tanah', 'memulihkan kesuburan tanah', 'mempertahankan produksi pertanian' dan juga menyediakan 'makanan aman' bagi kemajuan peradaban.

Sistem pertanian berkelanjutan juga telah dipraktikkan di Indonesia antara lain, di Kabupaten Ciamis, Jawa Barat, yang menerapkan pola budidaya pertanian berkelanjutan dengan memanfaatkan kompos, jerami dan sisa tanaman yang ditanam di sawah, juga penggunaan mikroorganisme lokal, yang terbukti menghasilkan pendapatan bersih 1,5 kali lebih banyak daripada yang menerapkan pertanian konvensional dengan menggunakan

pupuk kimia dan pestisida. Usaha-usaha pertanian berkelanjutan ini juga sudah merambah ke Karawang, ke Jawa Tengah seperti Kabupaten Sukoharjo, Sragen, dan Bulungan (Sudjana, 2013). Semangat penerapan pertanian berkelanjutan juga semakin besar dengan banyaknya permintaan akan beras organik terutama di kota besar seperti Jakarta dengan permintaan sampai dengan 23 ton per minggu (Sudjana, 2013).

Peranan aktif pelaksana industri dalam menerapkan kimia hijau untuk menunjang sektor industri kimia pertanian telah dilakukan di India, yaitu kerja sama antara beberapa industri kimia pertanian dan obat-obatan (FICCI, 2014). Pendekatan dilakukan dengan menciptakan proses-proses industri yang bertujuan mereduksi tingkat *chemical oxygen demand* (COD) pada air limbah hasil industri dan mengembangkan kolaborasi sehingga dapat saling bertukar praktik baik antar berbagai industri kimia. Kerja sama tersebut berhasil mengembangkan teknologi untuk pendekatan *zero discharge solution*, yaitu teknologi pengolahan air limbah, yang memungkinkan untuk *recycle, recover, dan reuse* air hasil olahan. Dengan demikian hanya sedikit sekali air yang dibuang ke lingkungan. Selain mengembalikan 90 – 95% air yang digunakan, juga mendaur ulang produk samping dari limbah itu dapat menghemat biaya operasi. Demikian juga perlakuan untuk mengurangi COD dengan cara memanfaatkan H_2O_2 , perlakuan seperti *subcritical water oxidation, thermal-liquid phase oxidation, isolated bacteria*, dan pemanfaatan *adsorbent* seperti *carbon active*. Kerja sama untuk berbagi ilmu dan keahlian dalam penerapan kimia hijau akan menghasilkan pengembangan proses dan produk secara efisien dalam pendanaan.

Selanjutnya ada penerapan teknologi daur ulang pelarut organik yang digunakan untuk langkah-langkah pembuatan zat kimia, seperti pada sistem fermentasi, ekstraksi, pembentukan dan tahap akhir produk (*World Bank Group/WBG*, 2012). Pelarut-pelarut yang berbahaya bagi lingkungan diganti dengan pelarut yang ramah lingkungan seperti jenis dari soy methyl ester dan laktat ester yang berasal dari kedelai, yang mampu menggantikan pelarut yang merupakan turunan produk minyak bumi terklorinasi (FICCI, 2014). Pelarut lain adalah ethyllactate yang dapat menggantikan pelarut tradisional seperti toluen, aseton, dan xylene (FICCI, 2014). Pelarut-pelarut

ramah lingkungan ini mudah terurai secara biologis (*biodegradable*), mudah di daur ulang, menghasilkan emisi yang tidak berbahaya, bersifat non-korosif, dan non-carcinogenik (FICCI, 2014).

Pencegahan cemaran kimia dalam bahan pangan dengan menerapkan pendekatan kimia hijau juga dilakukan dengan menerapkan regulasi yang ketat pada berbagai industri yang berisiko mencemari lingkungan seperti memastikan bahwa limbah cair dan padat diolah dahulu sebelum dibuang ke lingkungan (Mustafa, 2016). Selain penerapan prinsip-prinsip kimia hijau seperti siklus tertutup pada industri bahan makanan, juga dapat diadvokasi upaya memperbaiki sikap hidup masyarakat agar mau menerapkan pengendalian limbah rumah tangga dan industri, memanfaatkan limbah industri pertanian dan peternakan untuk dijadikan sumber daya dan energi terbarukan, serta usaha menggunakan bahan-bahan kimia yang ramah lingkungan seperti cat dan bahan-bahan bangunan (Mustafa, 2016). Industri bahan pengemasan pangan juga sudah memperhatikan bahan-bahan kemasan pangan yang aman bagi pangan dan mudah didaur ulang atau bersifat *biodegradable* terutama bahan pengemas dari plastik, laminating logam dengan plastik atau kertas dengan plastik (Marsh & Bugushu, 2007; Raheem, 2012).

Sosialisasi gaya hidup yang sehat berkenaan dengan penyediaan dan konsumsi makanan yang aman juga telah dilaksanakan di Indonesia, antara lain pemberdayaan masyarakat pertanian alami perkotaan (Huda & Harijati, 2016; Susilo & Wijanarko, 2016), serta peraturan mengenai jajan sehat untuk anak sekolah. Berdasarkan Laporan Akhir Hasil Monitoring Dan Verifikasi Profil Keamanan Pangan Jajan Anak Sekolah (PJAS) Nasional tahun 2008, menunjukkan bahwa 98,9% anak jajan di sekolah dan hanya 1% yang tidak pernah jajan (BPOM, 2013). PJAS ini menyumbang 31,06% energi dan 27,44% protein dari konsumsi pangan harian (BPOM, 2013). PJAS selain berfungsi sebagai sumber pangan jajanan juga dapat berfungsi sebagai sumber pangan sarapan. Dengan mempertimbangkan keadaan ini Direktorat Standarisasi Produk Pangan, Deputi Bidang Pengawasan Keamanan Pangan dan Bahan Berbahaya, BPOM-RI, telah menerbitkan buku *Pedoman Pangan Jajanan Anak Sekolah untuk Pencapaian Gizi Seimbang*,

untuk orangtua, guru, dan pengelola kantin guna mengarahkan pemenuhan gizi dari pangan jajanan aman dan sehat bagi anak sekolah yang tidak atau kurang sarapan dan tidak membawa bekal (BPOM, 2013).

Pada 2011 sampai dengan 2014, Kementerian Kesehatan telah melakukan analisis terhadap pangan jajanan anak sekolah SD/MI (Pusat Data dan Informasi Kemenkes, 2015). Setiap tahun diambil sampel pangan jajan dari 4500 sekolah, dan dilakukan pembinaan terhadap sekolah yang telah disampel mulai tahun 2012. Hasil pengujian terhadap 10.429 sampel menunjukkan 76,18% memenuhi syarat dan 28,82% tidak memenuhi syarat keamanan pangan. Penyebab tidak memenuhi syarat karena pencemaran oleh mikroba, BTP (bahan tambahan pangan) yang berlebihan, dan penggunaan bahan berbahaya.

Jajanan yang diuji adalah bakso sebelum diseduh, jeli/agar-agar dan produk gelatin lain, minuman es, mie yang siap dikonsumsi, minuman berwarna dan sirup, kudapan (gorengan seperti: bakwan, tahu goreng, cilok, sosis, batagor, empek-empek), lontong, dan lain-lain, makanan ringan (kerupuk, keripik, produk ekstrusi, dan sejenisnya). Hasil pemeriksaan yang paling tidak memenuhi syarat adalah berturut-turut dari yang paling tinggi, minuman berwarna/sirup, minuman es, jeli/agar-agar, dan bakso. Penyebab tidak memenuhi syarat keamanan pangan adalah karena menggunakan bahan berbahaya yang dilarang untuk pangan yaitu BTP yang melebihi batas minimal, cemaran logam berat yang melebihi batas minimal, dan kualitas mutu mikrobiologis yang tidak memenuhi syarat. Departemen Kesehatan kemudian mengadakan pengawasan, pembinaan dan pengawalan terhadap 16.990 SD/MI sejak 2012–2014.

Dari uraian pada artikel ini dapat dikatakan bahwa Indonesia telah menerapkan berbagai peraturan untuk menjamin keamanan pangan *from the farm to the table* dengan koordinasi antar kementerian terkait (Pertanian, Kesehatan, Perindustrian, dan Perdagangan). Pemerintah juga sudah melakukan berbagai pengawasan terhadap pelaksanaan berbagai peraturan tersebut. Tetapi karena luasnya wilayah Indonesia, dan terdapat banyak penyedia bahan pangan mentah ataupun olahan yang kurang

pengetahuan atau tidak peduli pada keamanan pangan, maka sering terjadi keadaan luar biasa keracunan makanan yang datanya dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3. Meskipun pemerintah telah menetapkan berbagai aturan yang menjamin keamanan pangan dan pengawasan pelaksanaannya, namun peran aktif masyarakat masih diperlukan antara lain dengan memperhatikan jajanan di sekitar tempat kerja, sekolah dan perumahan, serta melaporkan kepada pihak terkait, jika ada kecurigaan pangan yang tidak aman. Dengan demikian masih diperlukan upaya peningkatan pengetahuan dan kepedulian bagi pelaku penyedia bahan pangan agar menerapkan keamanan pangan.

PENUTUP

Keamanan pangan memegang peran penting bagi tercapainya tujuan pembangunan berkelanjutan, terutama pencapaian TPB no 2, 3 6, dan 12. Salah satu indikator keamanan pangan adalah bebas dari cemaran zat kimia. Keamanan pangan dari kontaminan kimia dapat dicapai dengan penerapan konsep kimia hijau yang mencegah kontaminan kimia masuk ke lingkungan air, udara, dan tanah melalui berbagai rekayasa proses yang menerapkan 12 prinsip kimia hijau. Pencegahan cemaran kimia pada bahan pangan juga dapat dilakukan dengan tindakan berhati-hati terhadap penggunaan zat-zat kimia pada pangan dari mulai *farm to table*.

REFERENSI

- Anastas, P.T., & Warner J.C., (Eds). (1998). *Green chemistry: theory and practice*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Atmawikarta, A. (2016). *Evaluasi pencapaian MDGs dan pelaksanaan SDGs: fokus tujuan 2 “tanpa kelaparan*. Disampaikan pada Kongres Nasional IAKMI, Makassar 4 November 2016. Diakses melalui https://docplayer.info/32792207-Evaluasi-pencapaian-mdgs-dan-pelaksanaan-sdgs-fokus-tujuan-2.html#download_tab_content pada 3 Juni 2018.
- BPOM. (2013). *Pedoman pangan jajanan anak sekolah untuk pencapaian gizi seimbang: untuk orang tua, guru, dan pengelola kantin*. Jakarta: Deputi Bidang Pengawasan Keamanan Pangan dan Bahan berbahaya – BPOM – RI. Diakses melalui http://standarpangan.pom.go.id/dokumen/pedoman/Buku_Pedoman_PJAS_untuk_Pencapaian_Gizi_Seimbang_Orang_Tua_Guru_Pengelola_Kantin.pdf pada 10 Juni 2018.
- BPOM. (2017). *Keamanan pangan untuk Indonesia sehat*. Diakses melalui http://www.pom.go.id/files/2017/6_KeamananPangan.pdf pada 10 Juni 2018.
- Clark, J. H. (2005). Green chemistry and environmentally friendly technology. In C. A. M. Afonso and J. G. Crespo (eds). *Green Separation Processes*. pp 3 – 4. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim ISBN 3-527-30985-3. Diakses melalui https://www.wiley-ch.de/books/sample/3527309853_c01.pdf pada 20 Juni 2016.
- Dhage, S.D. (2013). Applications of green chemistry principles in every day life. *International Journal of Research in Pharmacy and Chemistry*, 3 (3). Diakses melalui <http://www.ijrpc.com/files/01-346.pdf> pada 16 Maret 2016.

- FAO & WHO. (1992). World declaration and plan of action for nutrition. *International Conference of Nutrition*, Rome, December 1992. Diakses melalui <http://www.fao.org/docrep/015/u9260e/u9260e00.pdf> pada 6 Agustus 2018.
- FICCI (Federation of Indian Chambers of Commerce and Industry). (2014). *Knowledge paper on safe and judicious use of agrochemicals and application of green chemistry* (March 2014). New Delhi: Federation of Indian Chambers of Commen India. Diakses melalui <http://fikki.in/spdocument/20377/Agro-Knowledge-paper.pdf> pada 10 Juni 2018.
- Hariyadi, P. (2010). Penanganan kontaminan pangan dalam rangka menjamin keamanan pangan. Makalah disampaikan pada Workshop Pokja *Keamanan Pangan Rencana Aksi Nasional Pangan dan Gizi 2011–2015*, Selasa B POM RI; 5 Oktober 2010. Diakses melalui https://www.researchgate.net/profile/Purwiyatno_Hariyadi2/publication/259480309_PENANGANAN_KONTAMINAN_PANGAN_DALAM_RANGKA_MENJAMIN_KEAMANAN_PANGAN/links/0deec52c180c347db800000/ pada 2 Juli 2018.
- Hariyadi, P. (2015). Keamanan pangan; Tantangan ganda bagi Indonesia. *Jurnal SNI Valuasi*, 91 (2). Diakses melalui https://www.researchgate.net/profile/Purwiyatno_Hariyadi2/publication/286443784_KEAMANAN_PANGAN_Tantangan_Ganda_bagi_Indonesia/links/5669724c08ae430ab4f71a5a/ pada 10 Juni 2018.
- Huda, N. & Harijati, S. (2016). Peran penyuluh dalam pemberdayaan masyarakat pertanian perkotaan. Dalam Toha et al. (Eds). *Peran matematika, sains dan teknologi dalam mendukung gaya hidup perkotaan (urban life style) yang berkualitas*. Tangerang Selatan: Universitas Terbuka.
- Kramer, C.S. (1990). Food safety: The consumer side of the environmental issue. *Southern Journal of Agricultural Economics*, 33-40.

- Marsh, K. & Bugus, B. (2007). Scientific status summary: food packaging—roles, materials, and environmental issues. *Journal of Food Science*, 72 (3), R39-R55.
- Mustafa, D. (2016). Kimia hijau dan pembangunan kesehatan yang berkelanjutan. Dalam Toha et al. (Eds). *Peran matematika, sains dan teknologi dalam mendukung gaya hidup perkotaan (urban life style) yang berkualitas (177-191)*. Tangerang Selatan: Universitas Terbuka.
- Mustafa, D. (2017). Peranan kimia hijau (*green chemistry*) dalam mendukung tercapainya kota cerdas (*smart city*), suatu tinjauan pustaka. Dalam Pangaribuan et al. (Eds). *Optimalisasi peran sains dan teknologi untuk mewujudkan smart city(167-188)*. Tangerang Selatan: Universitas Terbuka.
- Nuraida, L., Syamsir, E., & Herawati, D. (2009). Modul 3: Kontaminasi kimia dan pengendaliannya. Dalam *buku materi pokok PANG4318 keamanan pangan*. Tangerang Selatan: Universitas Terbuka.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 28 Tahun 2004 Tentang Keamanan, Mutu dan Gizi Pangan – Presiden Republik Indonesia. Diakses melalui jdih.pom.go.id/showpdf.php?u... pada 10 juni 2018.
- Pusat Data dan Informasi – Kementerian Kesehatan RI. (2015). *Situasi pangan jajanan anak sekolah tahun 2014*. Jakarta: Kemenkes RI. Diakses melalui www.depkes.go.id/download.php?file=download/pusdatin/infodatin/infodatin...pdf pada 10 Juni 2018.
- Raheem, D. (2012). Nutrition and food science: application of plastic and paper as food packaging materias: an overview. *Emirate Journal of Food and Agriculture*, 25(3),177-188.
- Schmidt, R. H. & Rodrick, G. E. (Eds). (2003). *Food safety handbook*. New Jersey: John Wiley & Sons. Diakses melalui

<https://muhammadsbuchi.files.wordpress.com/2010/04/food-safety-handbook.pdf> pada 10 Juni 2018.

Sinha, R., Herat, S., Valani, D., & Chauhan, K. (2009). The concept of sustainable agriculture: an issue of food safety and security for people, economic prosperity for the farmers and ecological security for the nations. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.*, 5 (S), 01-55.

Sparringa, R. (2014). Cemaran kimia pangan dan dampaknya terhadap kesehatan. Disampaikan pada Temu Ilmiah Internasional PERSAGI XV *Penguatan Profesi Gizi Untuk Mendukung pemerintahan dalam Mencegah Masalah Stunting dan Penyakit Degeneratif*. Yogyakarta, 27 November 2014. Diakses melalui <https://file.persagi.org/share/63%20KaBPOM%20-%20Cemaran%20Kimia%20Pangan.pdf> pada 10 Juli 2018.

Sudjana, B. (2013). Pertanian berkelanjutan berbasis kesehatan tanah dalam mendukung ketahanan pangan. *Majalah Ilmiah SOLUSI*, 11 (26), 1-16.

Susanto, A. (2017). Meningkatkan water resilience untuk menunjang smart city. Dalam Pangaribuan et al. (Eds.), *Optimalisasi peran sains dan teknologi untuk mewujudkan smart city*. Tangerang Selatan: Universitas Terbuka.

Susilo, A; dan Wijanarko. (2016). Kompetensi penyuluh pertanian dalam menumbuhkan potensi agribisnis di perkotaan. Dalam Toha et al. (Eds.), *Peran matematika, sains dan teknologi dalam mendukung gaya hidup perkotaan (urban life style) yang berkualitas*. Tangerang Selatan: Universitas Terbuka.

Undang-Undang Republik Indonesia, Nomor 7 tahun 1996. Tentang Pangan—Presiden Republik Indonesia. Diakses melalui www.hukumonline.com/pusatdata/downloadfile/lt4c2dfabd53e2b/pa-rent/420 pada 6 September 2018.

Undang-Undang Republik Indonesia, Nomor 18 tahun 2012 Tentang Pangan—Presiden Republik Indonesia. Diakses melalui <https://luk.staff.ugm.ac.id/atur/UU18-2012Pangan.pdf> pada 6 September 2018.

Utami, S. & Handayani, S.K. (2017). Ketersediaan air bersih untuk kesehatan: kasus dalam pencegahan diare pada anak. Dalam Pangaribuan et al. (Eds.), *Optimalisasi peran sains dan teknologi untuk mewujudkan smart city*. Tangerang Selatan: Universitas Terbuka.

Utomo, M. P. (2010). Green chemistry dengan kimia katalis. Dalam *Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan, dan Penerapan MIPA*, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta, 15 Mei 2010. Diakses melalui http://staffnew.uny.ac.id/upload/132206549/penelitian/08_green_chemistry.pdf pada 10 Juni 2018.

World Bank Group. (2012). Cleaner production: guidance notes on tools for pollution management (pp 173-183). *Getting to Green – A Sourcebook of Pollution Management Policy Tools for Growth and Competitiveness*. Washington, DC: The World Bank.

WHO. (2015). *From MDGs to SDGs: General Introduction*. Diakses melalui http://www.who.int/gho/publications/mdgs-sdgs/MDGs-SDGs2015_chapter1.pdf pada 10 Juni 2018.

World Health Organization (WHO). (2015). *Fact sheet No. 399: food safety*. Diakses melalui <http://www.who.int/campaigns/world-health-day/2015/fact-sheet.pdf> pada 9 Juni 2017.

PERAN PEMERINTAH MENJAWAB TANTANGAN BIDANG PETERNAKAN DALAM PEMENUHAN PROTEIN HEWANI

Sri Yuniati Putri Koes Hardini
(yuniati@ecampus.ut.ac.id)

PENGANTAR

Indonesia menjadi salah satu negara yang ikut menandatangani Deklarasi Milenium yang dilaksanakan pada tahun 2000. Komitmen tersebut diwujudkan dalam bentuk target yang sering disebut Millenium Development Goals (MDGs). Menurut Laporan Pencapaian Tujuan Pembangunan Milenium di Indonesia yang diterbitkan oleh Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional (BAPPENAS) tahun 2011, banyak peningkatan yang sudah dicapai, walaupun belum semua indikator dapat mencapai apa yang sudah ditargetkan. Hal ini disebabkan keterlambatan implementasi MDGs dari saat penandatanganan pada tahun 2000, sementara Indonesia baru mengimplementasikan pada tahun 2010 karena Indonesia harus memulihkan diri akibat krisis ekonomi tahun 1998.

Panuluh & Fitri (2016) melaporkan bahwa agenda pembangunan global MDGs ini sudah berakhir pada tahun 2015, sebagai gantinya 193 negara pendukung MDGs termasuk Indonesia menyepakati pembangunan universal baru yang tertuang dalam dokumen yang berjudul *Transforming Our World the 2030 Agenda for Sustainable Development* yang berisi 17 tujuan dan 169 sasaran dan mulai berlaku tahun 2016 hingga 2030. Dokumen ini terkenal dengan nama *Sustainable Development Goals* (SDGs) atau sering disebut dengan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (TPB).

Terdapat lima prinsip dasar dalam SDGs sebagai penyeimbang antara dimensi sosial, ekonomi, dan lingkungan yaitu (1) manusia (*people*), (2) bumi (*planet*), (3) kemakmuran (*prosperity*), (4) perdamaian (*peace*), dan kerjasama (*partnership*). Kelima prinsip dasar ini sering disebut dengan

istilah 5 P. Lima prinsip tersebut merupakan payung untuk menaungi tujuan dan sasaran SDGs yang terintegrasi dan tidak terpisah-pisah guna mencapai kehidupan manusia di bumi dengan lebih baik (Panuluh & Fitri, 2016). Jumlah Sasaran dan indikator dari masing-masing Tujuan pada SDGs dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Jumlah Sasaran dan Indikator dalam Setiap Tujuan SDGs

No	TUJUAN	Jumlah	
		Sasaran	Indikator
1	<i>No poverty</i> (Mengakhiri segala bentuk kemiskinan di mana pun).	7	12
2	<i>Zero hunger</i> (Menghilangkan kelaparan, mencapai ketahanan pangan dan gizi yang baik, serta meningkatkan pertanian berkelanjutan).	8	14
3	<i>Good health and well-being</i> (Menjamin kehidupan yang sehat dan meningkatkan kesejahteraan seluruh penduduk semua usia).	13	27
4	<i>Quality Education</i> (Menjamin kualitas pendidikan yang inklusif dan merata serta meningkatkan kesempatan belajar sepanjang hayat untuk semua).	10	11
5	<i>Gender equality</i> (Mencapai kesetaraan gender dan memberdayakan kaum perempuan),	9	14
6	<i>Clean water</i> (Menjamin ketersediaan serta pengelolaan air bersih dan sanitasi yang berkelanjutan untuk semua).	8	11
7	<i>Affordable and clean energy</i> (Menjamin akses energi yang terjangkau, andal, berkelanjutan, dan modern untuk semua).	5	6
8	<i>Decent work and economic growth</i> (Meningkatkan pertumbuhan ekonomi yang	12	17

No	TUJUAN	Jumlah	
		Sasaran	Indikator
	inklusif dan berkelanjutan, kesempatan kerja yang produktif dan menyeluruh, serta pekerjaan yang layak untuk semua).		
9	<i>Industry, innovation and infrastructure</i> (Membangun infrastruktur yang tangguh, meningkatkan industri inklusif dan berkelanjutan, serta mendorong inovasi).	8	12
10	<i>Reduced inequalities</i> (Mengurangi kesenjangan intra dan antarnegara).	10	11
11	<i>Sustainable cities and communities</i> (Menjadikan kota dan permukiman inklusif, aman, tangguh, dan berkelanjutan).	10	15
12	<i>Responsible consumption and production</i> (Menjamin pola produksi dan konsumsi yang berkelanjutan).	11	13
13	<i>Climate action</i> (Mengambil tindakan cepat untuk mengatasi perubahan iklim dan dampaknya).	5	7
14	<i>Life below water</i> (Melestarikan dan memanfaatkan secara berkelanjutan sumber daya kelautan dan samudera untuk pembangunan berkelanjutan).	10	10
15	<i>Life on land</i> (Melindungi, merestorasi, dan meningkatkan pemanfaatan berkelanjutan ekosistem daratan, mengelola hutan secara lestari, menghentikan penggurunan, memulihkan degradasi lahan, serta menghentikan kehilangan keanekaragaman hayati).	12	14
16	<i>Peace, Justice and strong institutions</i> (Menguatkan masyarakat yang inklusif dan damai untuk pembangunan berkelanjutan, menyediakan akses keadilan untuk semua,	12	23

No	TUJUAN	Jumlah	
		Sasaran	Indikator
	dan membangun kelembagaan yang efektif, akuntabel, dan inklusif di semua tingkatan).		
17	<i>Partnership for the goals</i> (Menguatkan sarana pelaksanaan dan merevitalisasi kemitraan global untuk pembangunan berkelanjutan).	19	25

Sumber: Panuluh & Fitri (2016) dan Perpres RI Nomor 59 tahun 2017.

Pada Tabel 1 terlihat bahwa dari sejak Indonesia ikut serta dalam pelaksanaan MDGs sampai SDGs, tujuan dan asaran yang akan dicapai di bidang Peternakan tidak dinyatakan dengan jelas, namun bergabung dengan Tujuan nomor 1 (memberantas kemiskinan dan kelaparan ekstrem) dan 7 (memastikan kelestarian lingkungan) pada MDGs serta Tujuan nomor 2 (*Zero hunger*) dan 15 (*Life on land*) dalam SDGs Lalu tujuan tersebut diturunkan lagi dalam rencana pembangunan bidang pertanian yang berkaitan erat dengan nilai gizi terutama protein hewani yang disediakan oleh bidang peternakan.

Untuk menindaklanjuti pelaksanaan SDGs di Indonesia, pada tahun 2017 terbit Peraturan Presiden RI Nomor 59 tahun 2017 tentang Pelaksanaan Pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan. Hal ini menunjukkan keseriusan pemerintah untuk ikut serta menyukseskan tercapainya SDGs di Indonesia. Dalam Lampiran Peraturan Presiden RI Nomor 59 tahun 2017 bidang peternakan dapat dilihat pada beberapa tujuan Global. Tujuan Global I adalah mengakhiri segala bentuk kemiskinan di wilayah mana pun; Tujuan Global II adalah menghilangkan kelaparan, mencapai ketahanan pangan dan gizi yang baik, serta meningkatkan pertanian berkelanjutan. Tujuan Global XV adalah melindungi, merestorasi, dan meningkatkan pemanfaatan berkelanjutan ekosistem daratan, mengelola hutan secara lestari, menghentikan penggurunan, memulihkan degradasi lahan, serta menghentikan kehilangan keanekaragaman hayati. Tujuan Global I, II dan XV ini diturunkan menjadi tiga Sasaran Global dan diuraikan dalam Sasaran

Nasional Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) 2015-2019.

Ketercapaian sasaran nasional RPJMN di bidang peternakan tersebut bergantung pada pemerintah dalam hal ini Kementerian Pertanian dan Direktorat Jenderal yang ada di bawah naungannya, dalam merencanakan dan melaksanakan program-programnya. Pertanyaannya adalah sampai sejauh mana pemerintah dalam hal ini diwakili oleh Kementerian Pertanian dan lebih khusus adalah Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan (Ditjen PKH) dapat menjawab tantangan bidang peternakan dalam memenuhi kebutuhan protein hewani di era millennium sesuai dengan target yang sudah ditetapkan dalam RPJMN.

Berdasarkan paparan tersebut, penulisan artikel ini bertujuan untuk menganalisis tantangan di bidang peternakan dalam pemenuhan gizi masyarakat sesuai dengan RPJMN. Dengan meningkatnya jumlah penduduk di setiap wilayah di Indonesia, meningkat pula kebutuhan akan protein baik nabati maupun hewani. Bidang peternakan merupakan salah satu sumber yang menjadi penyuplai kebutuhan protein hewani bagi penduduk.

PEMBAHASAN

Sesuai dengan Rencana Kerja Tahunan (RKT) Ditjen PKH Tahun 2016, **tujuan** Ditjen PKH tahun 2015-2019 adalah:

1. Meningkatkan populasi, produksi dan produktivitas ternak
2. Meningkatkan kualitas komoditas ternak
3. Meningkatkan produk ternak yang *Aman, Sehat, Utuh dan Halal* (ASUH) dan berorientasi ekspor
4. Meningkatkan status kesehatan hewan.
5. Mengembangkan usaha peternakan yang terintegrasi
6. Meningkatkan pendapatan dan kesejahteraan peternak.

Sasaran yang ingin dicapai meliputi:

1. Meningkatnya produksi pangan asal ternak
2. Meningkatnya daya saing peternakan
3. Meningkatnya kesejahteraan peternak.

Tujuan dan Sasaran yang terdapat di RKT Ditjen PKH tentunya merupakan turunan dari apa yang sudah dirumuskan dalam RPJMN 2015 – 2019. Bila dilihat sasaran nasional RPJMN 2015 – 2019, bidang peternakan terlibat langsung dalam usaha peningkatan gizi masyarakat yang tertuang dalam Tujuan Global nomor I dan II pada Sasaran Nasional RPJMN 2015-2019 nomor 1.1 (Tabel 2). Keterlibatan bidang peternakan tersebut, yaitu turut serta menurunkan prevalensi kekurangan gizi (*underweight*) pada anak balita pada tahun 2019 menjadi 17%. Ketersediaan protein hewani berhubungan dengan peningkatan gizi masyarakat. Selain itu bidang peternakan secara tidak langsung juga berperan dalam mengentaskan kemiskinan yang tertuang dalam Pelaksanaan Pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan.

Tabel 2. Pelaksanaan Pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan untuk Bidang Peternakan

Tujuan Global	Sasaran Global	Sasaran Nasional RPJMN 2015-2019
Menghilangkan kelaparan, mencapai ketahanan pangan dan gizi yang baik, serta meningkatkan pertanian berkelanjutan	1. Pada tahun 2030, menghilangkan kelaparan dan menjamin akses bagi semua orang, khususnya orang miskin dan mereka yang berada dalam kondisi rentan, termasuk bayi, terhadap makanan yang aman, bergizi, dan cukup sepanjang tahun.	<p>1.1. menurunkan prevalensi kekurangan gizi (<i>underweight</i>) pada anak balita pada tahun 2019 menjadi 17% (2013: 19,6%)</p> <p>1.2. menurunnya proporsi penduduk dengan asupan kalori minimum di bawah 1400 kkal/kapita/hari pada tahun 2019 menjadi 17% (2016:17,4%)</p>
	2. Pada tahun 2030, menghilangkan segala bentuk kekurangan gizi, termasuk pada	2.1. menurunnya prevalensi stunting (<i>pendek dan sangat pendek</i>) pada anak di bawah dua tahun/baduta pada tahun 2019 menjadi 28% (2013: 32,9%).

Tujuan Global	Sasaran Global	Sasaran Nasional RPJMN 2015-2019
	tahun 2025 mencapai target yang disepakati secara internasional untuk anak pendek dan kurus di bawah usia 5 tahun, dan memenuhi kebutuhan gizi remaja perempuan, ibu hamil dan menyusui, serta manula.	2.2 <i>Menurunnya prevalensi wasting (kurus) pada anak balita pada tahun 2019 menjadi 9,5% (2013: 12%).</i>
		2.3 <i>Menurunnya prevalensi anemia pada ibu hamil pada tahun 2019 menjadi 28% (2013: 37,1%).</i>
		2.4 <i>Persentase bayi usia kurang dari 6 bulan yang mendapat ASI eksklusif menjadi 50% pada tahun (2013: 38%).</i>
		2.5 <i>Meningkatnya kualitas konsumsi pangan yang diindikasikan oleh skor Pola Pangan Harapan (PPH) mencapai 92,5 (2014: 81,8), dan tingkat konsumsi ikan menjadi 54,5 kg/kapita/tahun pada tahun 2019 (2015: 40,9 kg/kapita/tahun).</i>

Sumber: Lampiran Perpres RI No 59 Tahun 2017

Banyak cara yang sudah dilakukan oleh pemerintah untuk mencapai target yang sudah ditentukan, misalnya yang dilakukan oleh Kementerian Pertanian melalui Ditjen PKH memberi bantuan ternak untuk keluarga miskin (Anam, 2018). Penerima manfaat bantuan ternak dipilih masyarakat miskin yang sudah mengusahakan ternak. Bantuan dapat berupa pemberian sapi indukan lokal, kambing, unggas lokal unggul, dan lain-lainnya; kemudian diberikan bantuan tambahan berupa kegiatan pengendalian penyakit rabies, penanaman hijauan makanan ternak, dan kendaraan operasional pusat kesehatan hewan (Puskesmas) keliling. Contoh bantuan ini sudah dilakukan di 10 desa di daerah Kabupaten Gianyar. Namun sepertinya usaha pemerintah untuk mencapai target tersebut masih berat untuk dapat dicapai, hal ini terkait erat dengan capaian target dari Ditjen PKH yang belum sesuai.

Dalam Laporan Tahunan Ditjen PKH tahun 2016, terdapat beberapa perkembangan yang perlu dicatat pencapaian targetnya yang meliputi capaian target untuk ternak besar, sedang, kecil, dan aneka ternak. Meskipun pertumbuhan ternak besar, sedang, kecil, dan aneka ternak mengalami kenaikan pada tahun 2016, namun kenaikan ini juga diikuti dengan kenaikan jumlah penduduk yang meningkatkan keperluan gizi dari protein hewani. Karena hal ini, hasil peningkatan ekspor di beberapa bidang peternakan menjadi kurang berarti karena terlibas oleh tingginya impor bidang peternakan. Statistik Peternakan dan Kesehatan Hewan atau *Livestock and Animal Health Statistic* (Ditjen PKH, 2017) menjelaskan sebagai berikut.

1. Nilai Ekspor

Peningkatan sebesar 22,52 persen untuk nilai ekspor produk peternakan terjadi pada tahun 2016; peningkatan ini berasal dari ekspor lain-lain. Masih terdapat jenis ekspor lainnya yang juga meningkat pada tahun 2016 yaitu ekspor hasil ternak sebesar 6,36 persen dari tahun 2015.

Dilihat dari sisi volume, pada tahun 2016 ekspor peternakan juga mengalami peningkatan sebesar 7,86 persen dari volume ekspor tahun 2015. Peningkatan tersebut di antaranya disebabkan oleh meningkatnya volume ekspor hasil ternak.

2. Nilai Impor

Pada tahun 2016 peningkatan juga terjadi pada nilai impor produk peternakan sebesar 8,75 persen dibandingkan impor tahun 2015. Peningkatan tersebut di antaranya disebabkan oleh meningkatnya nilai impor hasil ternak sebesar 17,05 persen.

Dari sisi volume, terjadi juga peningkatan impor peternakan pada tahun 2016 sebesar 19,23 persen dibanding volume impor tahun 2015. Salah satu penyebab peningkatan tersebut adalah meningkatnya volume impor hasil ternak sebesar 31,67 persen dari 0,4 juta ton pada tahun 2015 menjadi 0,6 juta ton pada tahun 2016.

Dari keterangan tersebut terlihat bahwa neraca ekspor–impor peternakan pada tahun 2015-2016 masih mengalami defisit (volume impor lebih besar dari pada volume ekspor). Defisit neraca ekspor–impor peternakan dalam kurun waktu 2015-2016 mengalami peningkatan sebesar 21,09 persen dari defisit pada tahun 2015. Jika pada tahun 2015 rasio volume ekspor terhadap volume impor senilai 1:7,1 maka pada tahun 2016 rasionya meningkat menjadi 1:7,9.

Defisit neraca ekspor-impor ini terjadi dari tahun ke tahun seperti yang ditunjukkan pada Statistik Peternakan dan Kesehatan Hewan (Ditjen PKH, 2015), yang dalam kurun waktu 2013-2014 mengalami peningkatan sebesar 24,88 persen. Namun, terjadi sedikit penurunan defisit pada tahun 2016 yaitu sebesar 5,5 persen, dari defisit sebesar 1,26 juta ton pada tahun 2014 menjadi defisit sebesar 1,19 juta ton pada tahun 2015. Data ini dijelaskan dalam Statistik Peternakan dan Kesehatan Hewan (Ditjen PKH, 2016).

Pemerintah sudah berusaha untuk membuat program yang ditujukan untuk peningkatan peternakan dan kesejahteraan peternak, sehingga terjadi peningkatan jumlah populasi ternak dan produksi daging, telur dan susu di setiap tahun. Namun, karena konsumsi protein yang meliputi daging, telur dan susu per tahun juga meningkat, berakibat pada meningkatnya impor peternakan.

Salah satu program kegiatan yang sudah dilakukan oleh pemerintah dalam menghadapi tantangan pemenuhan gizi masyarakat dan peningkatan pembangunan peternakan di Indonesia adalah diterbitkannya Peraturan Menteri Pertanian Republik Indonesia Nomor 48 tahun 2016 tentang Upaya Khusus Percepatan Peningkatan Populasi Sapi dan Kerbau Bunting. Dalam pelaksanaan di lapangan, pemerintah dalam hal ini Kementerian Pertanian telah membentuk Sekretariat Kelompok Kerja Upus Siwab dan Tim Supervisi Upaya Khusus Percepatan Peningkatan Populasi Sapi dan Kerbau Bunting. Program ini berguna untuk meningkatkan potensi induk dalam menghasilkan pedet, dengan membantu mengurangi gangguan reproduksi,

mengatur panjang *calving interval*, membantu memperbaiki manajemen pemeliharaan dan pemberian pakan, penyediaan semen beku, pengendalian penyakit, dan mengendalikan pematangan betina produktif.

Banyak usaha atau program-program yang disediakan dan dilaksanakan oleh pemerintah yang bertujuan untuk meningkatkan produktivitas ternak, baik itu ternak besar, sedang, kecil, dan aneka ternak. Namun masih banyak kendala yang dihadapi pemerintah dalam meningkatkan peternakan di Indonesia. Sejumlah kendala yang masih ada, antara lain berikut ini.

1. Pembibitan dan produksi ternak

- Ketersediaan bibit ternak yang masih belum mencukupi, karena untuk pemeliharaan indukan diperlukan biaya yang mahal dan waktu yang panjang. Manajemen pemeliharaan juga perlu diperbaiki dengan menggunakan sistem pencatatan (*recording system*) yang baik.

Sebenarnya Indonesia memiliki bibit unggul sapi yaitu sapi Bali, dan juga kerbau yang memiliki daya tahan paling sesuai dengan iklim tropis. Namun, ternyata kondisi peternakan sapi dan kerbau belum memungkinkan untuk hanya dijadikan peternakan pembibitan (*breeding farm*) yang dilakukan oleh perorangan, atau perusahaan swasta. Hal ini disebabkan peternakan pembibitan sapi apalagi kerbau memerlukan investasi sangat besar dan memerlukan waktu yang lama untuk memperoleh keturunan yang dibutuhkan oleh pasar. Secara manajerial, peternak masih terkendala dengan teknologi pencatatan yang diperlukan dalam pengelolaan *breeding farm*. Pencatatan ini menjadi sangat penting karena dengan pencatatan dapat dilihat sapi-sapi yang memiliki produktivitas tinggi dan sifat ini diturunkan secara tetap dan konsisten.

- Permasalahan penting tentang kebijakan perunggasan yang menyangkut bibit ayam muncul dari Permentan nomor

61/Permentan/PK.230/12/2016. Peraturan ini membatasi pertumbuhan pelaku usaha ternak mandiri dan koperasi, karena adanya persyaratan yang harus dipenuhi pelaku usaha, serta adanya pengaturan harga daging dan telur ayam yang sering kali tidak sesuai dengan kondisi di lapangan. Keadaan ini dirasakan sangat merugikan peternak kecil.

2. Pakan

Ketersediaan pakan yang mencukupi baik kualitas maupun kuantitas perlu ditingkatkan. Penggunaan bahan pakan lokal yang tidak bergantung pada bahan pakan impor juga perlu ditingkatkan, sehingga tidak bergejolak pada saat nilai dolar naik. Sebagai contoh adalah penggunaan jagung dan *feed supplement* lainnya. Ketersediaan hijauan yang cukup untuk daerah tertentu sudah semakin sulit, karena lahan digunakan untuk keperluan hidup manusia. Sudah ada usaha peternak untuk memanfaatkan bekicot sebagai sumber protein pada pakan ternak. Namun, untuk peternak skala besar kontinuitas ketersediaan untuk tepung bekicot ini masih jadi kendala. Bila ketersediaan tepung bekicot sebagai sumber protein dapat disediakan cukup dan berkelanjutan, hal ini akan dapat menekan biaya produksi karena dapat menekan biaya yang berasal dari bahan pakan impor.

3. Kesehatan hewan

- Perlu optimalisasi pemanfaatan Pusat Kesehatan Hewan (Puskeswan) yang jumlahnya masih belum memadai.
- Kebijakan baru pemerintah mengenai pelarangan penggunaan AGP (*antibiotic growth promoter*).
- Adanya fenomena klinis baru dari virus AI H9N2.

4. Kesehatan masyarakat veteriner

Peningkatan fungsi dan persyaratan teknik untuk rumah potong hewan (RPH).

5. Pengolahan dan pemasaran hasil peternakan

- Perlu didukung aturan dan kebijakan pemerintah yang berhubungan dengan ketersediaan DOC (*day old chicks*) yang sering kali merugikan peternak kecil dan lebih menguntungkan ke peternak besar.
- Terjadinya impor daging kerbau dari India untuk menekan harga daging dalam negeri, namun merugikan peternak kecil.

6. Kebijakan Pemerintah

Adanya kebijakan yang dirasa kontroversial terhadap pembangunan peternakan di Indonesia antara lain (Dinas Ketahanan Pangan dan Peternakan Jawa Barat, 2018):

- Permendag No 27/M.DAG/PER/5/2017 tentang Penetapan Harga Acuan Pembelian di Petani dan Harga Acuan Penjualan di Konsumen. Aturan harga ini menimbulkan gejolak baik dalam masyarakat maupun petani peternak.
- PP4/2016 dan SK Mentan No 2556/2016 yang memberikan peluang impor daging sapi dari negara yang belum bebas penyakit mulut dan kuku (PMK) yaitu India.
- Permentan No 02/2017 yang salah satunya menyatakan rasio impor sapi bakalan dengan indukan adalah 1:5.

Kebijakan pemerintah seharusnya menguntungkan tidak saja peternak kecil namun juga masyarakat sebagai konsumen. Namun kenyataannya kebijakan pemerintah ini sering kali tidak sesuai dengan peternak kecil. Sebagai contoh: kebijakan tentang pembatasan bibit ayam yang membebani peternak kecil dengan skala tertentu yang harus memiliki kandang tertutup menggunakan AC dan fan. Persyaratan ini tentu akan mengubah struktur kandang dan meningkatkan modal, sementara keuntungan masih belum

bisa diprediksi meningkat. Selain itu, adanya kebijakan impor daging yang berasal dari India, dimana negara ini diketahui masih belum bebas dari penyakit mulut dan kuku. Kebijakan ini menuai kontroversi karena tidak sesuai dengan aturan pencegahan penyakit yang dicanangkan pemerintah Indonesia yang sudah bebas dari penyakit mulut dan kuku.

Sejumlah kebijakan yang kurang bersahabat dengan kesejahteraan peternak ini akan menghambat tercapainya pembangunan peternakan yang bertujuan untuk meningkatkan produksi (ketersediaan) ternak, usaha yang berkelanjutan (sumberdaya), dan tercapainya kesejahteraan peternak.

Apabila dilihat dari Tujuan Global nomor XVII dalam SDGs, bidang peternakan memiliki target yang harus dicapai seperti tergambar pada Sasaran Nasional RPJM Nasional 2015-2019 pada butir 4.1 yaitu: Meningkatnya 10% populasi 25 jenis satwa terancam punah pada tahun 2019 (2015: 2%), dan butir 7.1 yaitu: Meningkatnya pemanfaatan keanekaragaman hayati untuk mendukung pertumbuhan ekonomi, daya saing nasional dan kesejahteraan masyarakat hingga tahun 2019. Terdapat banyak satwa yang terancam punah yang merupakan sumber daya hayati milik Indonesia. Beberapa satwa tersebut diantaranya adalah *Gallus-gallus Red jungle fowl* dan *Gallus-varius Green jungle fowl* yang merupakan dua spesies ayam asli Indonesia dan digunakan sebagai cikal bakal ayam ras yang sekarang ada, baik untuk ayam petelur maupun ayam pedaging. Berdasarkan laporan dari IUCN (*International Union for Conservation Nature*) tahun 2018, status *Red jungle fowl* dalam posisi *least concern*, yang angkanya terlihat meningkat dari tahun ke tahun sehingga apabila tidak diadakan usaha pelestariannya akan dapat segera menuju kepunahan. Hal ini seperti diyakini oleh Gautier (2018) dalam Animal Diversity Web (ADW) bahwa *Gallus-gallus* telah menghilang dari Asia Tenggara dan Filipina bagian selatan.

Selain *Red jungle fowl*, Sapi Bali merupakan hewan ternak murni yang dimiliki oleh Indonesia sebagai salah satu hewan yang dapat digunakan

sebagai cikal bakal bibit sapi pedaging yang sesuai untuk daerah tropis. Salah satu usaha pemerintah dalam hal ini Ditjen PKH adalah membuka daerah tertentu sebagai sentra pengembangan dan pemurnian bibit unggul asli Indonesia. Daerah Nusa Penida sebagai salah satu sentral pengembangan Sapi Bali, juga di daerah lain di luar pulau Bali misalnya di Kabupaten Konawe Selatan, Kabupaten Barru, dan Kabupaten Barito Koala (Arifin, 2015).

Hasil yang sudah diperoleh dengan dilakukannya berbagai program pemerintah memang belum signifikan dalam memenuhi kebutuhan daging masyarakat. Pengembangan pemurnian ternak besar memerlukan waktu yang sangat lama, juga diperlukannya pencatatan dan manajemen yang baik. Berbagai aspek menentukan tercapainya program-program pemenuhan kebutuhan gizi dan protein masyarakat. Aspek kebijakan, pelaku usaha dan peternak, sarana-prasarana atau infrastruktur, dan lain-lain saling terkait dan terintegrasi menentukan capaian tujuan pembangunan berkelanjutan/SDGs.

PENUTUP

Peran pemerintah dalam hal ini Kementerian Pertanian yang dilaksanakan oleh Ditjen PKH untuk menjawab tantangan dalam memenuhi kebutuhan protein hewani masih banyak yang belum dapat dicapai sesuai target yang sudah ditetapkan dalam RPJMN, meskipun ada beberapa bidang yang sudah mencapai target dalam meningkatkan populasi dan produksi hasil ternak. Usaha yang perlu dilakukan pemerintah dalam hal ini Ditjen PKH adalah (a) dengan mengedukasi masyarakat peternak untuk meningkatkan penggunaan produk lokal sebagai pengganti bahan impor dan (b) mengeluarkan kebijakan yang berpihak pada peternak kecil, sehingga diharapkan dapat meningkatkan produktivitas dan kesejahteraan peternak.

Pencapaian target RPJMN masih banyak dipengaruhi oleh (a) meningkatnya jumlah penduduk dari tahun ke tahun, meningkatkan pula kebutuhan akan protein hewani, yang memicu peningkatan impor produk di bidang

peternakan; (b) alih fungsi tanah menjadi tanah hunian yang mendesak bidang pertanian dan peternakan; (c) kebijakan tentang peternakan yang terasa memberatkan peternak kecil; (d) perlu waktu yang lama untuk mengembangkan ternak besar yang produktif, meskipun bibit lokal tersedia; (e) perlu perhatian lebih untuk pelestarian satwa langka yang merupakan cikal bakal bibit saat ini.

REFERENSI

Anam, C. (2018). *Kementan Dorong Pengentasan Kemiskinan Lewat Usaha Peternakan*. Diakses melalui <http://industri.bisnis.com/read/20180131/99/732710/kementan-dorong-pengentasan-kemiskinan-lewat-usaha-peternakan>. 31 Januari 2018 pada 4 Juli 2018.

Arifin, C. (2015). *Daerah-ini-ditetapkan-sebagai-wilayah-bibit-sapi-berkualitas*. Diakses melalui <http://www.tribunnews.com/bisnis/2017/01/11/15-> pada 4 Juli 2018.

BAPPENAS. 2011. *Laporan Pencapaian Tujuan Pembangunan Milenium di Indonesia 2011*. Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional/Badan Perencanaan Pembangunan Nasional.

Dinas Ketahanan Pangan dan Peternakan Jawa Barat. (2018). *Outlook Bisnis Peternakan 2018. Menyambut Tahun Politik dan Tahun Bebas AGP*. Diakses melalui <http://dkpp.jabarprov.go.id/wp-content/uploads/2018/01/Outlook-Bisnis-Peternakan-2018.pdf> pada 25 Mei 2018.

Ditjen PKH. 2017. *Statistik Peternakan dan Kesehatan Hewan. Livestock and Animal Health Statistics 2017*. Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan. Kementerian Pertanian. Diakses pada <http://ditjenpkh.pertanian.go.id>.

Ditjen PKH. 2016. *Laporan Tahunan Ditjen PKH 2016*. Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan. Diakses pada http://ditjenpkh.pertanian.go.id/userfiles/File/Laporan_Tahunan_Ditjen_PKH_2016.pdf?time=1505709139323 Diunduh 4 Juli 2018.

- Ditjen PKH. 2016. *Statistik Peternakan dan Kesehatan Hewan. Livestock and Animal Health Statistics 2016*. . Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan. Kementerian Pertanian. Diakses pada <http://ditjenpkh.pertanian.go.id>.
- Ditjen PKH. 2015. *Rencana Kinerja Tahunan Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan Tahun 2016*. Kementerian Pertanian Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan.
- Ditjen PKH. 2015. *Statistik Peternakan dan Kesehatan Hewan. Livestock and Animal Health Statistics 2015*. Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan. Kementerian Pertanian. Diakses pada <http://ditjenpkh.pertanian.go.id>.
- Gautier, Z. (2018). *Gallus gallus Red jungle fowl*. Animal Diversity Web ADW. Diakses melalui https://animaldiversity.org/site/accounts/information/Gallus_gallus.html pada 4 Juli 2018.
- Panuluh, S. & Fitri, M.R. (2016). *Briefing Paper 02. Perkembangan Pelaksanaan Sustainable Development Goals (SDGs) di Indonesia. September 2015 – September 2016*. Diakses melalui https://www.sdg2030indonesia.org/an-component/media/upload-book/Briefing_paper_No_1_SDGS_-2016-Meila_Sekar.pdf pada 4 Juli 2018.
- Peraturan Presiden RI Nomor 59 tahun 2017 tentang Pelaksanaan Pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan.
- The IUCN. (2018). *Red List of Threatened Species 2018-1*. Diakses melalui <http://www.iucnredlist.org/search?page=854> pada 4 Agustus 2018.
- UNDP. 2015. *Sustainable Development Goals*. Diakses melalui <http://www.undp.org/content/undp/en/home/sustainable-development-goals/> pada 4 Juli 2018.

MODEL STRUKTURAL PENGELOLAAN TEMPAT PENAMPUNGAN DAN POTONG AYAM SECARA BERKELANJUTAN DALAM MENDUKUNG KETAHANAN PANGAN

Maya Dewi Dyah-Maharani (mayasudarsono@gmail.com)
Dem Vi Sara (demvisara@ecampus.ut.ac.id)

PENGANTAR

Menurut data dan informasi Asosiasi Rumah Potong Hewan Unggas Indonesia (ARPHUIN) bahwa produksi daging ayam ras dalam negeri belum bisa dikatakan surplus (Gumilar, 2018). Hal ini karena fakta dan kondisi eksisting selama bertahun-tahun di tingkat lapang menunjukkan bahwa sebenarnya bisnis perunggasan di Indonesia bersifat fleksibel. Artinya, ketika produksi terlalu tinggi, maka pelaku bisnis termasuk di dalamnya industri Rumah Potong Unggas/Ayam (RPU/A), terutama yang dikelola oleh swasta, akan menurunkan jumlah produksinya. RPU/A sendiri disini merupakan salah satu komponen infrastruktur pertanian yang bermanfaat dalam penyediaan Pangan Asal Hewan (PAH), yaitu daging untuk meningkatkan gizi masyarakat Indonesia.

Lebih lanjut, Saputro (2014) menjelaskan bahwa RPU/A adalah kompleks bangunan dengan disain dan konstruksi khusus yang memenuhi persyaratan teknis dan higienis tertentu, serta digunakan sebagai tempat memotong unggas atau ayam bagi konsumsi masyarakat umum. Tujuan dari pemotongan unggas atau ayam adalah untuk memenuhi kebutuhan daging unggas, khususnya ayam bagi masyarakat. Dalam penyediaan daging yang memenuhi persyaratan *Aman, Sehat, Utuh dan Halal (ASUH)*, pada umumnya dilakukan melalui rumah potong unggas atau ayam, baik yang terkoordinir (RPU/A) maupun yang tidak terkoordinir di tempat penampungan dan potong ayam (TPnA) oleh pemerintah. Fakta lain di lapang menunjukkan bahwa kondisi pengelolaan dalam TPnA masih ditemukan bakteri jenis *Enterobacteriaceae* dengan jumlah 37.536,7 cfu/g

(Abudarda, 2015). Bakteri tersebut merupakan bakteri yang paling sering digunakan sebagai parameter higienis pada unit usaha pangan termasuk PAH (Baylis, Mieke, Han, & Andy, 2011).

Sementara itu, produk samping dari usaha bisnis TPnA tersebut seperti kepala, ceker, hati, ampela, jantung dan usus, dimanfaatkan untuk dikonsumsi oleh masyarakat setempat. Sedangkan limbah bulu ayam basah nya menghasilkan nilai tambah yang lebih tinggi dibandingkan dengan limbah bulu kering nya (Suseno, 2016). Namun demikian, pengangkutan ayam ras pedaging ke tempat pemotong dan penyimpanan di TPnA ini memiliki risiko penyebaran virus Avian Influenza (AI) yang lebih tinggi dibandingkan dengan risiko dari daerah asal, apalagi ditambah dengan kelembaban dan suhu yang tinggi selama dalam perjalanannya (Suriastini, 2014).

Selain itu, Puspaningrat, Pribadi, & Dyah-Maharani (2018) menyatakan bahwa indeks keberlanjutan pengelolaan TPnA adalah sebesar 24,66 atau dalam kategori tidak berkelanjutan dengan sepuluh atribut yang disertakan. Kenyataan inilah yang mendorong dilanjutkannya penelitian tersebut dengan mencari suatu model struktural pengelolaan TPnA secara berkelanjutan. Sepuluh atribut yang disertakan tersebut akan menjadi kriteria utama dalam perumusan kebijakan direktif dan program yang diperlukan sebagai landasan agar tujuan mencapai ketahanan pangan, meningkatkan gizi, serta mendorong pertanian yang berkelanjutan dapat diwujudkan.

METODE

Penelitian dilaksanakan dari bulan Oktober 2017 sampai dengan bulan April 2018. Data primer berupa 10 atribut meliputi: mutu limbah, kondisi higienis sanitasi, nilai ekonomi bulu ayam, peranan terhadap pendapatan asli daerah, kelayakan usaha, sikap pengusaha, keselamatan, peraturan proses pemotongan, izin usaha, serta jadwal pemotongan, yang digunakan sebagai kriteria utama dalam struktur hirarki penyusunan prioritas strategi alternatif. Data tersebut diperoleh langsung dari beberapa TPnA yang rata-

rata berdiri sejak tahun 1971, meliputi Kota dan Kabupaten Bogor, Kota Semarang, Malang dan Surabaya. Data primer lainnya (waktu retensi, jumlah, dan metode penanganan limbah) diperoleh dari hasil wawancara dengan Kepala Bidang dan Kepala Unit Pelaksana Teknis Daerah (UPTD), sedangkan data sekunder (jumlah ternak yang dipotong, jumlah penggunaan sumberdaya) diperoleh dari Laporan Kegiatan Dinas Pertanian Kota Bogor dan UPTD Rumah Potong Hewan (RPH) Terpadu. Metode analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah: (a) *Analytical Hierarchy Proses (AHP)*, serta (b) *Interpretative Structural Modeling (ISM)*. Output dari analisis AHP adalah kebijakan direktif alternatif yang akan ditindaklanjuti dengan rencana aksi program, selanjutnya program digambarkan secara struktural dengan menggunakan analisis ISM.

Analisis *Analytical Hierarchy Process (AHP)*

Analytical Hierarchy Process (AHP) adalah salah satu metode analisis data untuk proses memilih alternatif suatu strategi yang dalam hal ini adalah alternatif strategi pengelolaan usaha jasa TPnA secara berkelanjutan. AHP dikembangkan oleh *Dr. Thomas L. Saaty* dari *Wharton School of Business* pada tahun 1970-an untuk mengorganisir informasi dan pendapat ahli (*judgment*) dalam memilih alternatif yang paling disukai (Saaty, 1993). Dengan menggunakan *AHP*, suatu persoalan akan diselesaikan dalam suatu kerangka pemikiran yang terorganisir, sehingga dapat diekspresikan untuk mengambil keputusan yang efektif atas persoalan tersebut. Dengan kata lain, persoalan yang kompleks akan dapat disederhanakan dan dipercepat proses pengambilan keputusannya.

Analisis AHP dimulai dengan membuat struktur hirarki, kemudian dilanjutkan diskusi dengan tiga unsur pakar (Birokrat, Pengusaha Usaha Mikro Kecil Menengah TPnA, Akademisi) untuk menentukan dan sekaligus melakukan validasi kriteria utama dalam struktur hirarki. Kriteria utama yang dirumuskan merupakan hasil analisis atribut *leverage* (Puspaningrat et al., 2018) dengan penambahan komponen waktu pemotongan. AHP mempunyai banyak keunggulan dalam menjelaskan proses pengambilan keputusan karena dapat digambarkan secara grafis, sehingga mudah

dipahami oleh semua pihak yang terlibat dalam pengambilan keputusan. Dengan AHP proses pengambilan keputusan yang kompleks dapat diuraikan menjadi keputusan-keputusan lebih kecil yang dapat ditangani dengan mudah. Selain itu, AHP juga menguji konsistensi penilaian bila terjadi penyimpangan yang terlalu jauh dari nilai konsistensi sempurna. Prinsip kerja *AHP* dengan menggunakan program *expert choice* (Forman & Selly, 2002) adalah menyederhanakan suatu persoalan kompleks yang tidak terstruktur, strategis, dan dinamik, menjadi sebuah bagian-bagian dan tertata dalam suatu hierarki. Tingkat kepentingan setiap variabel diberi nilai numerik secara subyektif tentang arti penting variabel tersebut dan secara relatif dibandingkan dengan variabel yang lain. Dari berbagai pertimbangan kemudian dilakukan sintesa untuk menetapkan variabel yang memiliki prioritas tertinggi dan berperan untuk mempengaruhi hasil pada sistem tersebut.

Analisis Interpretative Structural Modeling (ISM)

Metode *Interpretative Structural Modeling (ISM)* merupakan metodologi yang dibangun dengan baik untuk mengidentifikasi dan meringkas hubungan yang saling berkaitan antara perihal khusus dari suatu masalah atau isu (Sharma, Singh, Kumar, 2012; Sage, 1977; Attri, Dev, Sharma, 2013; Bhattacharya & Momaya, 2009; Wen-Chin Chen, Li-Yi Wang, & Meng-Chen Lin., 2015; Jacob, George, & Pramod, 2014; Dyah-Maharani, Soemardjo, Eriyatno, Pribadi, 2015). Berdasarkan konsep Saxena (1992), program kemudian dapat dibagi ke dalam sembilan elemen, yaitu: (1) sektor masyarakat yang terpengaruh oleh program, (2) kebutuhan dari program, (3) kendala utama program, (4) perubahan yang dimungkinkan dalam program, (5) tujuan dari program, (6) tolok ukur untuk menilai setiap tujuan program, (7) aktivitas yang dibutuhkan guna perencanaan tindakan, (8) ukuran aktivitas guna mengevaluasi hasil yang dicapai oleh setiap aktivitas, dan (9) lembaga yang terlibat dalam pelaksanaan program. Dengan merujuk kepada konsep tersebut, maka program pembangunan dan renovasi TPnA yang efektif untuk pengelolaan usaha jasa TPnA secara berkelanjutan dirancang dengan lima elemen yaitu: (1) tujuan dari program lokalisasi pembangunan dan renovasi TPnA yang terpadu di kawasan Rumah Potong

Hewan Ruminansia (RPH-R), (2) perubahan yang dimungkinkan, (3) tolok ukur untuk menilai setiap tujuan tolok ukur, (4) kendala utama program, dan (5) lembaga yang terlibat dalam program.

Tiga hal yang dihasilkan oleh metode ISM tersebut meliputi: (1) elemen kunci, (2) struktur hirarki elemen, dan (3) pengelompokan elemen dalam empat sektor klasifikasi. Keempat sektor klasifikasi tersebut adalah sektor I atau *independent*, sektor II atau *linkage*, sektor III atau *dependent*, dan sektor IV atau *autonomous*. Klasifikasi sektor *independent* adalah elemen yang memiliki kekuatan penggerak besar, dan kecil ketergantungannya. Klasifikasi sektor *linkage* adalah sektor yang memiliki hubungan antar peubah yang tidak stabil dan setiap perubahan tindakan dari peubah tersebut akan berdampak terhadap sub-elemen lainnya. Umpan balik dari pengaruhnya dapat memperbesar dampak, sehingga sub-elemen ini harus dikaji secara hati-hati. Klasifikasi sektor *dependent* adalah sub-elemen yang tidak bebas. Sedangkan, klasifikasi sektor *autonomus* merupakan sub-elemen yang tidak terkait langsung dengan sistem, dan memiliki hubungan yang sedikit, tetapi dapat lebih kuat berpengaruh terhadap pencapaian tujuan.

PEMBAHASAN

Tujuan TPnA adalah sebagai tempat pemotongan ayam yang mempertimbangkan prinsip kesehatan masyarakat veteriner dan kesejahteraan hewan. Diperoleh data bahwa rata-rata jumlah Usaha Mikro Kecil Menengah (UMKM) TPnA di kabupaten atau kota ada sebanyak 31 unit, dengan jumlah rata-rata pemotongan ayam setiap UMKM berkisar (100-13.000) ekor/hari. Kondisi luas bangunan usaha tersebut berkisar antara 10-50 meter² dan menyatu dengan rumah pemiliknya yang sebagian besar berumur antara 40-51 tahun dengan tingkat pendidikan SLTP, SLTA dan S-1. Analisis pengolahan data pada TpnA dengan menggunakan metode AHP dan *software expert choice* yang menyertakan sepuluh kriteria dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria Utama dan Strategi Alternatif Hasil Olahan *Expert Choice* Berdasarkan *Combined Tiga Pakar* dengan Menggunakan Rata-Rata Agregasi

Kriteria Utama	Nilai	Alternatif Strategi	Nilai
Higienitas dan sanitasi	0,31	Pengembangan Kredit Unit usaha	0,13
Peraturan proses pemotongan	0,20	Kemitraan TPnA dengan Peternak dan Pengusaha	0,16
Mutu limbah ternak	0,07	Pengendalian Jumlah TPnA	0,16
Izin usaha jasa TPnA/RPU(A)	0,12	Lokalisasi TPnA terpadu dengan RPH-R	0,19
Kelayakan usaha jasa	0,11	Pelayanan Penyediaan PAT	0,20
Keselamatan keamanan pekerja	0,04	Diversifikasi Unit usaha TPnA	0,15
Sikap pengusaha terhadap pemindahan	0,04		
Peranan terhadap Pendapatan Asli Daerah (PAD)	0,04		
Manfaat dan nilai ekonomi bulu ayam	0,05		
Waktu pemotongan	0,02		

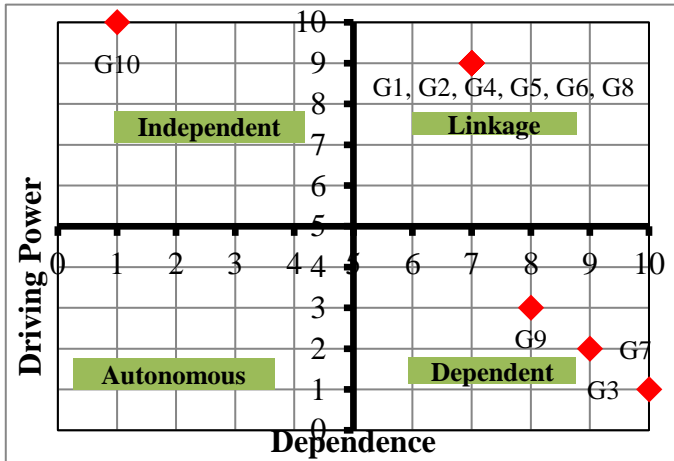
Hasil analisis AHP pada Tabel 1 menunjukkan bahwa prioritas alternatif strategi adalah pada Pelayanan Penyediaan Pangan Asal Ternak (PAT) dengan indeks 0,20, yang kemudian ditindaklanjuti dengan Program Ketahanan Pangan melalui Komponen Rencana Aksi Lokalisasi Pembangunan, dan Renovasi TPnA yang Terpadu dengan kawasan rumah potong hewan ruminansia (RPH-R).

Hasil Analisis Struktur

Elemen dan Sub Elemen Tujuan

Gambar 1 menunjukkan bahwa **sub-elemen merancang dan menata letak sarana prasarana serta alat mesin** sesuai kaidah-kaidah halal (G_1), memperbaiki teknologi pemotongan (G_2), mengendalikan jumlah gas CO_2 yang dilepaskan ke udara (G_4), meningkatkan keterampilan penerapan

higiene dan sanitasi pada pekerja dan pengguna jasa (G₅), mengembangkan iklim unit usaha jasa pemotongan ternak (G₆), dan meningkatkan jejaring Nilai luran (G₈), memiliki hubungan antar peubah yang tidak stabil atau termasuk dalam sektor *linkage*. Artinya, setiap perubahan tindakan dari peubah tersebut akan berdampak terhadap sub-elemen lainnya. Sementara itu, umpan balik dari pengaruhnya dapat memperbesar dampak, sehingga sub-elemen ini harus dikaji secara hati-hati.



Gambar 1. Hubungan Daya Dorong dan Ketergantungan pada Elemen Tujuan

Keterangan Gambar 1:

- G1 : rancang bangun dan tata letak sarana prasarana serta alat mesin sesuai kaidah-kaidah halal
- G2 : memperbaiki teknologi pemotongan
- G3 : memperbaiki pemulihan sumber daya alam
- G4 : mengendalikan jumlah gas CO₂ yang dilepaskan ke udara
- G5 : meningkatkan ketrampilan penerapan higiene dan sanitasi pada pekerja dan pengguna jasa
- G6 : mengembangkan iklim unit usaha jasa pemotongan ternak
- G7 : membangun infrastruktur ketersediaan dan pembuangan air
- G8 : meningkatkan jejaring Nilai luran

G9 : meningkatkan jumlah pemotongan ternak

G10 : meningkatkan jumlah pangan asal ternak dan protein sesuai dengan kriteria ASUH (G₁₀).

Analisis klasifikasi dari elemen-elemen tersebut, juga menunjukkan adanya peubah tidak bebas dan terpengaruh oleh adanya program, yaitu sebagai akibat tindakan tujuan dari sub-elemen lainnya. Sub-elemen yang termasuk dalam sektor *dependent* adalah meningkatkan jumlah pemotongan ternak (G₉), membangun infrastruktur ketersediaan dan pembuangan air (G₇), dan memperbaiki pemulihan sumber daya alam (G₃). Ketiga sub-elemen tujuan tersebut merupakan peubah tidak bebas dan akan terpengaruh oleh program sebagai akibat dari tujuan lainnya. Namun demikian, ketiga sub-elemen tersebut mempunyai peranan mendukung tujuan meningkatkan jumlah pangan asal ternak dan protein sesuai dengan kriteria ASUH (G₁₀). Sedangkan sub-elemen membangun infrastruktur, ketersediaan dan pembuangan air (G₇) dapat menyebabkan penerapan higiene dan sanitasi (G₅) menjadi lebih baik.

Selanjutnya, untuk sub-elemen mengembangkan iklim unit usaha jasa pemotongan ternak (G₆) baik yang dikelola oleh pemerintah, perusahaan daerah maupun swasta, peranannya adalah mendukung dalam pelayanan peningkatan penyediaan jumlah pangan asal ternak ayam dan protein sesuai dengan kriteria ASUH (G₁₀). Sedangkan sub-elemen memperbaiki teknologi pemotongan (G₂), menyebabkan kriteria rancang bangun dan tata letak sarana prasarana serta alat mesin sesuai dengan kaidah-kaidah halal (G₁) dapat terwujud.

Untuk menetapkan tujuan terbaik melalui visi holistik peningkatan jumlah pangan asal ayam atau unggas dan protein sesuai dengan kriteria ASUH (G₁₀), peranannya adalah mendukung rancang bangun dan tata letak sarana prasarana serta alat mesin sesuai dengan kaidah-kaidah halal (G₁), memperbaiki teknologi pemotongan (G₂), mengendalikan jumlah gas CO₂ yang dilepaskan ke udara (G₄), meningkatkan ketrampilan penerapan higiene dan sanitasi pada pekerja dan pengguna jasa (G₅), mengembangkan iklim unit usaha jasa pemotongan ternak (G₆), dan meningkatkan jejaring

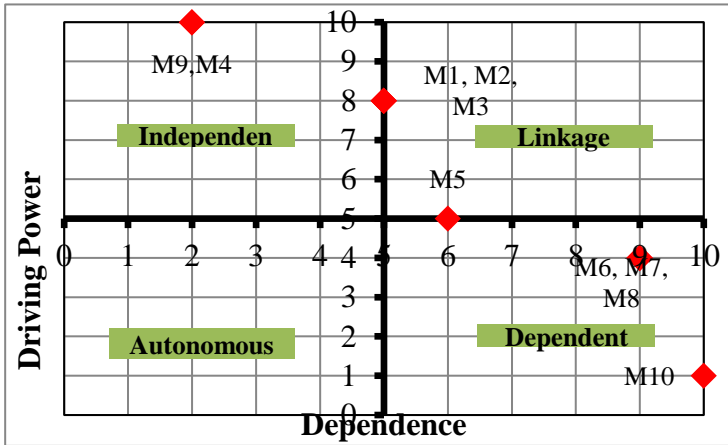
Nilai luran diantara pengguna jasa yang sudah dirintis oleh generasi sebelumnya (G_8). Keenam tujuan tersebut akan mendukung pada tujuan peningkatan jumlah pemotongan ternak (G_9). Sedangkan peningkatan jumlah pemotongan ternak selanjutnya akan mendukung pada tujuan pembangunan infrastruktur ketersediaan dan pembuangan air (G_7). Dengan demikian, pada akhirnya, tujuan memperbaiki pemulihan sumber daya alam (G_3) secara bertahap dapat dicapai.

Elemen dan Sub Elemen Perubahan yang Dimungkinkan

Dengan tahapan yang sama terhadap komponen dan sub komponen yang dibangun melalui metode ISM, **elemen perubahan yang dimungkinkan** terdiri atas sepuluh sub-elemen, yaitu: (1) memberi rasa nyaman dalam mengkonsumsi pangan asal ternak (M_1); (2) terwujudnya kesepakatan standard GMP atau *minimal higiene sanitasi* (M_2); (3) terwujudnya kesepakatan standard jumlah mikroorganisme pada daging atau karkas baik segar maupun beku (M_3); (4) terwujudnya kesepakatan standard kaidah-kaidah teknologi penyembelihan secara halal baik ternak impor maupun lokal (M_4); (5) timbulnya proses pembelajaran masyarakat dalam mencermati fungsi TPnA sebagai asal produksi pangan asal ternak (M_5); (6) timbulnya peningkatan rasa tanggung jawab bagi TpnA yang telah bersertifikat Nomor Kontrol Veteriner (M_6); (7) terciptanya peningkatan fungsi-fungsi administrasi pemerintahan yang meliputi hubungan kerja, timbal balik, koordinasi, kerjasama, komunikasi, metode, cara kerja, sistem, teknik, tata kerja, dan struktur (M_7); (8) terwujudnya penerapan proses analisis risiko (M_8); (9) semua ternak tertampung dan dipotong di TpnA (M_9); serta (10) terpenuhinya lokasi dan fisik bangunan menjadi lebih berkelanjutan (M_{10}).

Dari klasifikasi sub-elemennya, **sub-elemen perubahan yang dimungkinkan terpapar** pada Gambar 2 menunjukkan bahwa, semua ternak tertampung dan dipotong di TpnA (M_9), terwujudnya kesepakatan standar kaidah-kaidah teknologi penyembelihan secara halal baik ternak impor maupun lokal (M_4), memberi rasa nyaman dalam mengkonsumsi pangan asal ternak (M_1), terwujudnya kesepakatan standar GMP atau *minimal higiene sanitasi* (M_2),

terwujudnya kesepakatan standar jumlah mikroorganisme pada daging atau karkas baik segar maupun beku (M_3) termasuk pada sektor *independent*, yaitu sub-elemen yang memiliki kekuatan penggerak besar, namun kecil ketergantungannya.



Gambar 2. Hubungan Daya Dorong dan Ketergantungan pada Elemen Perubahan yang Dimungkinkan

Keterangan Gambar 2:

- M1 : memberi rasa nyaman dalam mengkonsumsi pangan asal ternak
- M2 : terwujudnya kesepakatan standar GMP atau *minimal hygiene sanitasi*
- M3 : terwujudnya kesepakatan standar jumlah mikroorganisme pada daging atau karkas baik segar maupun beku
- M4: terwujudnya kesepakatan standar kaidah-kaidah teknologi penyembelihan secara halal baik ternak impor maupun lokal
- M5 : timbulnya proses pembelajaran masyarakat dalam mencermati fungsi TPnA sebagai asal produksi pangan asal ternak
- M6 : timbulnya peningkatan rasa tanggung jawab bagi TPnA yang telah bersertifikat Nomor Kontrol Veteriner (NKV)
- M7 : terciptanya peningkatan fungsi-fungsi administrasi pemerintahan yang meliputi hubungan kerja, timbal balik, koordinasi, kerjasama, komunikasi, metode, cara kerja, sistem, teknik, tata kerja, dan struktur

- M8 : terwujudnya penerapan proses analisis risiko
- M9 : semua ternak tertampung dan dipotong di TPnA
- M10 : terpenuhinya lokasi dan fisik bangunan menjadi lebih berkelanjutan (M₁₀).

Perubahan timbulnya proses pembelajaran masyarakat dalam mencermati fungsi TPnA sebagai asal produksi pangan asal ternak (M₅), peningkatan rasa tanggung jawab bagi TPnA yang telah bersertifikat NKV (M₆), terciptanya peningkatan fungsi-fungsi administrasi pemerintahan yang meliputi hubungan kerja, timbal balik, koordinasi, kerjasama, komunikasi, metode, cara kerja, sistem, teknik, tata kerja, dan struktur (M₇), terwujudnya penerapan proses analisis risiko (M₈), serta terpenuhinya lokasi dan fisik bangunan menjadi lebih berkelanjutan (M₁₀) termasuk kedalam sektor *dependent*. Kelima perubahan yang dimungkinkan tersebut merupakan akibat dari tindakan yang dilakukan pada sub-elemen perubahan di sektor *linkage* dan *independent*. Apabila sub-elemen perubahan yang dimungkinkan pada sektor *linkage* dan *independent* sudah tercapai, maka kelima elemen perubahan yang dimungkinkan tersebut menjadi penting.

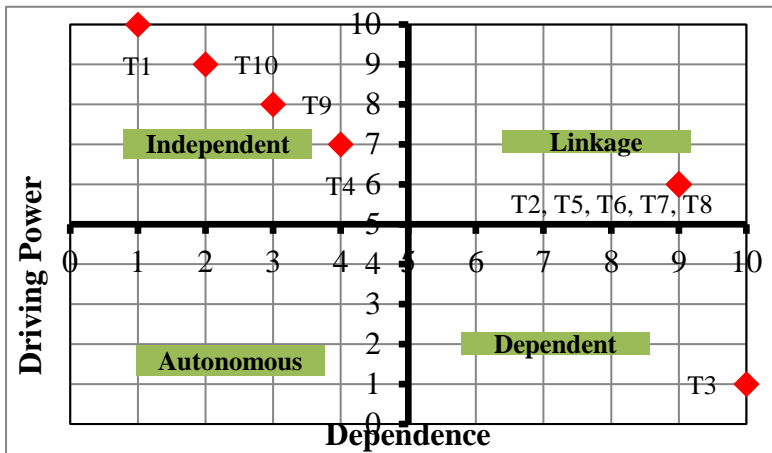
Dari tingkat hirarki dan hubungan keterkaitannya menunjukkan bahwa pentingnya perubahan semua ternak tertampung dan dipotong di TpnA (M₉), dan terwujudnya kesepakatan standar kaidah-kaidah teknologi penyembelihan secara halal baik ternak impor maupun lokal (M₄), mengakibatkan perubahan memberi rasa nyaman dalam mengkonsumsi pangan asal ternak (M₁), terwujudnya kesepakatan standar GMP atau minimal higiene sanitasi (M₂), serta terwujudnya kesepakatan standar jumlah mikroorganisme pada daging atau karkas baik segar maupun beku (M₃). Kondisi demikian mengakibatkan perubahan pada timbulnya proses pembelajaran masyarakat dalam mencermati fungsi TpnA sebagai asal produksi pangan asal ternak (M₅). Terwujudnya perubahan tersebut mengakibatkan perubahan pada peningkatan rasa tanggung jawab bagi TpnA yang telah bersertifikat NKV (M₆), terciptanya peningkatan fungsi-fungsi administrasi pemerintahan yang meliputi: hubungan kerja, timbal balik, koordinasi, kerjasama, komunikasi, metode, cara kerja, sistem, teknik, tata kerja, dan struktur (M₇), dan terwujudnya penerapan proses analisis

risiko (M_8), sehingga mengakibatkan terpenuhinya lokasi dan fisik bangunan menjadi lebih berkelanjutan (M_{10}).

Sub Elemen Tolok Ukur

Elemen tolok ukur untuk menilai setiap tujuan terdiri atas sepuluh sub-elemen, yaitu: (1) peningkatan kualitas tahapan dan proses higiene dan sanitasi (T_1), (2) peningkatan jumlah produksi pangan asal ternak (daging, kulit) sesuai dengan kriteria ASUH (T_2), (3) peningkatan efisiensi waktu yang dibutuhkan dalam proses pemotongan (T_3), (4) peningkatan pengetahuan dan perilaku baik pengelola, pekerja maupun kelompok pengguna jasa tentang penerapan higiene dan sanitasi (T_4), (5) peningkatan pemeliharaan dan kapasitas penampungan limbah padat maupun cair (T_5), (6) penurunan jumlah gas CO_2 yang dilepas ke udara terhadap berat daging yang dihasilkan (T_6), (7) efisiensi jumlah penggunaan energi (T_7), (8) peningkatan jumlah pengguna jasa TPnA (T_8), (9) peningkatan keuntungan unit usaha jasa TPnA (T_9), dan (10) pemenuhan jumlah standar ruangan pada bangunan utama dan bangunan pelengkap serta kelengkapannya (T_{10}).

Berdasarkan analisis klasifikasinya (Gambar 3), sub elemen tolok ukur menunjukkan bahwa peningkatan kualitas tahapan dan proses higiene dan sanitasi (T_1), pemenuhan jumlah standard ruangan pada bangunan utama dan bangunan pelengkap serta kelengkapannya (T_{10}), peningkatan keuntungan unit usaha jasa TPnA (T_9), dan peningkatan pengetahuan dan perilaku baik pengelola, pekerja maupun kelompok pengguna jasa tentang penerapan higiene dan sanitasi (T_4) termasuk kedalam sektor *independent*, yaitu memiliki kekuatan penggerak besar, dan kecil ketergantungannya.



Gambar 3. Hubungan Daya Dorong dan Ketergantungan pada Elemen Tolok Ukur

Keterangan Gambar 3:

- T1 : peningkatan kualitas tahapan dan proses higiene dan sanitasi
- T2 : peningkatan jumlah produksi pangan asal ternak (daging, kulit) sesuai dengan kriteria ASUH
- T3 : peningkatan efisiensi waktu yang dibutuhkan dalam proses pemotongan
- T4 : peningkatan pengetahuan dan perilaku baik pengelola, pekerja maupun kelompok pengguna jasa tentang penerapan higiene dan sanitasi
- T5 : peningkatan pemeliharaan dan kapasitas penampungan limbah padat maupun cair
- T6 : penurunan jumlah gas CO₂ yang dilepas ke udara terhadap berat daging yang dihasilkan
- T7 : efisiensi jumlah penggunaan energi
- T8 : peningkatan jumlah pengguna jasa TPnA
- T9 : peningkatan keuntungan unit usaha jasa TPnA
- T10 : pemenuhan jumlah standar ruangan pada bangunan utama dan bangunan pelengkap serta kelengkapannya

Tolok ukur peningkatan jumlah produksi pangan asal ternak (daging, kulit) sesuai dengan kriteria ASUH (T_2), peningkatan pemeliharaan dan kapasitas penampungan limbah padat maupun cair (T_5), penurunan jumlah gas CO_2 yang dilepas ke udara terhadap berat daging yang dihasilkan (T_6), efisiensi jumlah penggunaan energi (T_7), serta peningkatan jumlah pengguna jasa TPnA (T_8), termasuk dalam sektor *linkage*. Kelima tolok ukur tersebut perlu mendapat perhatian, karena merupakan tolok ukur yang tidak stabil, sehingga setiap tindakan pada tolok ukur tersebut akan memberikan dampak pada tolok ukur lainnya, dan pengaruh umpan baliknya akan memperbesar dampak terhadap tolok ukur lainnya. Sedangkan peningkatan efisiensi waktu yang dibutuhkan dalam proses pemotongan (T_3) termasuk pada sektor *dependent*, merupakan akibat dari tindakan yang dilakukan pada tolok ukur sektor *linkage* dan *independent*.

Dari tingkat hirarki dan hubungan pengaruhnya, dapat dijelaskan bahwa sebagai tolok ukur kunci adalah peningkatan kualitas tahapan dan proses higiene dan sanitasi (T_1). Tolok ukur tersebut berpengaruh terhadap terciptanya kesepakatan pemenuhan jumlah standar ruangan pada bangunan utama dan bangunan pelengkap serta kelengkapannya (T_{10}). Hal ini akan berpengaruh terhadap potensi peningkatan keuntungan unit usaha jasa TPnA (T_9), sehingga secara bertahap akan berpengaruh juga terhadap peningkatan pengetahuan dan perilaku baik pengelola, pekerja maupun kelompok pengguna jasa tentang penerapan higiene dan sanitasi (T_4). Capaian tolok ukur-tolok ukur tersebut, berpengaruh terhadap tolok ukur peningkatan jumlah produksi pangan asal ternak (daging, kulit) sesuai dengan kriteria ASUH (T_2), peningkatan pemeliharaan dan kapasitas penampungan limbah padat maupun cair (T_5), penurunan jumlah gas CO_2 yang dilepas ke udara terhadap berat daging yang dihasilkan (T_6), efisiensi jumlah penggunaan energi (T_7), serta peningkatan jumlah pengguna jasa TPnA (T_8). Selanjutnya tolok ukur-tolok ukur tersebut pada akhirnya akan berpengaruh terhadap peningkatan efisiensi waktu yang dibutuhkan dalam proses pemotongan (T_3).

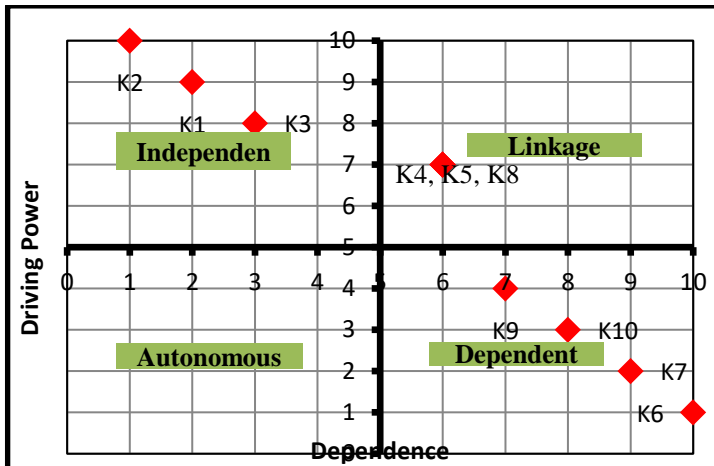
Sub Elemen Kendala Utama

Elemen kendala utama terdiri atas sepuluh sub-elemen, yaitu: (1) keterbatasan anggaran (K_1), (2) lokasi TPnA eksisting tidak sesuai dengan Rencana Tata Ruang Wilayah dan Rencana Detail Tata Ruang Daerah (K_2), (3) sulit mengatur kelompok pengguna jasa pada saat pelaksanaan pembangunan dan renovasi TPnA (K_3), (4) kekhawatiran tidak tercapai retribusi pelayanan dan bagi hasil (K_4), (5) kekhawatiran legislatif menaikkan target retribusi pelayanan atau bagi hasil (K_5), (6) kekhawatiran penggunaan energi naik (K_6), (7) kesulitan mengubah perilaku pengelola maupun pekerja yang berasal dari pengguna jasa (pada TPnA pemerintah maupun perusahaan daerah) (K_7), (8) kekhawatiran kehilangan jumlah pengguna jasa (K_8), (9) kesulitan mendapatkan calon pengada jasa konstruksi yang mempunyai kompetensi di bidang konstruksi bangunan TPnA (K_9), dan (10) perilaku pengguna jasa kembali mempunyai kebiasaan memotong di luar TPnA (K_{10}). Sub-elemen tersebut diidentifikasi hubungan keterkaitannya melalui survei pendapat pakar dengan metode ISM.

Sub-elemen kendala hasil analisis ISM pada Gambar 4 memperlihatkan bahwa, keterbatasan anggaran (K_1), lokasi TPnA eksisting tidak sesuai dengan Rencana Tata Ruang Wilayah dan Rencana Detail Tata Ruang Daerah (K_2), dan sulit mengatur kelompok pengguna jasa pada saat pelaksanaan pembangunan dan renovasi TPnA (K_3), termasuk kepada sektor *independent*, yaitu memiliki kekuatan penggerak besar, dan kecil ketergantungannya. Kekhawatiran tidak tercapai retribusi pelayanan dan bagi hasil (K_4), kekhawatiran legislatif menaikkan target retribusi pelayanan atau bagi hasil (K_5), dan kekhawatiran kehilangan jumlah pengguna jasa (K_8), termasuk pada sektor *linkage*. Ketiga kendala tersebut perlu mendapat perhatian, karena merupakan kendala yang tidak stabil, sehingga setiap tindakan pada kendala tersebut akan memberikan dampak pada kendala lainnya, dan pengaruh umpan baliknya dapat memperbesar dampak terhadap kendala lainnya.

Adapun kesulitan mendapatkan calon pengada jasa konstruksi yang mempunyai kompetensi di bidang konstruksi bangunan TPnA (K_9), perilaku

pengguna jasa kembali mempunyai kebiasaan memotong di luar TPnA (K_{10}), kekhawatiran penggunaan energi naik (K_6), serta kesulitan mengubah perilaku pengelola maupun pekerja yang berasal dari pengguna jasa (pada TPnA pemerintah maupun perusahaan daerah) (K_7), termasuk kepada sektor *dependent*, dan merupakan akibat dari tindakan yang dilakukan oleh kendala sektor *linkage* dan *independent*.



Gambar 4. Hubungan Daya Dorong dan Ketergantungan pada Elemen Kendala Utama

Keterangan Gambar 4:

- K1 : keterbatasan anggaran
- K2 : lokasi TPnA eksisting tidak sesuai dengan Rencana Tata Ruang Wilayah dan Rencana Detail Tata Ruang Daerah
- K3 : sulit mengatur kelompok pengguna jasa pada saat pelaksanaan pembangunan dan renovasi TPnA
- K4 : kekhawatiran tidak tercapai retribusi pelayanan dan bagi hasil
- K5 : kekhawatiran legislatif menaikkan target retribusi pelayanan atau bagi hasil
- K6 : kekhawatiran penggunaan energi naik

- K7 : kesulitan mengubah perilaku pengelola maupun pekerja yang berasal dari pengguna jasa (pada TPnA pemerintah maupun perusahaan daerah)
- K8 : kekhawatiran kehilangan jumlah pengguna jasa
- K9 : kesulitan mendapatkan calon pengada jasa konstruksi yang mempunyai kompetensi di bidang konstruksi bangunan TPnA
- K10 : perilaku pengguna jasa kembali mempunyai kebiasaan memotong di luar TPnA

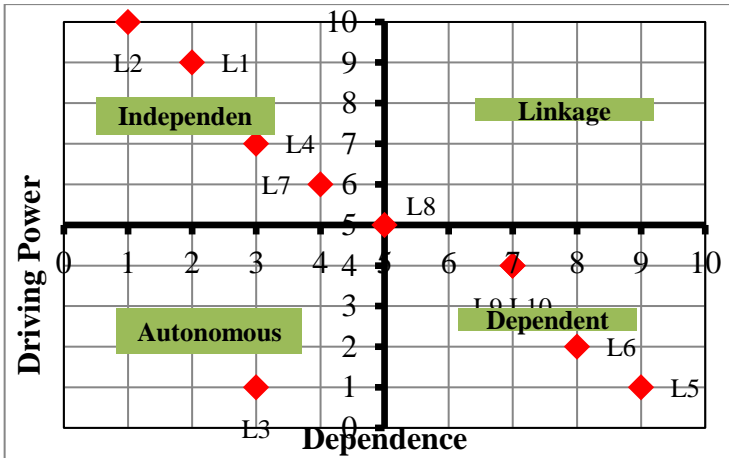
Kendala kunci pada program pembangunan dan renovasi TpnA adalah lokasi TPnA eksisting tidak sesuai dengan Rencana Tata Ruang Wilayah dan Rencana Detail Tata Ruang Daerah (K₂). Kekhawatiran lokasi TPnA eksisting tidak sesuai dengan Rencana Tata Ruang Wilayah dan Rencana Detail Tata Ruang Daerah (K₂) menyebabkan pembahasan keterbatasan anggaran (K₁) menjadi lama, dan menyebabkan sulit mengatur kelompok pengguna jasa pada saat pelaksanaan pembangunan dan renovasi TPnA (K₃) berlangsung. Kesulitan mengatur kelompok pengguna jasa pada saat pelaksanaan pembangunan dan renovasi TPnA (K₃) tersebut, menyebabkan kekhawatiran tidak tercapai retribusi pelayanan dan bagi hasil (K₄), kekhawatiran legislatif menaikkan target retribusi pelayanan atau bagi hasil (K₅), dan kekhawatiran kehilangan jumlah pengguna jasa (K₈).

Kendala-kendala tersebut menyebabkan kesulitan mendapatkan calon pengada jasa konstruksi yang mempunyai kompetensi di bidang konstruksi bangunan TPnA (K₉), karena menganggap bahwa unit usaha jasa TPnA tersebut tidak mempunyai prospek kedepan. Apabila hal ini terjadi, maka menyebabkan perilaku pengguna jasa kembali mempunyai kebiasaan memotong di luar TPnA (K₁₀). Kondisi demikian akan menyebabkan pengelola kembali dihadapkan pada kesulitan mengubah perilaku pekerja yang berasal dari pengguna jasa (pada TPnA pemerintah maupun perusahaan daerah) (K₇). Disamping perilaku terkait dengan penerapan hygiene dan sanitasi, perilaku penggunaan energi akan naik (K₆) juga merupakan kendala utama dalam program Pembangunan dan Renovasi TPnA.

Elemen Lembaga Yang Terlibat

Dalam program pembangunan dan renovasi TPnA terdiri atas 10 (sepuluh) sub-elemen, yaitu: (1) legislatif (L₁), (2) auditor TPnA (L₂), (3) pemerintah pusat dan propinsi (L₃), (4) masyarakat lokal (L₄), (5) Perguruan Tinggi (L₅), (6) Balai Penelitian dan Pengembangan (L₆), (7) pemerintah daerah (L₇), (8) unit layanan pengadaan barang dan jasa (L₈), (9) asosiasi jasa konsultan dan kontraktor (L₉), serta (10) pengguna jasa (L₁₀). Sub-elemen tersebut diidentifikasi hubungan keterkaitannya melalui survei pendapat pakar dengan metode ISM.

Sub-elemen lembaga yang terpapar pada Gambar 5 dapat dijelaskan bahwa Legislatif (L₁), Auditor RPH-R (L₂), Masyarakat lokal (L₄), dan Pemerintah daerah (L₇) berdasarkan klasifikasi tingkat *dependency* dan daya dorongnya berada pada sektor *independent*. Keempat sub-elemen tersebut sebagai peubah bebas yang mempunyai kekuatan penggerak yang besar dan berpengaruh terhadap keberhasilan program. Disamping itu, ketiga lembaga tersebut yaitu Legislatif (L₁), Masyarakat lokal (L₄), dan Pemerintah daerah (L₇) mendapat dukungan peranan dari Auditor TPnA (L₂) yang merupakan lembaga independent untuk mengevaluasi kinerja pelaksanaan pengelolaan unit usaha jasa TPnA. Auditor TPnA (L₂) sebagai lembaga yang memiliki konsensus yang lebih banyak diharapkan dapat menjaga keberlanjutan pengelolaan unit usaha jasa TPnA. Dengan kata lain, pengawasan terpadu memungkinkan keberlanjutan pengelolaan unit usaha jasa TPnA menjadi lebih baik.



Gambar 5. Hubungan Daya Dorong dan Ketergantungan pada Elemen Lembaga yang Terlibat

Keterangan Gambar 5:

- L1: Legislatif atau Dewan Perwakilan Rakyat Daerah
- L2: Auditor TPnA
- L3: Pemerintah pusat dan propinsi
- L4: Masyarakat lokal
- L5: Perguruan Tinggi
- L6: Balai Penelitian dan Pengembangan
- L7: Pemerintah daerah
- L8: Unit layanan pengadaan barang dan jasa
- L9: Asosiasi jasa konsultan dan kontraktor
- L10: Pengguna jasa TPnA.

Analisis klasifikasi sub-elemen lembaga tersebut, juga menunjukkan adanya peubah tidak bebas dan terpengaruh oleh adanya program sebagai akibat tindakan peubah dari sub-elemen lainnya. Sub elemen yang termasuk dalam peubah tidak bebas adalah asosiasi jasa konsultan dan kontraktor (L₉), pengguna jasa (L₁₀), Perguruan Tinggi (L₅), dan Balai Penelitian dan Pengembangan (L₆). Semua sub-elemen pada sektor *dependent* ini

peranannya didukung oleh Auditor TPnA (L₂). Balai Penelitian dan Pengembangan (L₆) dan Perguruan Tinggi (L₅) peranannya mendukung pemerintah pusat dan propinsi (L₃) untuk menentukan strategi, kebijakan dan program pengelolaan unit usaha jasa TPnA secara berkelanjutan melalui kajian akademik.

Untuk lembaga yang terlibat pemerintah pusat dan propinsi (L₃) dan unit layanan pengadaan barang dan jasa (L₈) diklasifikasikan kedalam sektor *autonomus*, dan merupakan lembaga yang tidak terkait langsung dengan sistem, dan memiliki hubungan yang sedikit. Namun dapat berubah menjadi berpengaruh besar terhadap pencapaian tujuan program. Unit layanan pengadaan barang dan jasa (L₈) yang membidangi tentang pengadaan barang dan jasa juga didukung oleh Perguruan Tinggi (L₅), dan Balai Penelitian dan Pengembangan (L₆). Tidak ditemukan lembaga dalam sektor *linkage*.

Berdasarkan tingkat hirarki kepentingan dan hubungan elemen pada lembaga yang terlibat, dapat dijelaskan bahwa lembaga yang mempunyai tingkat kepentingan paling tinggi dalam menangani program adalah Auditor TPnA (L₂) yang merupakan lembaga *independent* dan berfungsi memeriksa kinerja pengelolaan unit usaha jasa TPnA. Hasil kinerja lembaga tersebut berperan mendukung Legislatif Daerah (L₁). Sedangkan Legislatif Daerah (L₁) berperan mendukung kebutuhan Masyarakat lokal (L₄), dan Pemerintah daerah (L₇). Selanjutnya untuk mewujudkan program pembangunan dan renovasi TPnA, Pemerintah daerah (L₇) berperan mendukung asosiasi jasa konsultan dan kontraktor (L₉) serta pengguna jasa (L₁₀) agar pengelolaan unit usaha jasa TPnA dapat berkelanjutan. Baik Asosiasi jasa konsultan dan kontraktor ((L₉) maupun pengguna jasa (L₁₀) akan mendukung kinerja Balai Penelitian dan Pengembangan (L₆) serta Perguruan Tinggi (L₅) untuk mengkaji di bidang IPTEK terkait dengan TPnA. Capaian kinerja lembaga-lembaga tersebut pada muaranya juga mendukung program pemerintah pusat dan propinsi (L₃), serta kinerja unit layanan pengadaan barang dan jasa (L₈) agar lebih profesional.

Berdasarkan hasil analisis ISM yang dilakukan, diperoleh bahwa sub-elemen yang disertakan dari keempat elemen, yaitu: (1) tujuan, (2) perubahan yang dimungkinkan, (3) tolok ukur, dan (4) kendala, tidak ditemukan sub-elemen yang termasuk dalam klasifikasi *autonomous*. Hal ini menunjukkan bahwa keempat elemen dan sub-elemen yang disertakan tersebut merupakan elemen yang dekat dan saling terkait dalam program Ketahanan Pangan melalui Lokalisasi Pembangunan dan Renovasi TPnA yang Terpadu dengan RPH-R. Hal ini terutama adalah karena elemen-elemen tersebut mempunyai *driving power* atau daya dorong terhadap keberhasilan program.

Namun demikian, ada dua sub-elemen lain dalam elemen Lembaga yang terlibat dalam program tersebut yaitu pemerintah pusat dan propinsi, serta unit layanan pengadaan barang dan jasa. Kedua sub-elemen tersebut meskipun daya dorong dan ketergantungan perannya rendah atau masuk dalam klasifikasi *autonomous* terhadap keberhasilan program, namun kadang-kadang peranan kedua lembaga tersebut justru dapat menjadi kuat. Dalam kaitan ini, tugas pemerintah pusat dan propinsi lebih kepada memfasilitasi bimbingan dan konsultasi teknis. Sedangkan lembaga unit layanan pengadaan barang dan jasa cenderung mempunyai kewenangan sebagai penentu pemenang pelaksanaan kegiatan. Keterbatasan dari anggaran pemerintah daerah dalam mengalokasikan dana untuk Pembangunan dan Renovasi TPnA, mendorong pemerintah pusat maupun propinsi untuk membantunya, karena itulah peran kedua lembaga tersebut dapat menjadi sangat penting. Selain itu, kapabilitas lembaga unit layanan pengadaan barang dan jasa juga sangat diperlukan dalam menentukan pemenang pelaksanaan kegiatan Lokalisasi Pembangunan dan Renovasi TPnA yang terpadu di kawasan RPH-R, yaitu agar rancang bangun TPnA yang sangat spesifik dapat diwujudkan.

Selanjutnya, berdasarkan hasil analisis ISM, gambaran model struktural program Pembangunan dan Renovasi TPnA untuk mendukung strategi alternatif pelayanan penyediaan pangan asal ternak, protein dan hasil-hasil ternak, layak untuk diwajibkan diterapkan dalam penyelenggaraan urusan pertanian (Gambar 6.).



Gambar 6. Model Struktural Program Ketahanan Pangan Melalui Kegiatan Lokalisasi Pembangunan dan Renovasi TPnA Terpadu di Kawasan RPH-R.

Untuk mencapai tujuan pengelolaan usaha jasa TPnA/RPU(A) secara berkelanjutan, diperlukan intervensi dari semua sub elemen yang mempunyai daya dorong tinggi dan ketergantungan rendah. Pengelolaan tersebut bisa tercapai apabila tujuan meningkatkan jumlah pangan asal ternak berbasis ASUH menjadi prioritas, dengan ukuran keberhasilan kualitas higienitas dan sanitasi dalam pengelolaan harus ditingkatkan. Namun demikian adanya kendala lokasi TPnA/RPU(A) yang dinilai tidak sesuai dengan Rencana Detil Tata Ruang (RDTR) dan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) ini disebabkan antara lain munculnya peraturan tersebut sering terlambat. Kelembagaan yang dinilai obyektif dalam menilai pengelolaan usaha jasa TPnA/ RPU(A) adalah Auditor TPnA/RPU(A), dan apabila semua sub elemen tersebut diintervensi maka perubahan yang terjadi adalah semua ternak tertampung dan dipotong di TPnA/RPU(A).

PENUTUP

Pelayanan Penyediaan Pangan Asal Ternak (PAT) dapat merupakan strategi yang layak menjadi alternatif prioritas yang ditindaklanjuti dengan Program Ketahanan Pangan melalui Rencana Aksi Lokalisasi Pembangunan, dan Renovasi TPnA yang Terpadu dengan kawasan Rumah Potong Hewan Ruminansia (RPH-R). Selain itu, model struktural program Ketahanan Pangan melalui rencana aksi lokalisasi pembangunan dan renovasi TPnA yang terpadu dengan kawasan RPH-R menunjukkan bahwa tujuan program yang mempunyai daya dorong tinggi dan ketergantungan rendah adalah meningkatkan jumlah pangan asal ternak yang ASUH. Hal ini bisa dicapai apabila peran sains dan teknologi agroekologi senantiasa dimanfaatkan oleh para pengambil kebijakan mulai dari Direktif, Strategis, Operasional sampai kepada Teknisnya. Para pengambil kebijakan tersebut merupakan aktor dominan dalam pengambilan keputusan. Dengan demikian model pengelolaan tempat penampungan dan potong ayam berkelanjutan ini dapat bermanfaat untuk mendukung tujuan pembangunan berkelanjutan/SDGs, khususnya pada tujuan ke 2 “mengakhiri kelaparan mencapai ketahanan pangan, meningkatkan gizi, dan mendorong pertanian yang berkelanjutan”.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Ir. Soni selaku salah satu pengusaha Usaha Mikro Kecil Menengah (UMKM) TPnA, Bapak Ir. Robert Hasibuan, M. Si, selaku Kepala Bidang Dinas Pertanian Kota Bogor, serta drh. Arif Bambang Mukti Wibowo, MM selaku Kepala beserta staf Unit Pelaksana Teknik Daerah (UPTD) RPH-R Terpadu Kota Bogor atas ijin dan kesediaannya mendampingi penulis.

REFERENSI

- Abudarda, A.M.R. (2015). *Cemaran Enterobacteriaceae pada daging ayam dari tempat potong unggas Kota Bogor*. [skripsi]. Bogor (ID): IPB.
- Attri, R., Dev, V., Sharma. (2013). Interpretative structural modelling (ISM) approach: an overview, *Research Journal on Management Sciences*. 2(2):3-8.
- Baylis, C., Mieke, U., Han, J., Andy, D. (2011). *The Enterobacteriaceae and their significance to the food industry* [Laporan]. Brussels (BE): ILSI Europe.
- Bhattacharya, S. & Momaya, K. (2009). Interpretative structural modelling of growth enables in construction companies. *Singapore Management Review*. 31(1): 73-97.
- Dyah-Maharani, M.D., Soemardjo, Eriyatno, & Pribadi, E.S. (2015). Structural model for sustainable management of ruminant-cattle slaughterhouse (RC-S): The establishment and renovation of RC-S. *Global Veterinaria* 14(5): 707-719.
- Forman, E.H. & Selly, M.A. (2002). Decision by objective. *Expert Choice Inc. George Washington University*.
- Gumilar, P. (2018). Pengusaha rumah potong hewan: Produksi daging ayam belum surplus. Diakses melalui <http://industri.bisnis.com/read/20180418/99/785978/pengusaha-rumah-potong-hewan-produksi-daging-ayam-belum-surplus>
- Jacob, P., George & Pramod, V.R. (2014). An interpretative structural modelling (ISM) analysis approach steel re rolling mills (SRRMs). *International Journal of Research and Engineering & Technology*. 2: 161-174.

- Puspaningrat, L.P.D., Pribadi, E. S., & Dyah-Maharani, M.D. (2018). *Faktor-faktor penentu status berkelanjutan tempat penampungan dan potong ayam (TPnA) Di Pondok Rumput Kota Bogor*. Sekolah Pascasarjana IPB.
- Saaty, T.L. (1993). *Decision making in economic, political, social, and technological environments with the analytical hierarchy process*. University of Pittsburgh America.
- Sage. (1977). *Interpretative structural modelling: Methodology for Large-Scale system*. New York, NY, USA: Mc Graw-Hill.
- Saputro, T. (2014). Diakses melalui <http://www.ilmuternak.com/2014/11/portofolio-rumah-potong-ayam-rpa.html>.
- Saxena J.J.P., Sushil, & Vrat P. (1992). Hierarchy and classification of program plan elements using interpretative structural modelling system practice *Systematic Practice and Action Research* 5(6):651-670. DOI: 10.1007/BF01083616
- Sharma, B.P., Singh, M.D., Kumar, A. (2012). Knowledge sharing barriers: an using an ISM approach. *Di dalam Prosiding International Conference on Information and Knowledge Management. 2012; Singapore (SG): IACSIT PRESS*, halaman 227-232.
- Suseno, I.A. (2016). *Analisis nilai tambah produk samping dan limbah dari unit usaha tempat pemotongan ayam di Bogor*. [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Wen-Chin Chen, Li-Yi Wang, & Meng-Chen Lin.(2015). A hybrid on the Taiwanese life PO4 industry. *Journal of Mathematical Problems in Engineering*. (1):15-25.



Peranan Gen Hox dalam Perkembangan
Jaringan Saraf Vertebrata
(Diki)

HIV/AIDS dalam *Sustainable Development Goals* (SDGs):
Insiden, Permasalahan, dan Upaya Ketercapaian
di Indonesia
(Sri Utami)

PERANAN GEN HOX DALAM PERKEMBANGAN JARINGAN SARAF VERTEBRATA

Diki
(dikinian@ecampus.ut.ac.id)

PENGANTAR

Sustainable Development Goals (SDGs) merupakan program pembangunan yang diajukan PBB dalam rangka mengatasi masalah sosial dan pembangunan. Bidang kesehatan merupakan salah satu tujuan SDGs dari tujuh belas bidang. Dari berbagai masalah kesehatan, terdapat penyebab kematian yang dikarenakan penyakit tidak menular seperti kanker, diabetes, atau penyakit kardiovaskuler. Pada tahun 2015, angka kematian pada usia 30 sampai 70 tahun di seluruh dunia karena penyakit tidak menular mencapai 19% (United Nations, 2017). Penanggulangan terhadap penyakit ini merupakan upaya besar. Negara berkembang bahkan akan mengalokasikan \$ 7 triliun selama lima belas tahun mendatang untuk penyakit tidak menular (WHO, 2018).

Tujuan SDGs dalam bidang kesehatan adalah mencapai kesehatan dan kesejahteraan pada segala umur. Hal ini menunjukkan bahwa kesehatan sangat dipengaruhi oleh berbagai jaringan, organ, dan proses fisiologis dalam tubuh sejak awal perkembangan tubuh manusia. Salah satu faktor yang mempengaruhi perkembangan tubuh manusia adalah faktor genetika. Aktivitas gen mempengaruhi kesehatan manusia sejak sebelum lahir hingga usia lanjut (Diki, 1995; Griffiths, Miller, Suzuki, Lewontin, & Gelbart, 2000; Quinonez & Innis, 2013; Weaver, 2005). Roux dan Zaffran (2016) menjelaskan adanya pengaruh gen Hox selama embriogenesis sebagai penyebab kelainan jantung. Kelainan jantung tersebut dapat meningkatkan terjadinya kelainan jantung bawaan. Dengan demikian, kelainan genetik dapat menyebabkan gangguan kesehatan manusia.

Pengaruh gen pada perkembangan sistem saraf manusia sangat penting. Menurut Tischfield et al. (2005) mutasi pada gen *Hoxa1* menyebabkan berbagai kelainan organ tubuh dan terjadinya keterlambatan mental pada anak. Dalam artikel ini, akan dijelaskan perkembangan mutakhir mengenai peran gen *Hox* dalam perkembangan sistem saraf vertebrata.

PEMBAHASAN

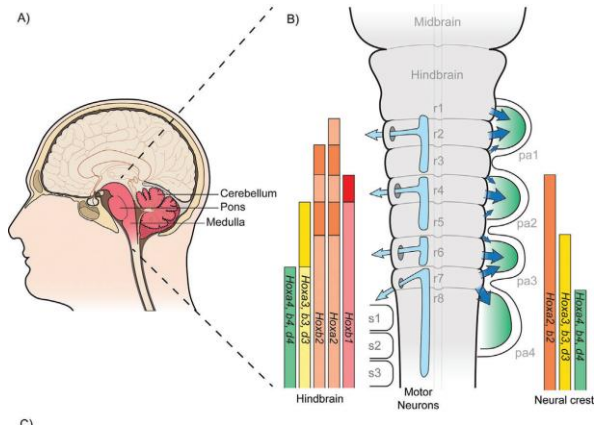
Sistem Saraf Pusat

Gen *Hox* mengatur perkembangan sel sepanjang poros antero-posterior. Setiap vertebrata, termasuk manusia, memiliki poros yang terbentuk dari kepala (anterior) hingga bagian ujung bawah berupa tulang ekor (posterior). Poros itu disebut poros anteroposterior. Di sepanjang poros itu terdapat anggota badan berupa tangan dan kaki pada manusia, atau empat kaki pada binatang bertulang belakang. Gen *Hox* inilah yang mengatur perkembangan sel sepanjang poros anteroposterior tersebut. Selain poros itu, juga terdapat poros dari bagian perut yang disebut bagian ventral dan bagian punggung disebut bagian dorsal. Poros itu disebut dorsoventral (Durstun, 2012).

Sistem saraf pada vertebrata terdiri atas sistem saraf pusat dan sistem saraf perifer. Sistem saraf pusat terdiri atas otak dan saraf tulang belakang atau spinal cord. Bagian otak belakang disebut juga rhombencephalon. Pada embrio, otak belakang dapat dibagi menjadi rhombomere. Ada delapan segmen rhombomere. Kedelapan rhombomere itu diberi nomor sebagai r1 di bagian kepala hingga r8 di bagian yang berdekatan dengan ujung bawah (Morgan & Bloom, 2006; Rogers, 2011).

Pada batang saraf, tidak terdapat segmentasi yang jelas seperti rhombomere pada otak belakang. Batang saraf menghasilkan berbagai jenis sel neuron yang dipengaruhi oleh aktivitas gen *Hox*. Batang saraf dari mulai bagian atas hingga bawah dibagi menjadi empat bagian, yaitu bagian cervical, thoracic, lumbar, dan sacral. Pada batang saraf banyak ditemukan aktivitas gen pada grup paralog *Hox4-Hox11*, sedangkan pada otak belakang

banyak ditemui aktivitas gen paralog Hox1-Hox5 (Durston, 2012; Parker, Bronner, & Krumlauf, 2016).

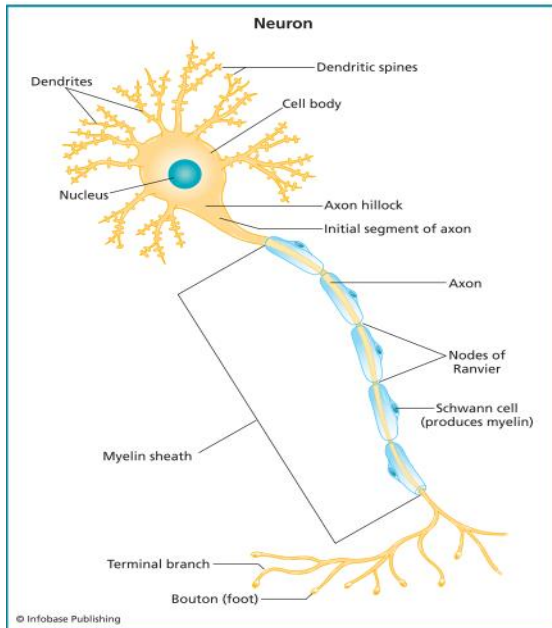


Sumber: Parker et al. (2016)

Gambar 1. Lokasi Otak Belakang, Batang Saraf, dan Motor Neuron

Sistem saraf perifer terdiri atas jaringan saraf yang disebut akson. Sistem saraf perifer berfungsi menghubungkan sistem saraf pusat dengan seluruh tubuh. Setiap sel saraf terdiri atas neuron dan akson. Satu ciri sel neuron adalah kemampuan berkomunikasi melalui sinaps. Sinaps adalah hubungan antara membrane dari satu neuron ke neuron lain. Sinaps memungkinkan pertukaran sinyal, baik berupa sinyal kimia maupun sinyal elektrik (Morgan & Bloom, 2006; Rogers, 2011). Sedangkan akson merupakan penonjolan protoplasma yang memungkinkan adanya ribuan hubungan antar sinaps. Salah satu jenis neuron adalah motor neuron, yaitu neuron yang aksornya menuju ke otot atau kelenjar (Morgan & Bloom, 2006; Rogers, 2011). Motor neuron banyak dipengaruhi oleh protein dari gen Hox (Philipidou & Dasen, 2013). Dengan demikian, salah satu peran gen Hox dalam perkembangan sistem saraf tepi adalah dalam pembentukan motor neuron sedangkan

dalam perkembangan sistem saraf pusat adalah pada pembentukan otak belakang dan batang saraf.



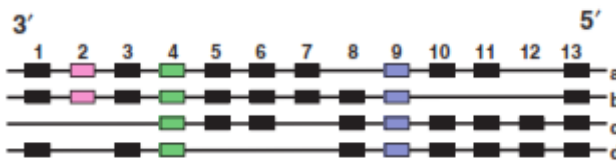
Sumber: Evan-Martin (2010)

Gambar 2. Struktur Sebuah Neuron

Pengertian Gen Hox

Gen Hox berperan dalam proses pengaturan transkripsi dan perkembangan berbagai tipe sel (Deschamps & van Nes, 2005). Dalam pembentukan berbagai sel yang berbeda-beda (diferensiasi sel), terdapat hirarki dari beberapa jenis. Ada sel yang mengatur pembentukan satu jenis enzim tertentu. Namun ada juga sel yang mengatur aktivitas sel lain. Pengaturan itu dapat dilakukan misalnya dengan menghasilkan substansi yang mengatur pembentukan suatu jenis protein di gen lainnya. Itu sebabnya gen Hox disebut *master gene* (Durstun, 2012).

Satu ciri penting gen Hox adalah adanya sebuah kompleks gen. Satu kompleks itu terdiri atas 9-13 gen yang berhubungan erat secara berurutan. Gen ini mengatur pola pembentukan organ tubuh (Durstion, 2012). Gen Hox terdapat pada semua vertebrata. Gen Hox dikelompokkan menjadi 4 cluster, yaitu Hoxa, Hoxb, Hoxc, dan Hoxd serta masing-masing cluster terdiri atas 13 grup paralog berdasarkan nomornya, dari nomor 1 sampai dengan nomor 13. Contoh sebuah paralog adalah gen Hoxa1, Hoxb1, Hoxc1, dan Hoxd1 (Bonito, Glover, & Studer, 2013).



Sumber: Deschamps & van Nes (2005)

Gambar 3. Struktur gen Hox

Gambar 3 menunjukkan arah poros sistem saraf dari sejak bakal saraf selama proses embriogenesis. Arah itu didasarkan dari ujung 3' (dari urutan basa DNA) gen Hox yang paling depan atau di bagian kepala/anterior, yang diberi nomor 1. Adapun ujung lain yang bersifat posterior atau bagian belakang/ekor, diberi nomor 13. Bagian posterior ditandai dengan ujung 5' (Deschamps & van Nes, 2005; Philipidou & Dasen, 2013). Menurut Durston (2012), suatu cluster adalah sebuah metagen. Pengertian metagen adalah bahwa keseluruhan gen dalam cluster ini yang menentukan pola pembentukan organ dalam poros tubuh. Akan tetapi, masing-masing gen dalam cluster tidak dapat melakukan penentuan pola tersebut.

Peran Gen Hox pada Perkembangan Sistem Saraf

Tulisan ini membahas peran gen Hox dalam perkembangan otak belakang dan batang saraf. Pengetahuan tentang pembentukan dan pemeliharaan ekspresi gen Hox untuk mengetahui pembentukan sistem saraf sangat

penting. Sebagian besar gen Hox diekspresikan di sistem saraf pusat (Durstion, 2012; Phillipidou & Dasen, 2013). Gen Hox menghasilkan protein yang disebut faktor transkripsi pada pembentukan sel neuron. Faktor transkripsi akan mendorong proses transkripsi bagi pembentukan protein, termasuk dalam pembentukan sel neuron. Contoh bagian sistem saraf yang dipengaruhi oleh gen Hox adalah otak belakang dan saraf tulang belakang (Phillipidou & Dasen, 2013). Durstion (2012) juga menjelaskan bahwa peran gen Hox dalam pembentukan sistem saraf pusat yaitu pada otak belakang dan saraf tulang belakang. Pembentukan subtype neuron bergantung pada gen Hox sepanjang poros anteroposterior.

Perkembangan otak bagian depan kurang dipengaruhi oleh gen Hox. Dunwell & Holland (2016) menyatakan bahwa gen Hox1 ditemukan dalam jumlah sedikit di bagian otak depan. Pendapat ini juga didukung oleh Hutlet et al. (2014) yang menyatakan bahwa hanya sedikit gen Hox yang melakukan aktivitas di otak depan dan cerebellum. Berbeda dengan otak belakang dan batang saraf, pembentukan otak depan dan tengah lebih diatur oleh kelompok gen Otx dan Emx (Cecchi, Mallamaci, & Boncinelli, 2004).

Aktivitas genetik pada poros anteroposterior, yaitu poros dari kepala sampai ujung tulang ekor sangat penting. Hal ini terlihat dari adanya pemisahan neuron pada tiap otot sepanjang poros rostrocaudal pada batang saraf. Penelitian lain menunjukkan bahwa faktor transkripsi yang membantu terbentuknya beberapa jenis otot sepanjang poros anteroposterior dihasilkan oleh gen Hox (Phillipou & Dasen, 2013).

Gen yang berada pada ujung 5' diaktifkan lebih akhir dan posisinya lebih berada di bagian belakang/ekor. Urutan gen dari ujung 3' ke ujung 5' di kromosom adalah sama dengan urutan aktivitas gen itu di sepanjang poros tubuh. Peristiwa ini disebut kolinearitas (Deschamps & van Nes, 2005; Durstion, 2012).

Ada tiga jenis kolinearitas, yaitu kolinearitas spasial, fungsional, dan kolinearitas temporal (Durstion, 2012). Kolinearitas spasial adalah adanya

urutan dari 3' ke 5'. Contoh kolinearitas spasial dapat dilihat pada Gambar 3. Gen yang berada pada ujung 3' pada kluster lebih dulu aktif dan posisinya lebih berada di bagian depan dari neuroaxis.

Kolinearitas fungsional adalah kemampuan gen Hox untuk menentukan suatu struktur tubuh berdasarkan wilayahnya dalam suatu poros (Durstion, 2012). Nolte & Krumlauf (2013) menjelaskan sifat kolinearitas gen Hox pada otak belakang. Sifat kolinearitas terlihat pada otak belakang, yaitu pada paralog 1-4 (Gambar 3). Grup dari satu grup paralog akan memiliki persamaan dalam satu wilayah rhombomernya. Rhombomer merupakan bagian dari sistem saraf yang mengalami kompartementasi. Satu segmen rhombomer akan terpisah dari bagian lain. Di bagian perbatasan antar segmen rhombomer tidak terjadi percampuran sel, karena adanya pengikatan dan penolakan antar sel secara selektif (Parker, Bronner, & Krumlauf, 2016). Sedangkan kolinearitas temporal adalah mengenai urutan yang pertama diaktifkan. Gen pada ujung 3' adalah yang pertama diaktifkan dan gen pada ujung 5' yang paling akhir diaktifkan. Posisi gen dengan urutannya dapat dilihat di Gambar 3.

Lebih lanjut, Parker, Bronner, & Krumlauf (2016) juga menjelaskan pentingnya metamerisme, yaitu pembentukan segmen dalam satu jalur yang berkembang secara bebas satu sama lain tersebut. Metamerisme dimungkinkan karena adanya proses segmentasi dan kompartementasi. Hasil dari proses metamerisme adalah terbentuknya beberapa bagian dari organ dengan jaringan yang berbeda. Contohnya adalah perbedaan masing-masing segmen rhombomere.

Gen Hox berperan penting dalam penentuan identitas sel yang ada di tiap rhombomere. Peran ini berupa dihasilkannya faktor transkripsi yang mengatur ciri sel yang berada dalam segmen tertentu sepanjang poros anterior-posterior (Carroll, 1995. Krumlauf, 1994; McGinnis & Krumlauf, 1992; Parker, Bronner & Krumlauf, 2016). Misalnya gen *Hoxa1* mengatur pembentukan segmen pada rhombomere r5. Sebaliknya, ekspresi ektopik

gen Hoxb1 dan Hoxa1 mengakibatkan perubahan rhombomere r2 menjadi mirip r4.

Peran penting gen Hox adalah karena dapat mempengaruhi gen lain. Contoh kemampuan gen Hox dalam mempengaruhi gen lain adalah dengan menghasilkan protein yang berperan sebagai faktor transkripsi. Beberapa hal penting yang berkaitan dengan peran gen Hox pada perkembangan sistem saraf, adalah sebagai berikut.

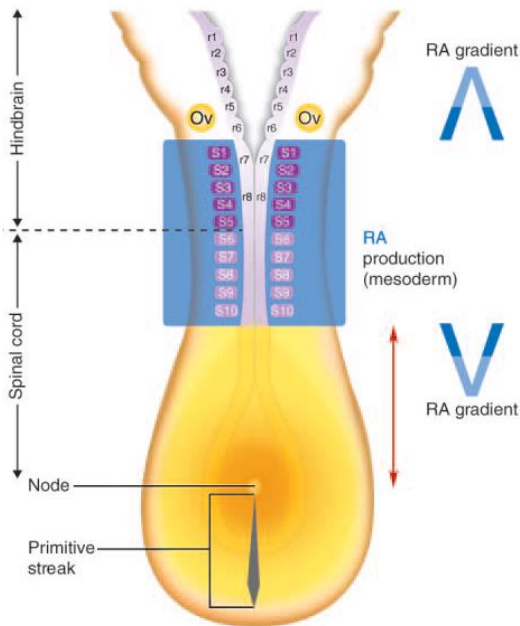
1. Faktor Transkripsi pada Protein Gen Hox

Ekspresi gen Hox diawali oleh morfogen yang diekskresikan pada bakal sel neuron. Proses penentuan identitas sel pada bakal sel neuron ikut dibantu oleh molekul retinoic acid (RA) dan fibroblast growth factor (FGF) pada garis anteroposterior. RA dan FGF berperan penting dalam menentukan identitas sel induk sepanjang poros dorsoventral RA yang dihasilkan dari batang saraf menentukan pola pada otak belakang bagian belakang dan batang saraf bagian depan.

RA dikenal dalam perkembangan otak belakang sebagai sinyal yang mendorong pertumbuhan bagian belakang/ekor. Percobaan pada embrio ayam yang mendapat paparan RA yang berlebih menunjukkan adanya peningkatan pertumbuhan rhombomere bagian caudal yang lebih tinggi dan bagian rostral/kepala yang lebih rendah. Sebaliknya percobaan dengan paparan RA yang rendah menunjukkan pertumbuhan rhombomere bagian rostral/kepala yang lebih tinggi namun pertumbuhan rhombomere bagian caudal yang lebih rendah. Dengan demikian RA bertindak sebagai promotor dalam transkripsi gen Hox melalui penggabungan antara reseptor RA dengan unsur regulatornya, seperti yang terjadi di gen Hox1 dan Hox4 (Deschamps & van Nes, 2005; Philipidou & Dasen, 2013).

FGF merupakan sinyal yang berperan dalam penentuan ekspresi gen Hox1-Hox10 di batang saraf. Peningkatan aktivitas FGF dapat mendorong gen Hox menghasilkan lebih banyak sifat bagian posterior yang muncul dalam

perkembangan batang saraf (Philipidou & Dasen, 2013). FGF bekerjasama dengan sejumlah sistem sinyal untuk mempengaruhi pola aktivitas gen Hox di batang saraf. Pada bagian rostral atau bagian atas, FGF bekerjasama dengan RA untuk membantu ekspresi gen Hox6 dan Hox 8 di motor neuron bagian branchial. Pada bagian posterior, FGF bekerjasama dengan *growth differentiation factor 11* (GDF-11) untuk mendorong ekspresi gen Hox 10 (Gambar 4).



Sumber: Deschamps & Van Nes (2005)

Gambar 4. Pengaruh Gradien RA pada Pembentukan Jaringan Saraf

Gambar 4. menunjukkan pengaruh gradien molekul RA pada pembentukan jaringan saraf. Bagian atas yang berwarna putih adalah otak belakang (hindbrain) dan bagian bawah yang berwarna kuning adalah batang saraf (spinal cord). Naiknya kadar RA menyebabkan peningkatan aktivitas untuk

membentuk rhombomere di bagian bawah/posterior pada otak belakang. Turunnya kadar RA mendorong pembentukan rhombomere bagian anterior/atas dan menghambat pembentukan rhombomere bagian bawah/posterior.

2. Pengaturan Transkripsi Gen Hox

Gen Hox juga memiliki aktivitas pengaturan transkripsi. Pengaturan transkripsi gen Hox dapat berlangsung dengan dua cara yaitu regulasi trans dan regulasi cis. Cara pertama adalah regulasi trans yang terjadi dengan adanya faktor transkripsi. Adapun pengaturan dengan regulasi cis terjadi dengan jalan mengikat faktor transkripsi. Nolte & Krumlauf (2007) menunjukkan bahwa regulasi gen Hox terdiri atas inisiasi, pembentukan, dan pemeliharaan. Pengaturan ini melibatkan aktivitas cis dan trans (Leite-Castro, Rodriques, & Freitas, 2014; Philipidou & Dasen, 2013; Torbey et al., 2018). Menurut Leite-Castro et al. (2014), ada satu promotor yang dapat berperan pada suatu proses transkripsi pada gen Hoxb1, Hoxc4, Hoxb6, Hoxa7, dan Hoxd9. Selain itu, ada juga promotor majemuk yang berperan dalam proses transkripsi.

Gen Hoxa1 berfungsi mengatur segmentasi otak belakang. Hal ini terbukti pada tikus yang tidak memiliki ekspresi gen ini, maka terjadi gangguan dalam pembentukan segmen otak belakang. Selain itu, tidak aktifnya gen ini mengakibatkan reduksi r5 dan mengecilnya ukuran r4. Mutasi bersamaan pada Hoxa1 dan Hoxb1 yang diamati pada tikus mutan mengakibatkan tidak terbentuknya r4 dan r5.

Gen Hoxa2 mengatur terbentuknya batas antara r1 dan r2 serta batas antara r2 dan r3. Pada mutasi bersamaan gen Hoxa2 dan Hoxb2, terjadi gangguan pembentukan batas antar rhombomere sepanjang r1 hingga r4. Mutasi ganda pada gen Hox1 dan Hox2 menyebabkan tidak terbentuknya batas antara rhombomere secara keseluruhan (Philipidou & Dasen, 2013). Philipidou & Dasen (2013) juga menjelaskan pengaruh gen Hox pada pembentukan motor neuron. Motor neuron dibagi menjadi tiga bagian,

yaitu somatik, visceral, dan branchiomotor. Motor neuron somatik berada di bagian ventral atau perut, dan merupakan saraf pada jaringan yang berasal dari mesoderm paraxial atau prechordal. Motor neuron visceral dan branchiomotor berada di bagian dorsal.

a. Pengaturan Cis pada Gen Hox

Pengaturan cis dilakukan oleh *cis regulatory element* (CRE), yaitu DNA non coding yang mempengaruhi transkripsi gen di dekatnya. Cara yang dilakukan gen cis berbeda dengan sistem trans regulatory. Pada sistem cis regulatory, gen itu berikatan dengan faktor transkripsi. Salah satu unsur utama cis regulatory adalah enhancer (Leite-Castro et al., 2014; Nejits & Deschamps, 2017).

Menurut Parker, Bonner, & Krumlauf (2016), terdapat sistem regulasi cis yang berupa *gene regulatory network* (GRN) yang mengatur segmentasi otak belakang. Faktor transkripsi yang berperan memulai aktivitas GRN adalah Krox20, vhnf1, Kreisler, Irx3/iro7, Cdx1, dan PG1. Faktor transkripsi tersebut berinteraksi dengan *signaling pathway* berupa *retinoic acid* (RA), FGF, dan Wnt. Adanya perubahan kadar RA memulai kegiatan GRN. Perubahan kadar RA menghasilkan *retinoic acid response element* (RARE) yang mengaktifkan Hoxa1, Hoxb1, Hoxb4, Hoxd4, Hoxb5, vhnf1, dan Cdx1.

RA mempengaruhi gen sasaran yang mengatur batas rhombomere. Terdapat beberapa gen yang diatur oleh beberapa promotor. Adanya promotor ini berhubungan dengan kolinearitas spasial dan temporal (Leite-Castro et al., 2014).

Salah satu bagian dari regulasi cis adalah enhancer. Enhancer adalah rangkaian DNA yang berfungsi sebagai tempat pengenalan (*recognition site*) bagi faktor transkripsi. Faktor transkripsi ini setelah menempel pada enhancer akan menarik protein lain yang mengatur transkripsi pada gen sasaran (Leite-Castro et al., 2014). Dengan demikian, adanya enhancer akan mempercepat terjadinya proses transkripsi.

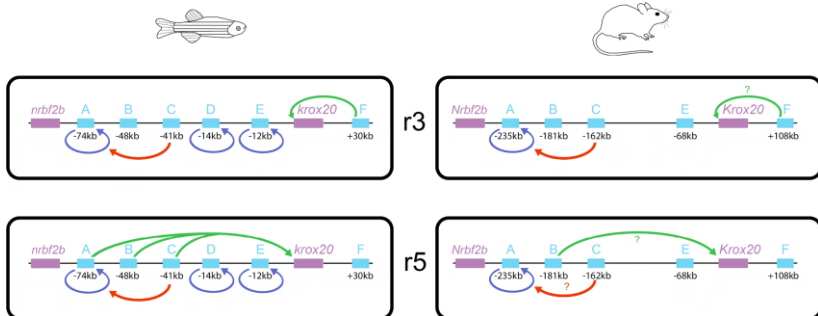
Ada beberapa jenis enhancer yang diketahui, misalnya Enhancer-1 dan Enhancer-2. Enhancer-1 aktif pada daerah Hoxa2, mengatur gen Hoxa1 dan selanjutnya mengatur perkembangan rhombomere r4. Diduga Enhancer-1 juga mempengaruhi gen Hoxa2. Adapun Enhancer-2 mempengaruhi ekspresi gen Hoxa1 di r5 dan kemungkinan di r6 (Leite-Castro et al., 2014).

b. Pengaturan oleh Trans-Regulator pada Gen Hox

Pengaturan oleh trans-regulator berarti adanya suatu gen atau rangkaian DNA yang mengatur aktivitas gen lain yang berjauhan dengan menghasilkan faktor transkripsi. Sistem trans-regulator mengatur aktivitas gen lain melalui sifat intermolekuler, yaitu melalui interaksi antara faktor transkripsi dengan DNA yang dipengaruhinya.

Pengaturan oleh trans-regulator juga terdapat pada gen Hox. Pengaturan oleh trans-regulator dilakukan oleh molekul transcription factor (TF) misalnya Krox20, Krml1, protein AP-2, Cdx, protein Hox, dan retinoic acid (RA). Molekul tersebut menempel pada urutan promotor atau enhancer untuk mengendalikan ekspresi gen Hox pada waktu atau lokasi tertentu selama perkembangan jaringan saraf pusat (Leite-Castro et al., 2014).

Molekul Krox20 mempengaruhi rhombomere bernomor ganjil. Krox20 merupakan regulator positif bagi Hoxa2 dan Hoxb2 di rhombomere r3 dan r5 pada tikus (Leite-Castro dkk, 2014) dan pada zebrafish (Torbey et al., 2018).



Sumber: Torbey et al. (2018)

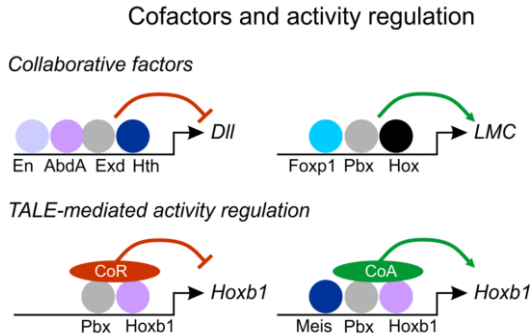
Gambar 5. Molekul Krox 20 sebagai Enhancer pada Ikan Zebrafish dan Tikus

Krml1 berperan dalam segmentasi otak belakang. Faktor ini juga bergabung dengan enhancer yang mengatur ekspresi Hoxa3 di r5 dan r6. Krml1 juga bergabung dengan enhancer tertentu yang mengatur Hoxb3 di r5 (Leite-Castro et al., 2014).

3. Kofaktor yang Berhubungan dengan Gen Hox

Satu hal penting dalam pengaturan fungsi gen Hox adalah gen Hox ikut menentukan aktivitas yang khusus bagi tiap tipe sel di sistem saraf pusat. Masih perlu banyak penelitian dalam bidang ini. Salah satu penyebab adalah karena protein yang dihasilkan oleh gen Hox tersebar di berbagai tipe sel yang berbeda, sehingga keberadaan protein tersebut tidak langsung menunjukkan adanya perbedaan fungsi protein itu di berbagai sel yang berbeda. Menurut Philipidou & Dasen (2013), satu cara untuk mengetahui peran gen Hox secara spesifik adalah dengan mengetahui kofaktor yang bergabung dengannya.

Ada beberapa jenis kofaktor, misalnya three amino acid loop extension (TALE). Protein dari gen Hox memiliki ikatan kuat dengan molekul TALE. Adanya ikatan ini memperpanjang urutan basa pengenal DNA. Dengan demikian, maka jumlah sasaran bagi protein Hox semakin sedikit dan mudah dipelajari. Contoh kofaktor dalam kelompok TALE adalah Pbx dan Meis.



Gambar 6. Peran Kofaktor Meis dan Pbx dalam Transkripsi Gen Hox

Seperti pengaturan kofaktor pada gen lain, pengaturan oleh gen Hox juga meliputi adanya jalur convergen dan divergen. Kofaktor Meis berfungsi melepas *corepresor* dari protein Pbx dan mendatangkan *coactivator*. Pengamatan pada Zebra Fish menunjukkan bahwa kofaktor Meis ikut mengatur pola dan segmentasi otak belakang. Akan tetapi percobaan pada tikus mutan tanpa Meis menunjukkan tidak adanya kerusakan pada sistem saraf pusat (Phillipidou & Dasen, 2013).

4. Efektor yang Mempengaruhi Gen Hox

Protein dari gen Hox menghasilkan faktor transkripsi yang berperan dalam pengaktifan berbagai reaksi yang mengaktifkan konektivitas antar neuron (Gambar 5). Mutasi gen Hox1 dan Hox2 menyebabkan gangguan pada sejumlah faktor transkripsi, seperti Phox2b, protein NKX, dan Pax6. Gen

Hox1b juga mempengaruhi GATA2 dan GATA3. Hox3 menghasilkan identitas motor neuron bagian somatik dengan cara upregulasi molekul Olig2 dan Hb9. Upregulasi berarti kenaikan jumlah reseptor karena menurunnya kadar hormon. Peristiwa ini mengakibatkan sel target menjadi lebih sensitif (Philippidou & Dasen, 2013).

Pada batang saraf, efektor yang menjadi target utama protein Hox di motor neuron adalah factor transkripsi Foxp1. Protein dari gen Hox menaikkan kadar Foxp1 untuk mengatur hasil akhir dari lateral motor column (LMC). Hoxc9 menurunkan kadar Foxp1 untuk menentukan bentuk akhir PGC (Philippidou & Dasen, 2013).

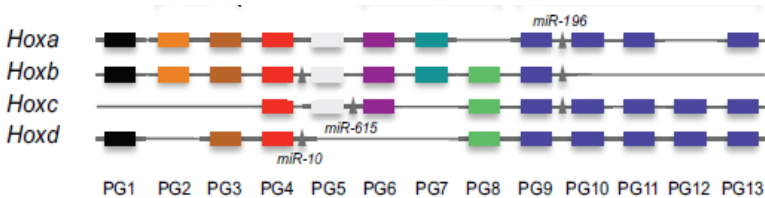
5. Epigenetik

Epigenetik merupakan sifat fenotipe yang diwariskan, namun tidak disebabkan perubahan struktur DNA. Contohnya adalah penambahan satu gugus metil (CH₃) pada satu basa DNA suatu gen. Susunan DNA gen itu tidak berubah, namun transkripsi gen itu akan berubah (Griffith et al., 2000).

Salah satu contoh peristiwa epigenetik dalam aktivitas gen Hox adalah melalui molekul microRNA atau miRNA. miRNA merupakan molekul RNA yang tidak menghasilkan kode genetik. Panjang satu miRNA adalah sekitar 22 nukleotida. Molekul miRNA mengatur transkripsi dengan menempelkan gugus basanya pada molekul RNA yang komplementer. Beberapa gen Hox menghasilkan miRNA. Kemudian miRNA tersebut menempel pada RNA tertentu sehingga aktivitas RNA tersebut berubah. Akibatnya terjadi perubahan ekspresi suatu gen, walaupun struktur gennya tidak berubah, sebagaimana peristiwa epigenetik lainnya (Yekta, Tabin, & Bartel, 2008).

Pada vertebrata khususnya tikus, ada tiga jenis miRNA yang berperan. Ketiga miRNA itu adalah miR-196, miR-10, dan miR-615. Pada Gambar 7 dapat terlihat bahwa posisi gen penghasil miR-196 berada di antara gen Hox9 dan

gen Hox10. Gen penghasil miR-196 berada pada tiga paralog, yaitu Hoxa, Hoxb, dan Hoxc (Mallo & Alonso, 2013).



Sumber: Mallo & Alonso, 2013

Keterangan: paralog gen Hox ditunjukkan dengan tulisan PG yang disertai angka

Gambar 7. Posisi miRNA di Gen Hox

Dalam transkripsi gen Hox, miRNA berperan dalam pembentukan jaringan saraf. miR-196 berpengaruh pada gen Hoxb8. Pada ikan Zebra Fish, diketahui bahwa miR-10 berpengaruh terhadap gen Hoxb1a dan gen Hoxb3a. Adapun fungsi miR-615 belum diketahui (Mallo & Alonso, 2013).

6. Penyakit Akibat Kelainan Gen Hox

Menurut Quinonez & Innis (2013), diketahui ada mutasi gen pada 10 dari 39 gen Hox yang menyebabkan terjadinya penyakit. Gen Hox yang diketahui dapat mengalami mutasi adalah Hoxa1, Hoxa2, Hoxa11, Hoxa13, Hoxb1, Hoxb13, Hoxc13, Hoxd4, Hoxd10, dan Hoxd13. Fenotipe dari adanya mutasi tersebut bervariasi, dari mulai adanya gangguan perkembangan jari tangan dan kaki, gangguan perkembangan jantung, hingga keterbelakangan intelektual.

Setidaknya sudah ditemukan dua penyakit akibat mutasi pada gen Hoxa1 yaitu: (1) *Sindrom Bosley-Salih-Alorainy* dan (2) *Sindrom Athabaskan brainstem dysgenesis*. *Sindrom Bosley-Salih-Alorainy* merupakan penyakit yang disebabkan karena mutasi pada gen Hoxa1. Pada awalnya, penyakit ini

ditemukan pada keluarga keturunan Arab Saudi dan Turki. Penyakit ini ditandai dengan terjadinya *congenital horizontal gaze palsy*, gangguan pendengaran, malformasi pada arteri carotid, dan autisme. Beberapa individu memiliki kelainan pada jari tangan atau kaki (Quinonez & Innis, 2013). Sedang *athabascan brainstem dysgenesis syndrome* merupakan penyakit yang pada awalnya diketahui pada keluarga keturunan Athabasca. Ciri penyakit ini yang terpenting adalah keterbelakangan intelektual. Selain itu ada juga gejala berupa *horizontal gaze palsy* dan gangguan pendengaran (Quinonez & Innis, 2013).

PENUTUP

Gen Hox berperan dalam pembentukan jaringan di otak belakang dan batang saraf. Di otak belakang, gen Hox berperan dalam segmentasi rhombomere. Gen Hox menghasilkan faktor transkripsi yang mengaktifkan gen lain dalam mengatur segmentasi rhombomere. Peran penting gen Hox adalah pada sifat kolinearitasnya. Selain itu, peranan gen Hox dalam mengatur perkembangan sel saraf dapat melalui regulasi trans maupun melalui regulasi cis. Dalam kedua regulasi itu, gen Hox dan protein yang dihasilkannya berperan dalam membantu transkripsi gen lain. Dengan demikian, kelainan pada gen Hox dapat menyebabkan suatu penyakit kelainan fisik maupun disorientasi atau kelemahan intelektual.

REFERENSI

- Bonito, M., Glover, J. C., & Studer, M. (2013). Hox genes and region-specific sensorimotor circuit formation in the hindbrain and spinal cord. *Developmental Dynamics*, 242(12), 1348-1368.
- Carroll, S. B. (1995). Homeotic genes and the evolution of arthropods and chordates. *Nature*, 376(6540), 479.
- Cecchi, C., Mallamaci, A., & Boncinelli, E. (2004). Otx and Emx homeobox genes in brain development. *International Journal of Developmental Biology*, 44(6), 663-668.
- Deschamps, J., & van Nes, J. (2005). Developmental regulation of the Hox genes during axial morphogenesis in the mouse. *Development*, 132(13), 2931-2942.
- Diki, D., (1995). *Analisis sitogenetika penderit Leukemia Mieloid Kronik* (Skripsi). Universitas Padjadjaran, Bandung.
- Durston, A. J. (2012). Hox Genes: Master Regulators of the Animal Bodyplan. In K. Sato (Ed), *Embryogenesis* (pp 131-150). ISBN: 978-953-51-0466. InTechOpen. Diakses melalui <https://www.intechopen.com/books/embryogenesis/hox-homeotic-selector-genes-key-regulators-of-embryogenesis>.
- Evans-Martin, F. (2010). *The nervous system*. Brainerd, Minn: Chelsea House Publisher.
- Griffiths, A. J. F., Miller, J. H., Suzuki, D. T., Lewontin, R. C., & Gelbart, W. M. (2000). *An introduction to genetic analysis*. New York: W. H. Freeman & Company.

- Hutlet, B., Theys, N., Coste, C., Ahn, M. T., Doshishti-Agolli, K., Lizen, B., & Gofflot, F. (2014). Systematic expression analysis of Hox genes at adulthood reveals novel patterns in the central nervous system. *Brain Struct Funct*, 221:1223-43.
- Krumlauf, R. (1994). Hox genes in vertebrate development. *Cell*, 78(2), 191-201.
- Leite-Castro, J., Rodrigues, P. N., & Freitas, R. (2014). Hox gene regulation in vertebrates. *Trends Dev. Biol.*, 8, 77-95.
- Mallo, M. & Alonso, C. R. (2013). The regulation of Hox gene expression during animal development. *Development*, 140, 3951-3963.
- McGinnis, W. & Krumlauf, R. (1992). Homeobox genes and axial patterning. *Cell*, 68, 283-302.
- Morgan, J. F. & Bloom, O. (2006). *Cells of the nervous system*. Philadelphia: Chelsea House Publisher.
- Neijts, R., & Deschamps, J. (2017). At the base of colinear Hox gene expression: cis-features and trans-factors orchestrating the initial phase of Hox cluster activation. *Developmental Biology*, 428(2), 293-299.
- Nolte, C. & Krumlauf, R. (2007). Expression of Hox genes in the nervous system of vertebrates. In *HOX gene expression* (pp. 14-41). New York: Springer.
- Parker, H. J., Bronner, M. E., & Krumlauf, R. (2016). The vertebrate Hox gene regulatory network for hindbrain segmentation: Evolution and diversification: Coupling of a Hox gene regulatory network to hindbrain segmentation is an ancient trait originating at the base of vertebrates. *Bioessays*, 38(6), 526-538.

- Philippidou, P., & Dasen, J. S. (2013). Hox genes: choreographers in neural development, architects of circuit organization. *Neuron*, 80(1), 12-34.
- Quinonez, S. C. & Innis, J. W. (2014). Human HOX gene disorders. *Molecular Genetics and Metabolism*, 111(1), 4-15.
- Rogers, K. (2011). The brain and the nervous system. New York: The Britannica Educational Publishing.
- Roux, M., & Zaffran, S. (2016). Hox genes in cardiovascular development and diseases. *Journal of Developmental Biology*, 4(2), 14.
- Tischfield, M. A., Bosley, T. M., Salih, M. A., Alorainy, I. A., Sener, E. C., Nester, M. J., Oystreck, D. T., Chan, W., Andrews, C., Erickson, R. P., & Engle, E. C. (2005). Homozygous HOXA1 mutations disrupt human brainstem, inner ear, cardiovascular and cognitive development. *Nature Genetics*, 37(10), 1035.
- Torbey, P., Thierion, E., Collombet, S., de Cian, A., Desmarquet-Trin-Dinh, C., Dura, M., ... Gilardi-Hebenstreit, P. (2018). Cooperation, cis-interactions, versatility and evolutionary plasticity of multiple cis-acting elements underlie krox20 hindbrain regulation. *PLoS genetics*, 14(8). 1-23.
- United Nations, (2017). The Sustainable Development Goals Report 2017. Diakses melalui <http://sdgactioncampaign.org/wp-content/uploads/2017/07/TheSustainableDevelopmentGoalsReport2017.pdf>
- Weaver, R. F. (2005). *Molecular biology*. 3rd Ed. New York: McGraw-Hill Company.

- WHO. (2018). The sustainable development goals report 2018. Diakses melalui <https://unstats.un.org/sdgs/files/report/2018/thesustainabledevelopmentgoalsreport2018.pdf>.
- Yekta, S., Tabin, C. J. & Bartel, D. P. (2008). MicroRNAs in the Hox network: an apparent link to posterior prevalence. *Nat. Rev. Genet*, 9, 789-796.

HIV/AIDS DALAM *SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS* (SDGs): INSIDEN, PERMASALAHAN, DAN UPAYA KETERCAPAIAN DI INDONESIA

Sri Utami
(sri-utami@ecampus.ut.ac.id)

PENGANTAR

Human Immunodeficiency virus (HIV) dan *Acquired Immune Deficiency Syndrome* (AIDS) masih menjadi permasalahan kesehatan masyarakat secara global. Walaupun insiden HIV telah menurun dari 0,40 per 1000 populasi yang tidak terinfeksi menjadi 0,26 per 1000 populasi yang tidak terinfeksi di tahun 2016 (UNAIDS, 2018a), namun kecenderungannya masih memprihatinkan. Hingga akhir tahun 2017, *World Health Organization* (WHO) melaporkan terdapat sekitar 36,9 juta orang dengan HIV/AIDS (odha), 940.000 kematian karena HIV, dan 1,8 juta orang terinfeksi baru HIV atau sekitar 5000 infeksi baru per harinya (WHO, 2018).

Terkait dengan *Sustainable Development Goals* (SDGs), penanggulangan HIV/AIDS memang tidak disebutkan secara jelas pada salah satu tujuannya. Hal ini karena SDGs memiliki tujuan yang lebih universal dibandingkan dengan *Millenium Development Goals* (MDGs), yaitu untuk mencapai kesehatan dan kesejahteraan bagi semua orang (tujuan butir tiga). Untuk mencapai tujuan yang bersifat holistik tersebut, salah satu targetnya adalah mengakhiri epidemi AIDS sebagai ancaman kesehatan masyarakat di tahun 2030. Target mengakhiri epidemi AIDS pada tahun 2030 juga berlaku di Indonesia.

Di Indonesia, insiden HIV mencapai 0,19 per 1000 penduduk (UNAIDS, 2018a; *World Health Statistics*, 2018). Insiden tersebut masih di bawah angka global (0,26 per 1000 penduduk), namun berada di atas angka rata-rata wilayah Asia Tenggara (0,08 per 1000 penduduk) (*World Health Statistics*, 2018). Bahkan Indonesia menempati urutan tertinggi ketiga

jumlah odha serta kasus infeksi baru wilayah Asia Pasifik setelah India dan China. Selain itu, kematian karena AIDS di Indonesia juga dilaporkan meningkat hingga 68% di tahun 2016 (WHO, 2018). Kondisi ini menjadi tantangan berat Indonesia untuk mencapai tujuan SDGs di tahun 2030.

Ketercapaian SDGs mengenai HIV/AIDS saling berkaitan dengan ketercapaian SDGs lainnya seperti SDG 1, SDG 2, SDG 3, SDG 5, SDG 9, dan SDG 17 (UNAIDS, 2017a). Bahkan dalam pernyataan tersebut keberhasilan untuk mengakhiri epidemi AIDS dikatakan mampu mempercepat kemajuan berbagai target SDGs yang lain. Pengembangan ilmu pengetahuan secara berkelanjutan khususnya terkait HIV/AIDS merupakan salah satu faktor penting yang memberikan kontribusi terhadap pencapaian SDGs di tahun 2030. Tulisan ini akan mengkaji tentang ketercapaian target HIV/AIDS dalam SDGs di Indonesia, dengan memaparkan insiden, permasalahan, dan upaya ketercapaiannya di bidang sains dan teknologi. Bahasan dalam tulisan ini merupakan analisis hasil kajian literatur, serta segala data dan informasinya bersumber dari data sekunder berupa jurnal hasil penelitian, laporan organisasi terkait, peraturan pemerintah, dan literatur pendukung lainnya.

PEMBAHASAN

Tulisan ini menyajikan bahasan yang mencakup tentang epidemi HIV/AIDS di Indonesia, peran terapi ARV dalam penurunan HIV, problematika penurunan HIV, serta peranan sains dan teknologi dalam upaya ketercapaian SDGs untuk mengakhiri epidemi HIV di Indonesia.

Sustainable Development Goals dan HIV/AIDS di Indonesia

Tujuan Pembangunan Berkelanjutan atau lebih dikenal dengan *Sustainable Development Goals* (SDGs) merupakan hasil kesepakatan 193 negara yang tergabung dalam PBB sebagai upaya pembangunan bersama hingga 2030 untuk mencapai kemaslahatan manusia dan bumi. Dokumen kesepakatan SDGs diterbitkan pada Oktober 2015 dan merupakan kelanjutan dari *Millenium Development Goals* (MDGs). Salah satu dari 17 tujuan SDGs

adalah kehidupan sehat dan sejahtera (Tujuan 3), yang menyatakan mengakhiri epidemi AIDS di tahun 2030 (United Nations, 2015).

Secara global, insiden HIV telah mengalami penurunan dari 0,4 menjadi 0,26 per 1000 populasi yang tidak terinfeksi antara tahun 2005 (puncak epidemi HIV) dan 2016 (UNAIDS, 2018a; United Nations, 2018). Penurunan ini adalah hasil upaya penguatan pada program pencegahan dan pengobatan yang juga berdampak pada penurunan transmisi HIV. Namun capaian penurunan ini jika dibandingkan dengan target SDGs di tahun 2030 (mengakhiri epidemi AIDS) dapat dikatakan masih lambat.

Epidemi AIDS secara global dilaporkan bahwa per tahun 2016 terdapat 36,7 juta (range: 30,8 juta-42,9 juta) orang yang hidup dengan HIV, 1,8 juta (range: 1,6 juta-2,1 juta) orang yang terinfeksi baru HIV, serta 1,0 juta (range: 830.000-1,2 juta) kematian karena AIDS (UNAIDS, 2017b; WHO, 2018). Capaian epidemi AIDS secara global ini masih jauh dari target tahun 2030 umumnya, dan khususnya tahun 2020 yaitu mengurangi jumlah orang yang terinfeksi baru HIV dan kematian karena AIDS masing-masing kurang dari 500.000.

Tabel 1. Epidemi HIV di Indonesia Periode 2005-2016

Epidemi HIV	Tahun		
	2005	2010	2016
Infeksi baru HIV	61.000 (55.000-67.000)	61.000 (55.000-67.000)	48.000 (43.000-52.000)
Insiden HIV per 1000 penduduk	0,28 (0,25-0,3)	0,26 (0,24-0,28)	0,19 (0,17-0,21)
Kematian karena AIDS	8.800 (6.600-11.000)	23.000 (19.000-27.000)	38.000 (34.000-43.000)
Orang dengan HIV	290.000 (260.000-330.000)	510.000 (450.000-580.000)	620.000 (530.000-730.000)

Sumber: (UNAIDS, 2017b)

Gambaran epidemi HIV di Indonesia yang mencakup infeksi baru HIV, insiden, dan kematian karena AIDS pada periode tahun 2005 hingga 2016

disajikan pada Tabel 1. Infeksi baru HIV di Indonesia telah mengalami penurunan sebanyak 21%, yaitu dari 61.000 di tahun 2005 menjadi 48.000 di tahun 2016. Angka infeksi baru di Indonesia ini relatif tinggi jika dibandingkan dengan wilayah Asia Pasifik lainnya yaitu menempati urutan tiga tertinggi setelah India dan China (UNAIDS, 2017b). Penurunan juga terjadi pada insiden HIV di Indonesia. Tahun 2016, insiden HIV mencapai 0,19 per 1000 penduduk (UNAIDS, 2018b; WHO, 2018). Jika dibandingkan puncak epidemi di tahun 2005, angka insiden mengalami penurunan hingga 32%. Angka tersebut juga relatif tinggi di atas angka rata-rata wilayah Asia Tenggara (0,08 per 1000 penduduk), walaupun masih di bawah insiden HIV secara global (0,26 per 1000 penduduk) (*World Health Statistics*, 2018). Sedangkan terkait kematian karena AIDS, justru mengalami peningkatan di tahun 2016 bahkan mencapai 331% jika dibandingkan tahun 2005.

Terkait dengan penularan HIV di Indonesia, sebagian besar terkonsentrasi pada kelompok populasi kunci, yaitu wanita pekerja seks (WPS), pengguna NAPZA suntik (penasun), laki-laki berhubungan seks dengan laki-laki (LSL), transgender, dan tahanan (Kemenkes RI, 2017). Selain itu, terdapat juga infeksi baru yang sebagian besar berasal dari populasi kunci dan pasangan seksual mereka. Oleh karena itu salah satu langkah efektif untuk menahan laju penyebaran HIV/AIDS di Indonesia adalah melalui program yang difokuskan pada kelompok populasi kunci. Dalam hal ini perhitungan estimasi jumlah populasi kunci merupakan faktor utama untuk memahami potensi epidemi dalam suatu area. Gambaran besaran populasi kunci di Indonesia beserta prevalensi HIVnya digambarkan pada Tabel 2. Berdasarkan Tabel 2 diketahui bahwa di antara populasi kunci di Indonesia, jumlah populasi tertinggi terdapat pada kelompok LSL dan terendah adalah kelompok transgender. Namun prevalen HIV tertinggi terjadi pada penasun, LSL, dan transgender.

Tabel 2. Estimasi Jumlah dan Pravalen HIV pada Populasi Kunci di Indonesia Tahun 2016

Populasi Kunci	Estimasi Jumlah Populasi	Prevalen HIV
Wanita Pekerja Seks	226.791	5,3%
Pengguna Napza Suntik	33.492	28,76%
Laki-laki berhubungan Seks dengan Laki-laki (LSL)	754.310	25,8%
Transgender	38.928	24,8%
Tahanan	Tidak teridentifikasi	2,6%

Sumber: (UNAIDS, 2017b)

Berdasarkan gambaran epidemi tersebut dapat dinyatakan bahwa epidemi HIV/AIDS di Indonesia telah menunjukkan perkembangan yang baik. Namun masih diperlukan upaya keras pada sistem kesehatan, khususnya yang menysasar pada populasi kunci agar epidemi HIV mampu mencapai *getting to zero* yang juga merupakan target SDGs di tahun 2030. Program *getting to zero* ini mencakup *zero new infection*, *zero related deaths*, dan *zero discrimination*.

Sebagai upaya untuk mencapai tujuan mengakhiri epidemi AIDS di tahun 2030, negara-negara anggota Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) membuat kesepakatan yang dikenal dengan *The Fast-track Commitments* (Strategi *Fast Track*). Adapun jalur cepat yang ditargetkan meliputi mengurangi jumlah infeksi baru HIV hingga kurang dari 500.000, mengurangi jumlah kematian karena AIDS hingga kurang dari 500.000, dan menghapus stigma dan diskriminasi karena AIDS pada tahun 2020 (Avert, 2018; UNAIDS, 2016, 2017a).

Adapun perluasan target yang ditempuh untuk mengurangi jumlah infeksi baru HIV mencakup beberapa hal berikut (UNAIDS, 2016).

1. Memastikan 90% orang yang berisiko HIV mempunyai akses komprehensif terhadap layanan pencegahan HIV, termasuk pada

pekerja seks dan kliennya, laki-laki berhubungan seks dengan laki-laki (LSL), waria, pengguna napza suntik, dan tahanan.

2. Memastikan 90% remaja muda mempunyai keahlian, pengetahuan, dan kapasitas untuk melindungi diri sendiri dari HIV.
3. Menjamin akses universal untuk kualitas dan keterjangkauan layanan kesehatan reproduksi dan seksual, termasuk layanan HIV untuk wanita.
4. Menjamin akses untuk program *harm reduction* (pengurangan dampak merugikan dari penggunaan zat psikoaktif tanpa harus mengurangi konsumsi zat tersebut).
5. Menjangkau 3 juta orang dengan *pre-eksposur profilaksis* (PrEP) hingga tahun 2020.
6. Menjangkau 25 juta laki-laki dengan sirkumsisi medis sukarela (SMS) pada negara dengan insiden tinggi di tahun 2020.
7. Menyediakan 20.000 juta kondom setiap tahunnya hingga tahun 2020 pada negara dengan pendapatan menengah ke bawah.
8. Menginvestasikan minimal $\frac{1}{4}$ pengeluaran AIDS untuk pencegahan HIV hingga tahun 2020.

Untuk mengurangi kematian karena AIDS hingga kurang dari 500.000, perluasan targetnya adalah sebagai berikut (UNAIDS, 2016).

1. Menjamin 30 juta orang dengan HIV mendapatkan akses pengobatan di tahun 2020.
2. Berkomitmen untuk pencapaian target 90-90-90, yang artinya adalah target untuk 90% orang yang terinfeksi HIV menyadari statusnya, 90% orang dengan status HIV mendapatkan akses layanan dan pengobatan, dan 90% orang dengan HIV/AIDS (odha) mendapatkan pengobatan dan dukungan antiretroviral (ARV).
3. Menjamin 1,6 juta anak dengan HIV mendapatkan akses terapi HIV hingga 2018.
4. Mengurangi kematian karena *tuberculosis* pada orang dengan HIV hingga 75% di tahun 2020.
5. Penetapan peraturan, kebijakan, dan praktik layanan pencegahan untuk akses keamanan, efikasi dan keterjangkauan obat generik, diagnosa dan teknologi kesehatan, termasuk menjamin penggunaan penuh terhadap perjanjian tentang aspek terkait perdagangan dari

fleksibilitas Hak Kekayaan Intelektual, dan penguatan regional dan kapasitas lokal untuk mengembangkan, memproduksi dan memberikan produk kesehatan yang terjamin kualitasnya.

Adapun target yang ditempuh untuk menghapus stigma dan diskriminasi terkait HIV adalah sebagai berikut (UNAIDS, 2016).

1. Menghapus stigma dan diskriminasi pada pengaturan perawatan kesehatan hingga tahun 2020.
2. Menghapus ketidaksetaraan gender dan mengakhiri semua kekerasan dan diskriminasi terhadap wanita dan remaja wanita, orang dengan HIV dan populasi kunci.
3. Meninjau dan memperbaiki undang-undang yang memperkuat stigma dan diskriminasi, termasuk usia terhadap persetujuan, ketidakpatuhan HIV, paparan dan transmisi, pembatasan perjalanan dan tes wajib.

Strategi *Fast-Track* juga diberlakukan di Indonesia, dengan *pilot projectnya* diterapkan di provinsi DKI Jakarta. Strategi *Fast-Track* ini diharapkan mampu berimplikasi besar terhadap penanggulangan HIV/AIDS di Indonesia sehingga target SDGs untuk mengakhiri epidemi AIDS dapat terwujud.

Peran Terapi ARV dalam Penurunan HIV

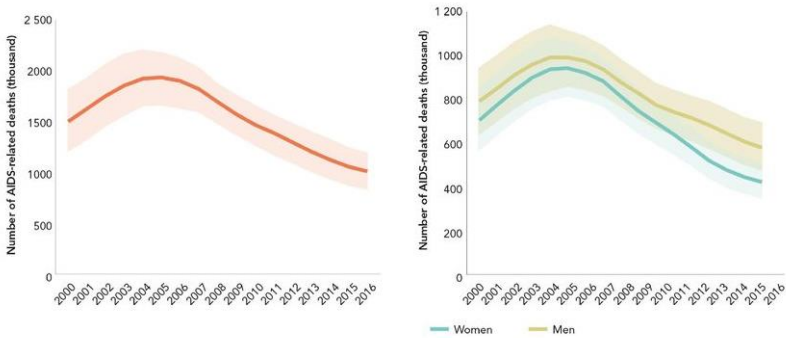
Prognosis infeksi HIV telah mengalami perbaikan setelah ditemukannya pengobatan dengan menggunakan obat anti-HIV yang dikenal dengan terapi antiretroviral (ARV). Terapi antiretroviral merupakan bagian dari pengobatan HIV/AIDS untuk mengurangi risiko penularan HIV, menghambat terjadinya infeksi oportunistik, meningkatkan kualitas hidup penderita HIV, dan menurunkan jumlah virus (*viral load*) dalam darah sampai tidak terdeteksi (Kemenkes RI, 2014). Untuk mencapai keberhasilan dalam mempertahankan imunitas pasien melalui jumlah virus yang terkendali, terapi ARV ini harus dijalani seumur hidup oleh pasien HIV/AIDS.

Prinsip pemberian ARV adalah penggunaan tiga jenis obat yang ketiganya harus terserap dan berada dalam dosis terapeutik dalam darah, yang biasa disebut dengan *Highly Active Antiretroviral Therapy* (HAART). HAART ini

sering disingkat menjadi Antiretroviral Therapy (ART) atau terapi ARV. Pengelompokan obat ARV berdasarkan mekanisme kerjanya meliputi *Nucleoside Reverse Transcriptase Inhibitor* (NRTI), *Nonnucleoside-Based Reverse Transcriptase Inhibitor* (NNRTI), dan *Protease Inhibitor* (PI) (Kemenkes RI, 2011). Sebelum dimulai pengobatan, diperlukan dukungan kondisi imunodefisiensi HIV yang dalam hal ini parameter terbaiknya adalah CD4 (Kemenkes RI, 2014). CD4 merupakan glikoprotein yang ditemukan pada sel imun. Pemantauan CD4 dapat digunakan sebagai dasar untuk memulai pemberian ARV atau penggantian obat. Di Indonesia, Tingkat CD4 yang direkomendasikan untuk memulai terapi ARV adalah ≤ 350 cells/mm³ (UNAIDS, 2017b).

Walaupun obat ini belum mampu menyembuhkan HIV secara menyeluruh, namun secara dramatis mampu menurunkan angka kematian (mortalitas) dan kesakitan (morbiditas) di antara orang yang terinfeksi HIV, meningkatkan kualitas hidup mereka, dan meningkatkan harapan masyarakat. Dengan demikian, saat ini pandangan masyarakat sudah mulai berubah bahwa HIV telah diterima sebagai penyakit yang dapat dikendalikan. Diketahui bahwa peningkatan cakupan terapi ARV secara global telah menjadi kontribusi utama dalam penurunan 48% kematian karena AIDS, dari puncaknya 1,9 juta (1,7 juta-2,2 juta) di tahun 2005 menjadi 1,0 juta (830.000-1,2 juta) di tahun 2016 (Gambar 1) (UNAIDS, 2017b; *World Health Statistics*, 2018).

Keberhasilan terapi ARV dalam penurunan mortalitas dan morbiditas tidak terlepas dari peran kepatuhan pasien untuk meminum obat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara kepatuhan minum obat dengan supresi virus HIV (Victor et al., 2018). Untuk mencapai tingkat supresi virus yang optimal setidaknya 95% dari semua dosis ARV harus diminum (Kemenkes RI, 2011). Diketahui bahwa meskipun 51% penderita HIV secara global adalah perempuan, namun cakupan terapi lebih tinggi serta kepatuhan terapi lebih baik pada perempuan dibandingkan laki-laki. Faktor tersebutlah yang menyebabkan kematian karena AIDS menjadi lebih lambat pada perempuan dibandingkan laki-laki seperti terlihat pada Gambar 1b (UNAIDS, 2017b).



Sumber: (UNAIDS, 2017b)

Gambar 1. a) Kematian karena AIDS, b) Kematian karena AIDS Berdasarkan Jenis Kelamin

Berdasarkan bukti ilmiah (*evidence based*) terkait peran pentingnya terapi ARV dalam penurunan kematian, kesakitan, dan peningkatan harapan hidup pasien HIV (Trickey et al., 2017; Zhao et al., 2018), maka memaksimalkan perluasan akses ARV menjadi salah satu langkah penting untuk dapat mempercepat tercapainya *getting to zero* yang juga menjadi target SDGs di tahun 2030. Pada Strategi *Fast Track*, target terapi ARV adalah agar 90% odha mendapatkan pengobatan dan dukungan ARV. Sedangkan berdasarkan laporan WHO diketahui dari 36,9 juta orang yang hidup dengan HIV, hanya 21,7 juta (59%) orang yang menerima terapi ARV hingga akhir tahun 2017 (WHO, 2018). Hal ini berarti capaian cakupan terapi ARV secara global masih jauh dari target.

Adapun capaian di Indonesia terkait terapi ARV, diketahui dari 620.000 orang yang hidup dengan HIV, hanya 35% (220.000) yang menyadari statusnya. Sedangkan diantara mereka yang menyadari statusnya, hanya 36% (78.000) yang mendapatkan pengobatan (UNAIDS, 2017b). Hal ini berarti, hanya 13% penderita HIV yang mendapatkan pengobatan dari keseluruhan penderita HIV di Indonesia. Capaian terapi ARV sebesar 36% tersebut relatif rendah jika dibandingkan dengan capaian di Asia Pasifik (66%), terlebih jika dibandingkan dengan target 90%. Sementara itu data

tentang persentase odha yang mendapatkan terapi dengan status virus terkendali belum tersedia (UNAIDS, 2017b). Kondisi ini memberikan dampak ketercapaian target 90-90-90 di Indonesia belum dapat dievaluasi secara keseluruhan.

Berdasarkan capaian terapi ARV khususnya capaian di Indonesia, masih diperlukan strategi tindakan percepatan untuk meningkatkan cakupan terapi ARV tersebut. Strategi ini perlu didukung dengan intervensi lain untuk mendapatkan pelayanan berkelanjutan, termasuk pencegahan, diagnosis, dan perawatan. Salah satu strategi pengembangan untuk perluasan ARV di Indonesia adalah melalui Layanan Komprehensif Berkesinambungan (LKB) dengan melibatkan peran aktif komunitas dengan pendekatan strategi pemberian obat ARV/ *Strategic Use of Antiretroviral* (SUFA) sebagai pencegahan dan pengobatan infeksi HIV.

Problematika Penurunan HIV di Indonesia

Penurunan epidemi HIV di Indonesia dapat dikatakan masih jauh dari target. Walaupun beberapa program pengendalian HIV/AIDS telah digalakkan, namun tidak dapat dipungkiri keberadaan beberapa kendala berikut ini mempengaruhi keberhasilan program tersebut. Salah satu faktor utama yang menjadi kendala adalah stigma dan diskriminasi terhadap penderita HIV di Indonesia yang masih tinggi. UNAIDS melaporkan bahwa lebih dari setengah penduduk (62,8%) menyatakan tidak akan membeli sayuran dari penjual sayur yang menderita HIV (UNAIDS, 2017b). Hal ini menunjukkan bahwa pencapaian Indonesia untuk *zero discrimination* masih jauh.

Keberadaan stigma dan diskriminasi membuat odha mengalami penderitaan ganda. Stigma dan diskriminasi ini juga menjadi faktor yang menghambat penjangkauan, diagnosis, dan penerimaan layanan kesehatan yang berkualitas bagi odha, khususnya pada populasi kunci. Penelitian terkait stigma di Indonesia menemukan beberapa bentuk stigma yang diterima odha yaitu berupa penolakan, harga diri rendah/persepsi diri yang negatif, pelecehan verbal, isolasi sosial, dan ketakutan. Bahkan keberadaan stigma ini membuat 45% dari mereka merasa tidak layak untuk hidup dan

64% merasa tidak berharga (Aggarwal et al., 2018; Arsyad Subu, Esti, Fernandes, Fatmadona, & Sasmita, 2017). Stigma dan diskriminasi yang mereka terima ini disebabkan karena penderita HIV yang sering dikaitkan dengan isu narkoba, seks bebas, dan homoseksual. Faktanya diketahui bahwa penularan HIV terbanyak di Indonesia disebabkan karena hubungan heteroseksual dan penderita terbanyaknya adalah ibu rumah tangga (Kemenkes RI, 2014). Kondisi ini menepis bahwa penderita HIV yang selalu dikaitkan dengan perilaku menyimpang. Sementara itu jika dikaitkan dengan program yang ada, kampanye pencegahan ditujukan hanya pada kelompok yang dianggap rentan, padahal semua orang dengan orientasi seksual apapun rentan terhadap HIV/AIDS. Peningkatan layanan informasi, edukasi, dan konseling HIV/AIDS pada seluruh lapisan masyarakat merupakan salah satu cara yang terbukti efektif dalam penurunan tingkat stigma (WHO, 2017). Selain itu untuk mendukung kejiwaan odha, juga perlu dipertimbangkan keberadaan akses kepada layanan kesehatan mental yang juga perlu menjadi prioritas pada klinik yang menyediakan terapi ARV (Aggarwal et al., 2018).

Permasalahan lainnya adalah keberadaan program yang dianggap berbenturan dengan budaya Indonesia. Salah satunya adalah kondomisasi yang kebijakannya di Indonesia sudah jelas legalitasnya. Program penyediaan 20.000 juta kondom setiap tahunnya pada negara dengan pendapatan menengah ke bawah juga menjadi salah satu target yang dicanangkan UNAIDS untuk menurunkan kasus infeksi baru HIV. Namun keberadaan program ini justru dianggap menimbulkan benturan budaya di dalam masyarakat Indonesia yang dibuktikan dengan adanya protes dari masyarakat secara massif (Rusdi, 2017). Dalam hal ini perlu penekanan informasi kepada masyarakat terhadap arti pentingnya penggunaan kondom untuk mencegah IMS. Saat ini pemerintah sedang mencanangkan program kondom dual proteksi yang dititikberatkan pada pasangan usia subur dan pasangan yang telah terinfeksi HIV dan IMS agar tidak menular. Penyampaian informasi yang benar mengenai program ini diharapkan dapat diterima masyarakat luas, mengingat saat ini penggunaan kondom sebagai alat kontrasepsi masih berkisar 3,15% dari keseluruhan peserta aktif KB (Olyvia, 2017).

Dukungan dari penentu kebijakan juga menjadi faktor yang menunjang keberhasilan program. Komitmen politik yang berupa peraturan dalam upaya penanggulangan AIDS di Indonesia dapat dinilai belum maksimal. Hal ini dapat digambarkan dari beberapa temuan Tim Kajian Nasional Tahun 2017 seperti, banyaknya kebijakan HIV/AIDS yang belum tersosialisasikan secara menyeluruh kepada pihak-pihak terkait, keberadaan peraturan daerah yang masih tidak sesuai dengan prinsip HAM dan peraturan nasional, serta banyaknya peraturan daerah yang mengkriminalisasikan pekerja seks yang justru berpotensi menghambat jalannya respon HIV yang efektif (WHO, 2017).

Bentuk kebijakan lain yang juga dianggap menghambat penurunan HIV adalah adanya Peraturan Presiden Nomor 124 Tahun 2016 yang menegaskan bahwa Komisi Penanggulangan AIDS Nasional (KPAN) akan menyelesaikan tugasnya paling lambat 31 Desember 2017. Hal ini dapat diartikan bahwa di akhir tahun 2017 tidak ada lagi KPAN. Segala tugas dan fungsi KPAN yang berkaitan dengan penetapan kebijakan, rencana strategis nasional, langkah-langkah strategis, penyebaran informasi, kerja sama regional nasional, serta pengendalian, pemantauan, dan evaluasi menjadi tanggung jawab Menteri yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang kesehatan. Sedangkan koordinasi yang dilaksanakan KPAN menjadi tanggung jawab kementerian bidang pembangunan manusia dan kebudayaan (Peraturan Presiden, 2016). Namun di sisi lain, posisi KPAN masih dianggap sangat dibutuhkan untuk terus mengawal pelaksanaan program penanggulangan AIDS. KPAN sendiri dibentuk berdasarkan Peraturan Presiden nomor 75 tahun 2006 sebagai badan yang bertugas untuk mengelola penanggulangan AIDS secara menyeluruh, sistematis, dan terkoordinasi pada semua tingkatan (Komisi Penanggulangan AIDS, 2015).

Mengingat peran pentingnya kebijakan/peraturan terhadap penurunan epidemi HIV, perlu dilakukan kajian ulang terhadap seluruh peraturan terkait HIV/AIDS baik di tingkat daerah, nasional, regional, dan global. Bahkan perlu dipertimbangkan adanya reformasi kebijakan pada peraturan yang berpotensi menghambat penurunan epidemi HIV di Indonesia. Selain

itu, keberadaan peraturan tersebut juga harus didukung dengan peningkatan komitmen pemerintah dalam penanggulangan AIDS.

Faktor lain yang juga dapat menjadi penghambat dalam penurunan HIV/AIDS di Indonesia adalah keterbatasan pelaporan data terkini terkait HIV/AIDS. Ketersediaan data yang akurat dan terupdate terkait HIV/AIDS mempunyai peran penting dalam pengembangan strategi perencanaan dan evaluasi keberhasilan program yang sudah diimplementasikan. Sebagai upaya meminimalisir ketidakakuratan data, pemerintah Indonesia memberlakukan kebijakan Sistem Informasi HIV/AIDS (SIHA). Kebijakan terkait SIHA ini diharapkan dapat berjalan secara optimal dengan dukungan ketersediaan data yang akurat dan kredibel. Namun nyatanya ketidaktersediaan data penting terkait HIV/AIDS masih menjadi masalah di Indonesia.

Berdasarkan laporan UNAIDS tahun 2017, beberapa data penting HIV/AIDS berikut ini belum tersedia di Indonesia. Diantaranya adalah data tentang jumlah odha yang menjalani terapi dengan status virus terkendali, skrining kanker servik pada odha wanita, penggunaan kondom pada perilaku seks berisiko, orang dengan PrEP, data tentang kebijakan dan regulasi, serta data populasi kunci terkait pengetahuan tentang HIV, cakupan terapi ARV, distribusi kondom, cakupan pencegahan HIV, serta penerimaan stigma dan diskriminasi (UNAIDS, 2017b). Kondisi ini memberikan dampak pada ketercapaian target yang belum dapat dievaluasi secara keseluruhan. Permasalahan terkait data ini perlu didukung dengan komitmen dan kedisiplinan dari pihak terkait untuk melakukan update data secara rutin sesuai aturan. Selain itu juga diperlukan perhatian khusus pada pemenuhan kebutuhan data di tingkat provinsi dan kabupaten/kota. Sistem pelaporan yang ada harus ditunjang dengan sistem pelaporan yang terkoordinasi, yang dipertegas dengan aturan/kebijakan yang jelas. Keberadaan data yang terkini dan berkualitas merupakan aset untuk perencanaan dan pemantauan program HIV/AIDS.

Peran Sains dan Teknologi dalam Ketercapaian SDGs untuk Menurunkan HIV di Indonesia

Sains dan teknologi terus mengalami perkembangan seiring dengan majunya peradaban manusia, termasuk pengembangan terkait HIV/AIDS. Pengembangan bidang sains dan teknologi ini juga merupakan kunci penting yang dapat mengantarkan Indonesia mencapai target SDGs terkait HIV/AIDS (*getting to zero*). Keberadaan inovasi dan teknologi baru diharapkan dapat meningkatkan efektivitas serta efisiensi intervensi untuk menanggulangi HIV. Salah satu upaya yang bisa dilakukan untuk eksplorasi inovasi dan teknologi baru yaitu melalui pengembangan dan penguatan penelitian baru di bidang HIV dan AIDS.

Beberapa penelitian terkait epidemi HIV/AIDS telah dilaksanakan di Indonesia, walaupun dapat dikatakan masih terbatas dan belum menyebar di semua wilayah Indonesia. Terkait penurunan kasus infeksi baru HIV, hasil penelitian Ma'ruf & Puengsamran (2016) menunjukkan bahwa pengetahuan tentang HIV/AIDS mempunyai keterkaitan dengan perilaku terkait HIV/AIDS di kalangan laki-laki muda perkotaan di Indonesia. Terkait penurunan morbiditas pada pasien HIV, sebuah penelitian menemukan adanya korelasi antara lamanya terapi ARV dengan prevalensi malnutrisi pada odha yang menerima terapi ARV di Aceh (Ma'ruf & Phuengsamran, 2016). Sedangkan terkait kematian pasien HIV di Indonesia, teridentifikasi prediktor seperti: penderita HIV laki-laki, dengan pendidikan rendah, melalui penularan heteroseksual ataupun penasun, memulai terapi dengan nilai CD4 yang rendah, serta tidak mempunyai pengawas minum obat (Utami et al., 2017). Untuk temuan penelitian terkait stigma dan diskriminasi, penelitian di Kota Sorong menemukan bahwa pengetahuan, stigma, dan diskriminasi berpengaruh terhadap pemanfaatan *Voluntary Counselling Testing* (VCT) di Distrik Sorong Timur Kota Sorong (Pangaribuan, 2017). Temuan-temuan tersebut dapat dijadikan dasar acuan dalam pengembangan program HIV di Indonesia.

Saat ini Indonesia dapat dikatakan masih memerlukan dukungan penelitian dengan area yang lebih luas, diantaranya pada bidang penelitian biomedis,

epidemiologi, sosial, budaya, perilaku, dan penelitian operasional/implementasi. Penelitian biomedis yang dimaksud adalah penelitian yang difokuskan pada masalah gambaran klinik, perjalanan penyakit, perawatan serta pengobatan penyakit. Penelitian epidemiologi difokuskan pada besaran, penyebaran, latar belakang biologi, virologi, serta lingkungan. Sedangkan pada penelitian sosial difokuskan pada fenomena sosial dalam masyarakat, termasuk struktur sosial masyarakat.

Selain pengembangan sains melalui penelitian, beberapa inovasi teknologi terkait HIV/AIDS juga perlu dipertimbangkan. Inovasi teknologi tersebut diantaranya adalah tes HIV yang berbasis komunitas, pemanfaatan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) untuk HIV/AIDS, penggunaan media sosial untuk penyebarluasan informasi, SMS dan internet untuk kegiatan penjangkauan komunitas khususnya bagi populasi tersembunyi, serta penganangan intervensi PrEP bagi LSL (Komisi Penanggulangan AIDS, 2015). Terkait penjangkauan melalui SMS, salah satu layanan klinik di Bali (*Bali Medical Clinic*) sudah menunjukkan keberhasilannya dalam program diagnosis dini dan terapi yang cepat. Klinik ini menyediakan layanan penjangkauan dan kepatuhan minum obat melalui support group, alat pengingat minum obat, dan mempromosikan layanan serta membangun kepercayaan melalui pemanfaatan media sosial (UNAIDS, 2014). Kesuksesan dalam layanan diagnosis dini dan pengobatan yang tepat dan cepat pada odha di klinik ini, dapat dipertimbangkan sebagai model layanan untuk dapat diterapkan pada layanan HIV/AIDS lainnya.

PENUTUP

Insiden HIV di Indonesia telah mengalami penurunan dari 0,28 menjadi 0,19 per 1000 penduduk yang tidak terinfeksi antara tahun 2005 (puncak epidemi HIV) dan 2016. Penurunan ini adalah hasil upaya penguatan pada program pencegahan dan pengobatan yang juga berdampak pada penurunan transmisi HIV. Namun capaian ini jika dibandingkan dengan target SDGs di tahun 2030 dapat dikatakan masih lambat. Tidak dapat dipungkiri keberadaan beberapa kendala seperti stigma dan diskriminasi yang masih tinggi, program yang berbenturan dengan budaya Indonesia, belum

maksimalnya komitmen kebijakan, serta keterbatasan pelaporan data terkini menjadi penghambat dalam keberhasilan program yang ada.

Target SDGs untuk mengakhiri epidemi HIV di tahun 2030 akan berhasil apabila dalam penanggulangannya memperhatikan pendekatan multisektoral, berbasis hak, dan berpusat pada faktor penentu kesehatan dan kesejahteraan manusia. Selain itu penanggulangannya juga perlu menysasar pada program layanan yang komprehensif yang meliputi upaya promotif, preventif, kuratif, dan rehabilitatif secara paripurna. Faktor penting lain yang perlu mendapat perhatian dalam pencapaian SDGs khususnya terkait penanggulangan HIV/AIDS adalah pengembangan bukti ilmiah melalui penelitian. Hal ini ditujukan untuk eksplorasi inovasi dan teknologi baru yang dapat meningkatkan efektivitas serta efisiensi intervensi untuk menanggulangi HIV. Selain itu juga perlu diperkuat dengan dukungan dan komitmen dari pemangku kepentingan di semua tingkatan.

REFERENSI

- Aggarwal, S., Yu, L., Hasjim, B., Lee, D. H., Kim, E., Lee, J. B., ... Diamond, C. (2018). Stigma and negative self-perceptions of young people living with human immunodeficiency virus in Bandung, Indonesia: a case series. *International Health*, 10(5), 401–403. <https://doi.org/10.1093/inthealth/ihy031>
- Arsyad Subu, M., Esti, A., Fernandes, F., Fatmadona, R., & Sasmita, H. (2017). 'Between us and them'-understanding stigma and stigmatization among people with human immuno-deficiency virus (hIV) / acquired immune deficiency syndrome in Sumatera Island, Indonesia. *ASEAN Journal of Psychiatry*, 18(1).
- Avert. (2018). *Global HIV targets*. Diakses September 6, 2018, melalui <https://www.avert.org/global-hiv-targets>
- Kemendes RI. (2011). *Pedoman nasional tatalaksana klinis infeksi HIV dan terapi antiretroviral: pada orang dewasa*. Jakarta: Kementerian Kesehatan RI. Diakses melalui <http://spiritia.or.id/Dok/pedomanart2011.pdf>
- Kemendes RI. (2014). *Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 87 tahun 2014 tentang pedoman pengobatan antiretroviral*. Diakses melalui <http://preventcrypto.org/wp-content/uploads/2015/10/IndonesiaAdultARTguidelines20141432907982.pdf>
- Kemendes RI. (2017). *Kajian epidemiologi HIV Indonesia 2016*. Jakarta. Diakses melalui http://siha.depkes.go.id/portal/files_upload/KAJIAN_EPIDEMIOLOGY_HIV_INDONESIA_2016.pdf

Kemendes RI. (2014). *Infodatin pusat data dan informasi Kementerian Kesehatan RI: situasi dan analisis HIV AIDS*. Jakarta Selatan. Diakses melalui http://www.depkes.go.id/resources/download/pusdatin/infodatin/Infodatin_AIDS.pdf

Komisi Penanggulangan AIDS. (2015). *Strategi dan rencana aksi nasional 2015-2019 penanggulangan HIV dan AIDS di Indonesia*. Jakarta. Diakses melalui http://siha.depkes.go.id/portal/files_upload/SRAN_2015_2019_FINAL.pdf

Ma'ruf, M. A., & Phuengsamran, D. (2016). Association between HIV-AIDS related knowledge and HIV-AIDS related behavior among urban young adult men in Indonesia. In *Asian Academic Society International Conference Proceeding Series*. Diakses melalui <http://aasic.org/proc/aasic/article/viewFile/188/185>

Olyvia, F. (2017). *Kondom, alat kontrasepsi paling minim risiko*. Diakses melalui <https://www.cnnindonesia.com/gaya-hidup/20170926162630-260-244170/kondom-alat-kontrasepsi-paling-minim-risiko> pada 17 September 2018.

Peraturan Presiden. (2016). *Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 124 tahun 2016 tentang perubahan atas peraturan presiden nomor 75 tahun 2016 tentang komisi penanggulangan AIDS nasional*. Diakses melalui http://www.depkes.go.id/uploads/tx_rtgfiles/Perpres_Nomor_124_Tahun_2016.pdf

Pangaribuan, S. (2017). Pengaruh stigma dan diskriminasi odha terhadap pemanfaatan VCT di Distrik Sorong Timur Kota Sorong. *Global Health Science*, 2(1), 1-5.

Rusdi, A. (2017). *Fenomena HIV sebagai sebuah masalah dari pencegahan yang bermasalah: studi kasus kebijakan kondomisasi di Indonesia*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.10381.54248>

Trickey, A., May, M. T., Vehreschild, J.-J., Obel, N., Gill, M. J., Crane, H. M., ... Sterne, J. A. C. (2017). Survival of HIV-positive patients starting antiretroviral therapy between 1996 and 2013: a collaborative analysis of cohort studies. *The Lancet HIV*, 4(8), e349–e356. [https://doi.org/10.1016/S2352-3018\(17\)30066-8](https://doi.org/10.1016/S2352-3018(17)30066-8)

UNAIDS. (2014). *UNAIDS PCB field visit to Indonesia*. Diakses melalui http://www.unaids.org/sites/default/files/media_asset/20141218_IndonesiaFieldVisit_finalreport.pdf

UNAIDS. (2016). *Fast-track commitments to end AIDs by 2030*. Geneva. Diakses melalui http://www.unaids.org/sites/default/files/media_asset/fast-track-commitments_en.pdf

UNAIDS. (2017a). *The sustainable development goals and the HIV response: stories of putting people at the centre*. Geneva: UNAIDS. Diakses melalui http://www.unaids.org/sites/default/files/media_asset/SDGsandHIV_en.pdf

UNAIDS. (2017b). *Unaid data 2017*. Geneva: UNAIDS. <https://doi.org/978-92-9173-945-5>

UNAIDS. (2018a). *AIDS info*. Geneva. Diakses melalui <http://aidsinfo.unaids.org/>

UNAIDS. (2018b). *Global AIDS monitoring 2018, Indicators for monitoring the 2016 united nations political declaration on ending AIDS*. Geneva. Diakses melalui http://www.unaids.org/sites/default/files/media_asset/2017-Global-AIDS-Monitoring_en.pdf

- United Nations. (2015). *Transforming our world: the 2030 agenda for sustainable development*. New York. Diakses melalui <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/21252030AgendaforSustainableDevelopmentweb.pdf>
- United Nations. (2018). *The sustainable development goals report 2018*. New York. Diakses melalui <https://unstats.un.org/sdgs/files/report/2018/TheSustainableDevelopmentGoalsReport2018-EN.pdf>
- Utami, S., Sawitri, A. A. S., Wulandari, L. P. L., Artawan Eka Putra, I. wayan G., Astuti, P. A. S., Wirawan, D. N., ... Mathers, B. (2017). Mortality among people living with HIV on antiretroviral treatment in Bali, Indonesia: incidence and predictors. *International Journal of STD & AIDS*, 28(12), 1199–1207. <https://doi.org/10.1177/0956462417692942>
- Victor, M., Gvetadze, R., Sonali Girde, Richard Ndivo, Frank Angira, Clement Zeh, ... Lecher. (2018). Correlation of adherence by pill count, self-report, MEMS and plasma drug levels to treatment response among women receiving ARV therapy for PMTCT in Kenya. *AIDS and Behaviour*, 22(3), 918–928.
- WHO. (2017). *Kajian nasional respon HIV di bidang kesehatan Republik Indonesia*. Jakarta. Diakses melalui http://www.searo.who.int/indonesia/publications/hiv_country_review_indonesia_bahasa.pdf
- WHO. (2018). *Global health observatory data: HIV/AIDS*. Diakses September 6, 2018, melalui <http://www.who.int/news-room/factsheets/detail/hiv-aids>

World Health Statistics. (2018). *Monitoring health for the SDG's (Sustainable development goals)*. Geneva: World Health Organization. Diakses melalui

<http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/272596/9789241565585-eng.pdf?ua=1>

Zhao, Y., Wu, Z., McGoogan, J. M., Shi, C. X., Li, A., Dou, Z., ... Montaner, J. S. G. (2018). Immediate antiretroviral therapy decreases mortality among patients with high CD4 counts in China: A Nationwide, Retrospective Cohort Study. *Clinical Infectious Diseases*, 66(5), 727–734. <https://doi.org/10.1093/cid/cix878>



Computerized Adaptive Testing:
Efisiensi dan Akurasi Penyelenggaraan Tes
(Agus Santoso)

COMPUTERIZED ADAPTIVE TESTING: EFISIENSI DAN AKURASI PENYELENGGARAAN TES

Agus Santoso
(aguss@ecampus.ut.ac.id)

PENGANTAR

Seiring dengan perkembangan teknologi, tes dengan menggunakan komputer mulai dilakukan. Awalnya, komputer hanya digunakan untuk mengotomatisasikan aktivitas pengukuran yang biasa. Tes yang semula berada di kertas (*paper and pencil test*) dipindahkan ke dalam komputer. Penggunaan komputer seperti ini disebut *Computerized Testing* atau *Computerized-Based Testing* (CBT) dan merupakan generasi pertama penggunaan komputer untuk pengujian (Bunderson, Inouye, & Olsen, 1989). Kelebihan dari CBT, yaitu: meningkatkan standardisasi, meningkatkan keamanan tes, mengurangi penggunaan kertas (*paperless*), meningkatkan kemampuan tampilan tes, dan memperkecil kesalahan pengukuran, serta mempercepat pemberian skor dan interpretasi. Beberapa perguruan tinggi/pemerintah/lembaga pendidikan telah menggunakan CBT antara lain untuk: ujian akhir, penerimaan mahasiswa baru, penerimaan pegawai, maupun ujian akhir semester, bahkan untuk tes kejujuran.

Computerized Adaptive Testing (CAT) merupakan generasi kedua dari penggunaan komputer untuk pengujian (Bunderson, Inouye, & Olsen, 1989). Perkembangan di bidang teknologi komputer dan bidang pengukuran telah melahirkan penyelenggaraan tes dengan desain *adaptive test*. *Adaptive* berarti bahwa butir soal yang diberikan disesuaikan dengan tingkat kemampuan setiap peserta tes atau *tailored testing* (Lord, 1977).

Ide awal konsep *Adaptive test* dimulai oleh Alfred Binet tahun 1905 (Linacre, 2000). Menurut Binet tidak ada keadilan pada penyelenggaraan tes yang memberikan butir soal yang sama kepada semua peserta tes. Oleh karena itu, ia melakukan tes secara individual. Secara singkat prosedur tes

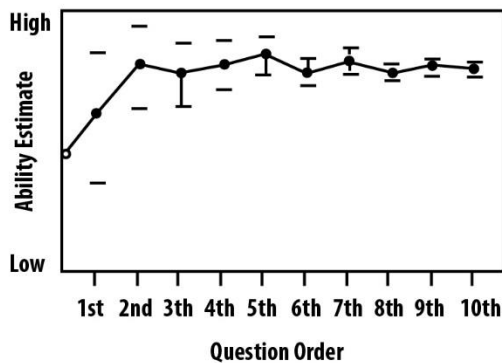
individual yang dilakukan Binet sebagai berikut: kemampuan intelegensi individu peserta tes ditebak, tingkat kesukaran butir diurutkan. Selanjutnya dengan cara manual sekumpulan butir soal yang ditargetkan diberikan, jika individu peserta tes menjawab benar banyak, maka akan diberikan sekumpulan butir soal yang lebih sukar. Sebaliknya jika menjawab salah banyak, maka akan diberikan sekumpulan butir soal yang lebih mudah, begitu seterusnya proses ini berulang sampai tes diberhentikan dan tingkat intelegensi peserta diestimasi. Ide *adaptive test* juga banyak diilhami dari kegiatan olah raga; mungkin seseorang hanya bisa sebatas jalan, yang lain hanya bisa jogging, orang yang lain mungkin bisa sampai berlari, kecepatan lari antar individu juga berbeda sesuai dengan kemampuannya. Begitupun kemampuan seseorang dalam lompat tinggi, jika seseorang masih bisa berhasil melompat pada ketinggian tertentu, maka akan dinaikan terus ketinggiannya, sampai ia gagal atau tidak berhasil melompat dan kita dapat menilai kemampuan tinggi lompatannya. Kemampuan tinggi lompatan antar individu juga berbeda sesuai dengan kemampuannya.

Pada CAT yang berbasiskan *item response theory* (IRT), komputer tidak hanya sekedar memindahkan butir soal ke dalam komputer, tetapi komputer diatur untuk menyeleksi dan menyajikan butir soal menurut perkiraan tingkat kemampuan peserta tes. Hal ini mengakibatkan individu peserta tes yang memiliki tingkat kemampuan tinggi akan mendapatkan butir soal yang lebih sulit dibandingkan dengan individu yang memiliki tingkat kemampuan rendah. Sebaliknya individu peserta tes yang memiliki tingkat kemampuan rendah akan mendapatkan butir soal yang lebih mudah dibandingkan dengan individu peserta tes yang memiliki tingkat kemampuan tinggi. Dengan demikian CAT lebih efisien karena dapat mengestimasi kemampuan peserta tes dengan jumlah butir soal yang lebih sedikit dibandingkan tes konvensional menggunakan *paper and pencil test* maupun CBT. Beberapa penelitian menyimpulkan bahwa jumlah butir atau panjang tes yang diperlukan pada penyelenggaraan CAT hanya memerlukan separoh bahkan kurang dibanding tes konvensional (Weiss, 2004; Eignor, Stocking, Way, & Steffen, 1993; McBride & Martin, 1983). Dalam hal ini, penggunaan CBT dan pengembangan CAT pada penyelenggaraan tes

merupakan salah satu upaya institusi pendidikan dalam memenuhi salah satu target SDGs yaitu peningkatan kualitas pendidikan.

PEMBAHASAN

Menurut Dunkel (1999), CAT adalah suatu metode penilaian secara teknologi di mana komputer menyeleksi dan menyajikan butir soal menurut perkiraan tingkat kemampuan peserta tes. Estimasi tingkat kemampuan peserta tes pada tes adaptif lebih *akurat* karena setiap peserta hanya diberi butir soal yang sesuai dengan kemampuannya, dengan kata lain kesalahan pengukuran (*measurement error*) akan lebih kecil. Ilustrasi estimasi tingkat kemampuan peserta tes pada CAT disajikan pada Gambar 1 berikut.



Sumber: Dunkel (1999)

Gambar 1. Estimasi Kemampuan pada CAT

Gambar 1 menunjukkan bagaimana tingkat kemampuan seorang peserta tes diestimasi lebih rendah setelah pertanyaan dijawab secara salah (pertanyaan 3, 6, 8, dan 10). Titik-titik vertikal mengindikasikan besarnya *error* dikaitkan dengan tingkat kemampuan yang diestimasi. Gambar 2 berikut menunjukkan proses *adaptive testing*.



Sumber: Modifikasi dari Wainer (1990)

Gambar 2. Proses Adaptive Testing

Berdasarkan Gambar 2, proses *adaptive testing* dimulai dengan memilih butir soal atau kelompok butir soal pertama dari bank soal. Biasanya butir soal pertama dipilih disesuaikan dengan tingkat kemampuan awal optimal dari populasi peserta tes atau dipilih dengan tingkat kemampuan setara dengan tingkat kemampuan awal peserta sedang. Setelah butir soal atau kelompok butir soal dipilih, selanjutnya butir soal diberikan kepada peserta tes. Setelah peserta tes merespon (benar atau salah) butir soal atau kelompok butir soal pertama, kemudian tingkat kemampuan peserta diperbarui atau diestimasi kembali. Selanjutnya, berdasarkan estimasi tingkat kemampuan terbaru, butir soal atau kelompok butir soal yang lain dipilih kembali dari bank soal. Kemudian butir soal atau kelompok butir soal yang lain diberikan lagi kepada peserta tes, begitu seterusnya proses ini berlangsung dan diberhentikan setelah sebanyak butir soal yang ditentukan sudah diberikan atau setelah presisi estimasi tingkat kemampuan atau tingkat kesalahan baku pengukuran yang diinginkan telah dicapai.

Komponen-Komponen CAT

Dalam mengaplikasikan sebuah tes ke dalam CAT perlu diperhatikan beberapa komponen. Menurut Wainer (1990) secara umum sistem CAT memiliki empat komponen, yaitu: bank soal, prosedur pemilihan butir soal, pendugaan kemampuan, dan aturan pemberhentian; sedangkan dua komponen CAT yang sering diperhatikan pada sistem CAT adalah

keseimbangan konten dan kontrol butir soal yang sering muncul (*item exposure*).

Menurut Green, Bock, & Humphyers. (1984) dan Kingsbury & Zara (1989) untuk mengembangkan CAT memerlukan evaluasi pada enam komponen berikut:

- 1) model Item Response Theory (IRT)
- 2) bank soal
- 3) pemilihan butir soal awal
- 4) metode pendugaan tingkat kemampuan
- 5) prosedur pemilihan butir soal
- 6) aturan pemberhentian.

1. Model IRT

Model IRT menggambarkan peluang menjawab butir soal secara benar berdasarkan tingkat kemampuan peserta tes dan butir soal yang diberikan. Dalam pendekatan IRT kemampuan individu atau *proficiency* (disimbolkan dengan θ) dan tingkat kesukaran butir atau *difficulty* (disimbolkan dengan b) berada pada satu dimensi yang sama (Lord, 1977; Hambleton, Swaminathan, & Rogers, 1991; Embretson & Reise, 2000). Model θ IRT mempunyai tiga asumsi yang mendasari; Pertama, unidimensi; asumsi ini menyatakan bahwa tes hanya mengukur satu kemampuan, θ . Kedua, independensi lokal; asumsi ini menyatakan bahwa jawaban peserta terhadap butir soal pada tingkat kemampuan θ tertentu bebas secara statistik. Ketiga, kecocokan spesifikasi model; asumsi ini menyatakan bahwa pemilihan model matematika cocok dengan data, artinya plot peluang menjawab benar pada suatu butir soal pada skala kemampuan, θ kurvanya mengikuti model IRT yang dipilih. Ketika spesifikasi model cocok dengan data tes maka dua sifat yang diinginkan dari IRT, yaitu sifat invariansi parameter butir atau independensi parameter butir soal terhadap kemampuan dan invariansi parameter kemampuan atau independensi kemampuan terhadap butir soal dapat diperoleh. Kedua sifat IRT ini sangat diinginkan untuk *adaptive test* yang akan memberikan butir soal yang berbeda untuk peserta tes yang berbeda pula.

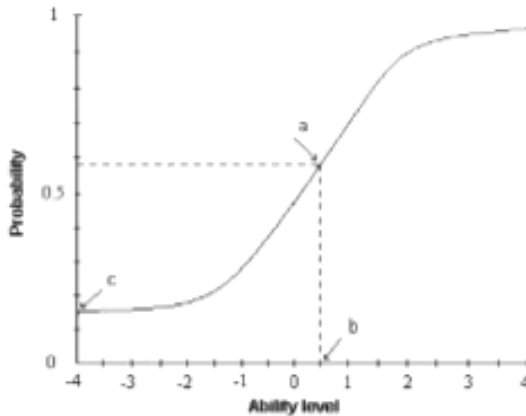
Tiga model IRT yang umum digunakan untuk butir-butir soal dengan format butir soal pilihan ganda adalah model-logistik 1 parameter (1P), 2P, dan 3P. Model 1P merupakan model IRT yang paling sederhana (Hambleton & Swaminathan, 1985; Hambleton, Swaminathan, & Rogers, 1991; Embretson & Raise, 2000). Pada model ini butir-butir soal diasumsikan tidak dapat dijawab benar dengan cara menebak dan mempunyai daya beda yang sama tetapi setiap butir soal mempunyai tingkat kesukaran (b) bervariasi. Parameter b mengacu pada titik pada skala kemampuan (*ability*) dimana seorang peserta mempunyai peluang 50% menjawab butir soal dengan benar. Semakin besar b semakin sulit butir soal itu. Ketika butir-butir soal diasumsikan mempunyai parameter daya beda (dinyatakan dengan a) yang bervariasi maka model 2P lebih cocok. Nilai a tinggi menunjukkan bahwa butir soal lebih dapat membedakan peserta tes kedalam kelompok kemampuan yang berbeda dibandingkan dengan nilai a yang rendah. Model 3P digunakan ketika parameter tebakan semu (*pseudo-guessing*, dinyatakan dengan c) diasumsikan ada dalam model. Parameter ini merepresentasikan peluang seorang peserta tes dengan kemampuan sangat rendah menjawab butir soal dengan benar.

Model IRT- 3P sebagai berikut.

$$P(\theta) = c + \frac{1-c}{1 + e^{-1.7.a(\theta-b)}} \quad (1)$$

Untuk setiap butir soal dapat ditampilkan kurva karakteristik (*item characteristic curve*)

Gambar 3 berikut adalah kurva karakteristik butir soal pada model IRT-3P



Gambar 3. Kurva Karakteristik Butir Soal Model IRT-3P

Gambar 3 menunjukkan kurva karakteristik soal, yang menyatakan besarnya peluang menjawab butir soal secara benar berdasarkan tingkat kemampuan peserta tes (*ability level*) dan butir soal yang memiliki tingkat kesukaran, b ; daya beda, a ; dan faktor *guessing*, c .

2. Bank Soal

Bank soal (*item bank*) adalah kumpulan butir-butir soal (*item pool*) yang sudah dikalibrasi dan sudah memiliki nilai parameter. CAT mengambil butir soal dari bank soal untuk diberikan kepada peserta tes. Ketersediaan butir-butir soal yang cukup dengan kualitas butir-butir soal yang baik pada bank soal sangat menentukan kualitas CAT. Menurut Wang & Vispoel (1998), ada tiga aspek yang memberikan kontribusi terhadap kualitas bank soal, yaitu: ukuran bank soal, parameter butir soal, dan struktur isi. Ukuran bank soal minimal dipengaruhi oleh panjang tes dan ukuran peserta tes. Way (1997) menyarankan rasio 1 berbanding 6 – 8 untuk panjang tes dan banyaknya butir soal minimal yang harus ada dalam bank soal, artinya jika panjang tes CAT dirancang sebanyak 20 butir soal maka banyaknya butir yang harus tersedia pada bank soal minimal sebanyak 120 sampai 160 butir.

Wang & Vispoel (1998) menyarankan bahwa bank soal untuk keperluan CAT sebaiknya memiliki butir-butir soal dengan tingkat daya beda tinggi dan berdistribusi seragam pada setiap tingkat kemampuan.

3. Pemilihan Butir Soal Awal (Starting Point)

Ketika CAT dimulai, belum ada butir soal yang diberikan pada peserta tes, belum ada respons yang diberikan oleh peserta tes sehingga tingkat kemampuan peserta belum dapat diestimasi. Walaupun belum ada informasi mengenai kemampuan peserta sebelumnya, penyelenggaraan CAT harus dimulai. Jika tidak ada informasi awal mengenai kemampuan peserta tes, maka CAT dapat dimulai dengan memilih butir soal awal yang sesuai dengan tingkat kemampuan peserta tes sedang (Green, et al. 1984; Vispoel, 1999; Mills, 1999).

Proses Melanjutkan (Continue Process)

Setelah memperoleh jawaban peserta tes terhadap butir soal yang diberikan, selanjutnya komputer menskor jawaban dengan benar atau salah, kemudian memutuskan apakah tes dilanjutkan atautidak. Dua langkah untuk proses melanjutkan CAT, langkah pertama adalah mengestimasi tingkat kemampuan peserta tes; langkah kedua adalah bagaimana memilih butir soal berikutnya.

4. Metode Pendugaan Tingkat Kemampuan

Metode yang umum digunakan untuk mengestimasi kemampuan peserta tes adalah *Maximum Likelihood Estimation* (MLE) (Birnbau, 1958; Baker, 1992), dan tiga metode Bayes: *Owen's Bayesian Procedure* (OWEN) (Owen, 1975), the *Expected a Posteriori Procedure* (EAP) (Bock & Aitken, 1981; Bock & Mislevy, 1982), and *Maximum a Posteriori Estimation* (MAP) (Samejima, 1969). Berikut dipaparkan secara singkat metode MLE.

Maximum Likelihood Estimation

Misalkan seorang peserta tes dengan tingkat kemampuan θ menjawab tes yang berisi n butir soal pilihan ganda dengan parameter butir soal diketahui.

Peluang bersama dari peserta tes dapat dituliskan sebagai $P(U_1, U_2, \dots, U_n | \theta)$. Selanjutnya dengan asumsi independensi lokal maka fungsi kemungkinannya (*likelihood function*); $L(\theta)$, dituliskan sebagai berikut

$$L(\theta) = P(U = u | \theta) = P(U_1 = u_1, U_2 = u_2, \dots, U_n = u_n | \theta) = \prod_{i=1}^n P_i(\theta)^{u_i} Q_i(\theta)^{1-u_i}, \quad (2)$$

sedangkan $Q_i(\theta) = 1 - P_i(\theta)$ $i = 1, 2, \dots, n$, $-\infty < \theta < \infty$.

Tujuan MLE adalah menemukan nilai yang memaksimumkan $L(\theta)$. Nilai parameter kemampuan yang memaksimumkan fungsi kemungkinan, L disebut dengan *the maximum likelihood estimate of ability* (Hambleton, 1993). Secara matematik, hal ini sama dengan untuk menemukan nilai yang memaksimumkan nilai logaritma natural, $\ln L(\theta)$. Nilai ini dapat diperoleh dengan membuat turunan pertama dari $\ln L(\theta)$ terhadap θ sama dengan nol.

$$\frac{\partial \ln L(\theta)}{\partial \theta} = \sum_{i=1}^n [u_i - P_i(\theta)] \frac{P_i'(\theta)}{P_i(\theta)Q_i(\theta)} = 0. \quad (3)$$

dan turunan kedua dari $\ln L(\theta)$ terhadap θ , pada $\theta = \hat{\theta}$ kurang dari nol.

Pada prakteknya, untuk menyelesaikan sistem persamaan (3) dilakukan dengan menggunakan prosedur Newton-Raphson (Hambleton & Swaminathan, 1985; Embretson & Reise, 2000).

Kelemahan dari metode MLE adalah ketidakmampuan dalam mengestimasi kemampuan peserta manakala respons peserta tes belum berpola. Untuk mengatasi masalah ini, biasanya digunakan metode *step size* (Dodd, 1990; Weiss, 2004).

5. Prosedur Pemilihan Butir Soal Berikutnya

Setelah kemampuan peserta diestimasi, kemudian komputer harus memilih butir soal berikutnya. Metode yang digunakan untuk memilih butir-butir soal berikutnya pada CAT antara lain: *Maximum Information, best matching b-value, Kullbak-Leibler Information atau Global Information* (Chang & Ying, 1996), *Likelihood Weight Information Criterion* (Veerkamp & Berger, 1997),

Gradual Maximum Information Ratio (Han, 2009), *Efficiency Balanced Information* (Han, 2012). Metode yang populer digunakan untuk memilih butir soal berikutnya pada CAT, yaitu *Maximum Information*. Berdasarkan prosedur ini, butir soal yang mempunyai nilai fungsi informasi terbesar pada kemampuan peserta tertentu dipilih untuk diberikan pada peserta tes. Hal ini menjamin bahwa nilai fungsi informasi tes untuk setiap peserta tes adalah maksimum, artinya kesalahan baku pengukuran minimum.

Secara matematis, fungsi informasi butir soal dituliskan sebagai berikut.

$$I_i(\theta) = \frac{[P'_i(\theta)]^2}{[P_i(\theta)][Q_i(\theta)]}, \quad (4)$$

sedangkan i menyatakan nomor butir soal ke- i , dan $P'(\theta)$ adalah turunan pertama dari $P(\theta)$ pada θ (Lord, 1980; Hambleton et al., 1991). Persamaan (4) menunjukkan bahwa nilai informasi hanya tergantung pada parameter butir soal (misalnya; a , b , dan c untuk model IRT-3P), dan tingkat kemampuan, θ . Dengan demikian untuk setiap tingkat kemampuan, θ , kontribusi informasi untuk setiap butir soal pada bank soal dapat dihitung.

Nilai fungsi informasi butir soal menggambarkan seberapa akurat suatu butir dapat mengestimasi tingkat kemampuan peserta tes. Selanjutnya dengan mengasumsikan independensi lokal, jumlah fungsi informasi n butir soal dikenal sebagai fungsi informasi tes. Secara matematis fungsi informasi tes dinyatakan dengan rumus sebagai berikut.

$$I(\theta) = \sum_{i=1}^n I_i(\theta), \quad (5)$$

Sedangkan kesalahan baku pengukuran (*standard error of measurement*) adalah

$$SEM = \frac{1}{\sqrt{I(\theta)}}, \quad (6)$$

Semakin besar informasi tes pada tingkat kemampuan yang diberikan semakin akurat kemampuan itu diestimasi dari perangkat tes itu. Dengan kata lain kesalahan baku pengukuran semakin kecil.

6. Aturan Pemberhentian (*Stopping Rule*)

Dua metode utama yang digunakan untuk memberhentikan CAT, yaitu *equal measurement precision* dan *fixed number of items*. Kedua metode ini menghasilkan variansi kesalahan pengukuran yang berbeda. Tujuan digunakannya metode *equal measurement precision* adalah menghasilkan skor tes dengan tingkat ketepatan estimasi yang sama. Namun, panjang tes diprediksikan bervariasi dari satu peserta dengan peserta tes lainnya. Sedangkan penerapan aturan *fixed number of items* akan berakibat pada ketepatan estimasi yang tidak sama dan mengakibatkan tes tidak adil, namun demikian, kriteria ini lebih mudah diterapkan.

Keunggulan CAT

- 1) Efisien; Jumlah butir soal yang diperlukan 67 persen bahkan hanya 50 persen dari panjang tes konvensional menggunakan *paper and pencil test* maupun CBT.
- 2) Akurat; butir soal yang diberikan sesuai dengan kemampuan individu peserta tes, sehingga memperkecil kesalahan pengukuran.
- 3) Adil; bisa mengontrol tingkat kesalahan pengukuran yang sama untuk setiap peserta tes. Dengan menetapkan tingkat kesalahan pengukuran tertentu, maka setiap individu peserta tes akan berhenti mengerjakan tes manakala telah mencapai tingkat kesalahan pengukuran tertentu.
- 4) Menambah keamanan tes; setiap peserta menerima butir soal yang berbeda, sehingga butir soal tidak mudah dikenali.

- 5) Memotivasi; peserta tes yang pandai tidak banyak membuang waktu untuk mengerjakan butir tes yang mudah, sebaliknya peserta tes yang kurang pandai tidak terbelenggu dengan butir soal yang sulit.
- 6) Penyelenggaraan tes bisa diulang lebih sering tanpa khawatir soal dihafal oleh peserta tes.
- 7) Mempercepat pemberian skor dan interpretasi.
- 8) Meningkatkan kemampuan tampilan tes (audio, video, hotspot, dll.).
- 9) Mudah mengumpulkan hasil tes.

Kelemahan CAT

- 1) Terkait dengan masyarakat; perlu menjelaskan dan meyakinkan kepada peserta tes dan atau orang tua tentang sistem CAT; adanya kemungkinan tes diberhentikan dengan cepat dan sudah bisa diketahui lulus dan tidak lulusnya peserta tes.
- 2) Peserta tes tidak bisa kembali ke soal sebelumnya.
- 3) *Item Exposure*; dimungkinkan adanya butir soal yang sering dimunculkan dibandingkan dengan butir soal yang lainnya, jika ini terjadi maka keamanan tes dapat terganggu.
- 4) Tidak fisibel/aplikatif untuk semua situasi; bank soal hasil kalibrasi dengan model IRT kurang akurat untuk ukuran sampel kecil. Tidak cocok untuk tes uraian.
- 5) Berdasarkan teori pengukuran modern, IRT; perlu rancangan software khusus.
- 6) Butuh ahli di bidang teori pengukuran modern, IRT.
- 7) Mahal; untuk mengembangkan satu sistem CAT memerlukan 350 juta sampai 1 milyar rupiah bahkan lebih.

Dengan memperhatikan keunggulan dan kelemahan CAT tersebut, upaya pengembangan CAT memiliki peluang besar untuk terus dilakukan di berbagai bidang. Dalam bidang pendidikan, penerapan CAT juga akan memungkinkan dikembangkannya pendidikan yang dapat diikuti oleh berbagai tingkat kemampuan individu peserta.

PENUTUP

Computerized Adaptive Testing (CAT) merupakan suatu metode penilaian menggunakan teknologi, dimana komputer menyeleksi dan menyajikan butir soal menurut perkiraan tingkat kemampuan peserta tes. CAT telah diaplikasikan untuk pengukuran di bidang pendidikan, kedokteran, musik, dan lain lain. Beberapa tes yang telah mengaplikasikan sistem CAT antara lain; GMAT (*Graduate Management Admission Test*), ASVAB (*The Armed Services Vocational Aptitude Battery*), ASCP (*American Society of Clinical Pathologies*), ETS (*Educational Testing Services*), PROMIS (*Prosecutor's Management Information System*), TOEFL (*Test of English as Foreign Language*). Di Indonesia: Pusat Penilaian Pendidikan Balitbang Kemendikbud sejak tahun 2010 telah mengkaji dan masih melakukan kajian terhadap sistem CAT untuk penyelenggaraan ujian nasional.

Masih banyak topik atau materi dari komponen-komponen dan penerapan CAT yang masih perlu dikaji dan diteliti. Beberapa pertanyaan penelitian, antara lain: Bagaimana membangun algoritma CAT, sehingga tes terstandarkan? Bagaimana kebermanfaatan bank soal? Bagaimana mengatasi butir soal yang sering dimunculkan (*item exposure*) pada CAT? Bagaimana waktu untuk menjawab butir soal perlu dibatasi atukah tidak? dan masih banyak pertanyaan yang memerlukan jawaban dari penelitian.

Penggunaan CAT dalam bidang pendidikan sangat bermanfaat, penelitian terkait CAT dapat memberikan suatu inovasi pengukuran pembelajaran. Dengan demikian, pengembangan CAT dan penggunaannya oleh institusi pendidikan akan mendukung agenda SDGs yang memastikan pendidikan inklusif dan berkualitas setara serta mendorong kesempatan belajar seumur hidup bagi semua.

REFERENSI

- Baker, F.B. (1992). *Item response theory: Parameter estimation techniques*. New York: Marcel Dekker, Inc.
- Birnbaum, A. (1958). *On the estimation of mental ability*. Series Report 15, Project No. 7755-23. Randolph Air Force Base. Tx: USAF School of Aviation Medicine.
- Bock, R.D. & Aitken, M. (1981). Marginal maximum likelihood estimation of item parameters: Application of an EM algorithm. *Psychometrika*, 4, 443-459.
- Bock, R.D., & Mislevy, R.J. (1982). Adaptive EAP estimation of ability in a microcomputer environment. *Applied Psychological Measurement*, 4, 431-444.
- Bunderson, C.V., Inouye, D.K., & Olsen, J.B. (1989). *The four generations of computerized educational measurement*. Dalam R. L. Linn (Eds.), *Educational Measurement* (3rd ed., pp. 367-407). New York: American Council on Education & Macmillan Publishing Company.
- Chang, H.-H., & Ying Z. (1996). A global information approach to computerized adaptive testing with beta blocking. *Applied Psychological Measurement*, 25, 333-341.
- Dodd, B.G. (1990). The effect of item selection procedure and stepsize on computerized adaptive attitude measurement using the rating scale model. *Applied Psychological Measurement*, 4, 355-366.
- Dunkel, P.A. (1999). Considerations in developing and using computer adaptive tests to asses second language proficiency. Diakses melalui <http://www.cal.org/resources/digest/cat.html>.

- Eignor, D.R., Stocking, M.L., Way, W.D., & Steffen, M. (1993). *Case studies in computer adaptive test design through simulation (Research Report 93-56)*. Princeton, NJ: Educational Testing Service.
- Embretson, S.E. & Reise, S.P. (2000). *Item response theory for psychologist*. London: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Green, B.F., Bock, R.D., Humphyers, L.G., Linn, R.L., & Reckase, M.D. (1984). Technical guidelines for assessing computerized adaptive tests. *Journal of Educational Measurement*, 4, 347–360.
- Hambleton, R.K. & Swaminathan, H. (1985). *Item response theory*. Boston, MA: Kluwer Academic Publishers.
- Hambleton, R.K., Swaminathan, H., & Rogers, H.J. (1991). *Fundamentals of item response theory*. Newbury Park, CA: Sage Publications, Inc.
- Hambleton, R.K. (1993). Principles and selected applications of item response theory. Dalam R. L. Linn (Eds.), *Educational Measurement (3rd ed., pp. 147-200)*. Phoenix, AZ: American Council on Education and the Oryx Press.
- Han, K.T. (2009). *A gradual maximum information ratio approach to item selection in computerized adaptive testing*. Research Reports 09-07. McLean, VA: Graduate Management Admission Council.
- (2012). An Efficiency Balanced Information Criterion for Item Selection in Computerized Adaptive Testing. *Journal of Educational Measurement*, 3, 225-246
- Kingsbury, G.G., & Zara, A.R. (1989). Procedures for selecting items for computerized adaptive tests. *Applied Measurement in Education*, 4, 359–375.

Linacre, J.M. (2000). *Development of computerized middle school achievement test*. Soul, South Korea: Komesa Press.

Lord, F.M. (1977). A broad-range tailored test of verbal ability. *Applied Psychological Measurement*, 1, 95–100.

----- (1980). Applications of item response theory to practical testing problems. Hillsdale, NJ : Lawrence Erlbaum Associates.

Mc Bride, J.R., & Martin, J.T., (1983). Reliability and validity of adaptive ability tests in a military setting. Dalam D.J. Weiss (Eds). *New horizons in testing: Latent trait test theory and computerized adaptive testing* (pp. 223–236). New York: Academic Press.

Mills, C.N. (1999). Development and introduction of a computerized adaptive graduate record examinations general test. Dalam F. Drasgow & J. B. Olson-Buchanan (Eds), *Innovations in Computerized Assessment* (pp. 117–136). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.

Owen, R.J. (1975). A bayesian sequential procedure for quantal response in the context of adaptive mental testing. *Journal of the American Statistical Association*, 70, 351-356.

Samejima, F. (1969). Estimation of latent ability using a response pattern of graded scores. *Psychometrika Monograph*, No. 17.

Veerkamp, W.J.J., & Berger, M.P.F. (1997). Some new item-selection criteria for adaptive testing. *Journal of Behavioral Statistics*, 2, 203-226

Vispoel, W.P. (1999). *Creating computerized adaptive test of music aptitude : Problem, solusions, and future directions*. Dalam F. Drasgow, & J. B. Olson-Buchanan (Eds.), *Innovations in Computerized Assessment* (pp. 151–176). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.

- Wainer, H. (1990). *Computerized adaptive testing: A primer* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Wang, T., & Vispoel, W.P. (1998). Properties of ability estimation methods in computerized adaptive testing. *Journal of Educational Measurement*, 2, 109–136.
- Way, W.D. (1997). *Protecting the integrity of computerized testing item pools*. Paper presented at the annual meeting of the National Council on Measurement in Education, Chicago.
- Weiss, D.J. (2004). Computerized adaptive testing for effective and efficient measurement in counseling and education. *Measurement and Evaluation in Counseling and Development*, 2, 70-84.



Air dan Sanitasi: Dimana Posisi Indonesia?
(Vita Elysia)

Pengelolaan Kota Ramah Air Melalui Pendekatan
Water Metabolism City untuk Menunjang
Pembangunan Kota Berkelanjutan
(Agus Susanto)

AIR DAN SANITASI: DIMANA POSISI INDONESIA?

Vita Elysia
(vita@ecampus.ut.ac.id)

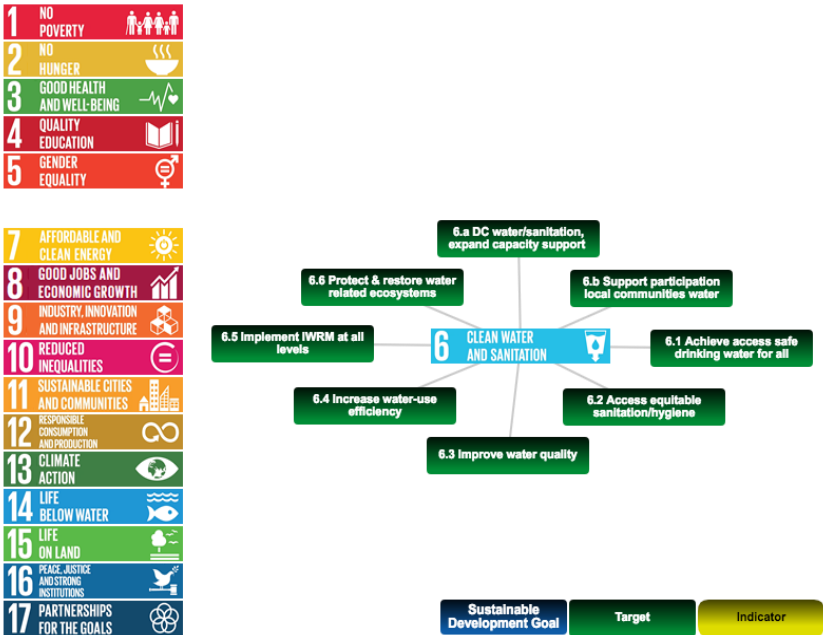
PENGANTAR

Air dan sanitasi adalah dua hal yang tidak dapat dipisahkan. Setiap ada air minum atau air bersih maka pasti akan ada air limbah. Tidak kurang dari 85% air bersih berubah menjadi air limbah. Sebagai gambaran, apabila satu orang menggunakan 100 liter air perhari untuk minum, mandi, cuci, kakus, maka air yang dibuang menjadi air limbah sekitar 85 liter per hari. Oleh karenanya, pengelolaan air bersih akan berkaitan pula dengan pengelolaan sanitasi.

Air bersih dan sanitasi yang baik merupakan elemen yang sangat penting untuk menunjang kesehatan manusia. Sayangnya pemenuhan akan kebutuhan air bersih dan sanitasi belum sepenuhnya berjalan dengan baik di beberapa belahan dunia. Sebenarnya terdapat cukup air bersih di planet ini untuk memenuhi kebutuhan mendasar tersebut. Namun, karena kondisi ekonomi yang lemah atau infrastruktur yang buruk, jutaan orang meninggal dunia setiap tahunnya karena berbagai penyakit yang terkait dengan pasokan air yang tidak memadai dan sanitasi yang buruk. Saat ini diperkirakan 1,1 miliar orang di dunia tidak memiliki akses terhadap pasokan air bersih dan 2,6 miliar orang kekurangan sanitasi yang memadai (UNICEF & WHO, 2004). Bahkan setiap harinya hampir 1.000 anak meninggal dunia karena penyakit-penyakit yang terkait dengan buruknya kualitas air dan sanitasi (PBB, 2015).

Menghadapi tantangan ini dan berbagai tantangan global lainnya, komunitas internasional yang difasilitasi oleh PBB mengadopsi 17 tujuan sebagai bagian dari agenda global baru (*new global agenda*) yang dikenal dengan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan atau *Sustainable Development Goals* (SDGs). SDGs merupakan kelanjutan dari *Millennium Development Goals* (MDGs) yang telah berakhir pada tahun 2015. Lebih lanjut, dari 17

tujuan tersebut, tujuan yang keenam (SDG 6) adalah air bersih dan sanitasi dengan tujuan utama menjamin ketersediaan air bersih dan sanitasi yang berkelanjutan untuk semua orang. Berdasarkan SDG 6, setiap orang di muka bumi harus memiliki akses terhadap air minum yang aman dan terjangkau. Dalam memastikan ketersediaan serta pengelolaan air dan sanitasi yang berkelanjutan untuk semua, SDG 6 ini memiliki beberapa target yang harus dicapai setidaknya pada tahun 2030. Kemajuan dalam pencapaian target SDG 6 ini diukur dengan menggunakan sebelas indikator. Kedudukan SDG 6 dan target-targetnya dapat dilihat dalam Gambar 1 berikut ini.



Sumber: PBB (2015)

Gambar 1. SDG 6: *Clean Water and Sanitation*

Target atau sasaran capaian pada SDG 6 yang dimaksud dalam Gambar 6 adalah sebagai berikut.

- Akses air minum universal dan layak yang aman dan terjangkau bagi semua;
- Akses sanitasi dan kebersihan yang memadai dan layak untuk semua, dan mengakhiri buang air besar sembarangan (BABS), memberikan perhatian khusus pada kebutuhan perempuan dan anak perempuan dan orang-orang dalam situasi rentan;
- Peningkatan kualitas air dengan mengurangi polusi, menghilangkan timbulan sampah serta mengurangi pembuangan bahan kimia berbahaya, dan mengurangi hingga separuh proporsi air limbah yang tidak ditangani serta meningkatkan guna ulang dan daur ulang aman secara global;
- Peningkatan efisiensi penggunaan air di semua sektor dan memastikan keberlangsungan pengambilan dan pasokan air tawar untuk mengatasi kelangkaan air dan secara substansial menurunkan jumlah masyarakat yang menderita kelangkaan air;
- Penerapan pengelolaan sumberdaya air terpadu di semua tingkatan, termasuk melalui kerjasama lintas batas yang sesuai;
- Perlindungan dan perbaikan ekosistem yang terkait air, termasuk pegunungan, hutan, lahan basah, sungai, akuifer dan danau;
- Perluasan kerjasama dan pengembangan kapasitas dukungan internasional untuk negara-negara berkembang dalam kegiatan ataupun program yang berhubungan dengan air bersih dan sanitasi, termasuk pemeliharaan sumber air, desalinasi, efisiensi air, pengolahan air limbah, teknologi daur ulang dan guna ulang;
- Penguatan dan dukungan partisipasi masyarakat lokal dalam meningkatkan pengelolaan air dan sanitasi.

Lalu, bagaimana dengan kondisi air dan sanitasi di Indonesia? Indonesia tercatat mewakili sekitar 6% dari sumber daya air yang ada di dunia. Hal ini menunjukkan bahwa sebenarnya Indonesia memiliki sumber daya air yang cukup melimpah. Namun kenyataan menunjukkan bahwa sebagian besar daerah di Indonesia seperti Nusa Tenggara Timur, Jawa, Bali, Sulawesi justru mengalami kekurangan pasokan air bersih. Berdasarkan laporan dari

Direktorat Jenderal Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan Lingkungan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) di tahun 2015 yang dikutip oleh National Geographic Indonesia (2016), hampir 65% air sungai di Indonesia dalam keadaan tercemar berat. Hal ini tentunya merupakan kondisi yang sangat mengkhawatirkan mengingat sumber air dengan kualitas yang buruk akan mengancam kondisi kesehatan masyarakat yang menggunakannya. Air sungai merupakan sumber utama air bersih yang digunakan sebagian besar penduduk di Indonesia. Terkait pencemaran tersebut, sumber utama pencemaran air sungai di Indonesia justru berasal dari limbah rumah tangga atau domestik, bukan dari limbah industri. Hal ini semakin menguatkan korelasi antara kualitas air dengan kualitas sanitasi yang ada, dimana kualitas air ditentukan oleh kualitas sanitasi. Apabila kondisi sanitasi yang ada dalam kategori buruk maka kualitas air juga menjadi buruk.

Melihat tantangan ini, tulisan ini bertujuan untuk membahas kondisi air bersih dan sanitasi di Indonesia. Tulisan ini secara lebih spesifik akan membahas mengenai lembaga-lembaga yang berperan dalam penyediaan air bersih dan sanitasi di Indonesia, kerangka kebijakan, dampak kualitas air yang tidak memadai dan sanitasi yang buruk bagi kesehatan, serta pencapaian MDGs dalam bidang air dan sanitasi di Indonesia. Evaluasi pencapaian MDGs ini menjadi penting sebagai bahan refleksi sejauh mana komitmen Indonesia terhadap perbaikan layanan air bersih dan sanitasi bagi warga negaranya. Hasil evaluasi MDGs ini juga berperan sebagai pijakan dalam menentukan strategi dan tindakan untuk mengejar target-target yang telah ditetapkan dalam SDGs kedepan yang terkait dengan layanan air bersih dan sanitasi.

PEMBAHASAN

Indonesia sebenarnya merupakan negara terkaya keempat di dunia dalam hal total sumber daya air terbarukan, setelah Brasil, Rusia dan Kanada (FAO, 2003). Sayangnya, air yang melimpah ini tidak terdistribusikan secara merata. Pada tahun 2006, hanya 30,8% rumah tangga di daerah perkotaan yang memiliki akses ke air perpipaan dan hanya 9% di daerah pedesaan,

dengan rata-rata 18,4% di seluruh negeri (Bappenas, 2011). Selain itu, konsumsi air domestik rata-rata di Indonesia hanya 34,2 liter/orang/hari sementara jumlah minimum untuk memenuhi kebutuhan dasar manusia adalah 50 liter /orang hari (Gleick, 1998).

Ketersediaan air dan kondisi sanitasi di Indonesia memang terus mengalami peningkatan dari tahun ke tahun, namun tetap belum mampu menjangkau seluruh warga negaranya. Data terbaru BPS (2017) menunjukkan bahwa persentase rumah tangga terhadap sumber air minum layak adalah 72,04% sedangkan persentase rumah tangga terhadap sanitasi yang layak sebesar 67,89%.

Lembaga-Lembaga dalam Pengelolaan Air Bersih dan Sanitasi

Sumber daya air merupakan salah satu anugerah yang dapat memberikan manfaat untuk mewujudkan kesejahteraan bagi seluruh rakyat Indonesia. Namun terdapat kecenderungan dimana ketersediaan sumber daya air semakin terbatas atau cenderung menurun dan kebutuhan air yang semakin meningkat, sumber daya air wajib diatur dan dikelola dengan memperhatikan fungsi sosial, lingkungan hidup dan ekonomi secara selaras. Pengelolaan sumber daya air perlu diarahkan untuk mewujudkan sinergi dan keterpaduan yang harmonis antarwilayah, antarsektor, dan antargenerasi.

Sebagian besar kebijakan terkait dengan pengelolaan sumberdaya air yang mencakup air bersih dan sanitasi dirumuskan di tingkat nasional. Di tingkat pusat ini, tanggung jawab dan kewenangan terkait kebijakan dan peraturan untuk pengelolaan air dan sanitasi dibagi diantara beberapa kementerian. Kementerian Kesehatan bertanggung jawab atas aspek-aspek yang berhubungan dengan kualitas air, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat memiliki kewenangan penyusunan kebijakan teknis dan strategi pengembangan infrastruktur yang terkait air dan sanitasi, Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (Bappenas) memiliki peran dalam perencanaan investasi, dan Kementerian Perindustrian dan Perdagangan juga memiliki tanggung jawab untuk pengaturan air kemasan. Terdapat pula

Kelompok Kerja Air Minum dan Penyehatan Lingkungan (Pokja AMPL) yang merupakan sebuah lembaga *ad hoc* yang dibentuk dengan tujuan sebagai wadah komunikasi dan koordinasi agar pembangunan air minum dan sanitasi berjalan lebih baik. Pokja AMPL Nasional terdiri atas 8 Kementerian yaitu Kementerian Pekerjaan Umum, Kementerian PPN/Bappenas, Kementerian Kesehatan, Kementerian Dalam Negeri, Kementerian Keuangan, Kementerian Lingkungan Hidup, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, dan Badan Pusat Statistik.

Selain itu, terdapat garis koordinasi antara pemerintah pusat melalui kementerian-kementerian terkait dengan pemerintah daerah. Sejak era desentralisasi diterapkan di Indonesia, pemerintah daerah mendapat tanggung jawab lebih dalam hal penyediaan air bersih dan sanitasi. Namun, sejauh ini pelaksanaannya belum menunjukkan peningkatan akses atau kualitas layanan yang signifikan. Hal tersebut dapat dimungkinkan karena penyerahan tanggung jawab dari pemerintah pusat kepada pemerintah daerah belum diikuti oleh mekanisme penyaluran dana yang memadai untuk pelaksanaannya.

Dalam hal penyediaan air bersih, kewajiban untuk memberikan layanan ini terletak pada Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM). Sejak era desentralisasi dan penerbitan UU No. 22 Tahun 1999 tentang Pemerintahan Daerah, peran pemerintah kabupaten, kota, atau provinsi sebagai pemilik PDAM dalam manajemen PDAM menjadi lebih besar daripada sebelumnya saat masih dilakukan oleh pemerintah pusat melalui kementerian terkait. Namun, kecenderungan menunjukkan bahwa sebagian besar PDAM menghadapi banyak masalah operasional dan keuangan, khususnya beban hutang luar negeri (Perpamsi, 1998; Kementerian Pekerjaan Umum, 2005). Padahal besarnya hutang luar negeri tidak selalu meningkatkan kinerja. Sebagai contoh, dari 319 PDAM di seluruh Indonesia, terdapat 128 PDAM yang memiliki hutang luar negeri. Dari 128 PDAM tersebut, hanya 22 PDAM yang mampu meningkatkan cakupannya (Hadipuro, 2010).

Kebijakan Pengelolaan Air Bersih dan Sanitasi

Pada tahun 2004, Pemerintah Indonesia mengeluarkan undang-undang baru tentang sumber daya air yaitu UU No.7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air (UU SDA), yang berperan sebagai titik awal untuk perubahan ideologis dalam mengelola pasokan air di Indonesia. Hal yang membuat UU No.7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air berbeda dari undang-undang yang digantikan yaitu UU No. 11 Tahun 1974 tentang Pengairan (UU Pengairan) adalah bahwa Undang-Undang No. 7 Tahun 2004 memberi lebih banyak ruang untuk pihak swasta melalui beberapa pasal terkait hak guna air serta peran badan usaha swasta dalam penyelenggaraan pengembangan sistem penyediaan air minum.

Namun UU No.7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air tersebut kini sudah tidak berlaku atau tidak memiliki kekuatan hukum mengikat. Mahkamah Konstitusi (MK) menghapus seluruh pasal dalam UU SDA dalam sidang yang dilakukan pada 18 Februari 2015 (Liputan 6, 2018). Keputusan MK ini diambil dengan alasan bahwa UU SDA tersebut dianggap belum menjamin pembatasan pengelolaan air oleh pihak swasta, sehingga dinilai bertentangan dengan UUD 1945. Selain itu, dalam UU SDA disebutkan tentang konsep hak guna pakai air yang seharusnya ditafsirkan sebagai turunan (*derivative*) dari hak hidup yang dijamin oleh UUD 1945. Jadi, pemanfaatan air di luar Hak Guna Pakai Air, dalam hal ini Hak Guna Usaha Air, haruslah tetap dengan persetujuan pemerintah yang penerbitannya juga harus melibatkan peran serta masyarakat yang seluas-luasnya. Oleh karena itu, Hak Guna Usaha Air tidak boleh dimaksudkan sebagai pemberian hak penguasaan atas sumber air, sungai, danau, ataupun rawa kepada pihak lain selain pemerintah.

UUD 1945 telah mengamanatkan tentang tanggung jawab negara dalam pasal 33 UUD 1945 yang berbunyi: (1) Perekonomian disusun sebagai usaha bersama berdasar atas asas kekeluargaan. (2) Cabang-cabang produksi yang penting bagi Negara dan yang menguasai hajat hidup orang banyak dikuasai oleh Negara. (3) Bumi, air, dan kekayaan alam yang terkandung di dalamnya dikuasai oleh Negara dan dipergunakan untuk sebesar-besarnya

kemakmuran rakyat. Lebih lanjut penguasaan negara atas air sebagai bagian dari kebutuhan yang paling mendasar dan hak asasi manusia semakin dipertegas dalam Undang-Undang Dasar 1945 yaitu Pasal 28A, setiap orang berhak untuk hidup serta berhak mempertahankan hidup dan kehidupannya; Pasal 28C ayat (1), setiap orang berhak mengembangkan diri melalui pemenuhan kebutuhan dasarnya, berhak mendapat pendidikan dan memperoleh manfaat dari ilmu pengetahuan dan teknologi, seni dan budaya, demi meningkatkan kualitas hidupnya dan demi kesejahteraan umat manusia; Pasal 28D ayat (1), setiap orang berhak atas pengakuan, jaminan, perlindungan, dan kepastian hukum yang adil serta perlakuan yang sama di hadapan hukum dan Pasal 28I ayat (4) yang menyatakan bahwa "perlindungan, pemajuan, penegakan dan pemenuhan hak asasi manusia adalah tanggung jawab negara terutama pemerintah".

Implikasi putusan MK tersebut mengakibatkan segala produk hukum yang merupakan turunan UU SDA seperti Peraturan Pemerintah, Peraturan Presiden, Keputusan Presiden, dan Peraturan Menteri menjadi turut tidak berlaku (Alexander, 2015). Beberapa peraturan yang menjadi tidak berlaku akibat pembatalan UU SDA yang dimaksud diantaranya adalah PP No. 16 Tahun 2005 tentang Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum, PP No.20 Tahun 2006 tentang Irigasi, PP No. 42 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sumber daya Air, PP No. 43 Tahun 2008 tentang Air Tanah, PP No.38 Tahun 2011 tentang Sungai, PP No.73 Tahun 2013 tentang Rawa, dan PP No. 69 tentang Hak Guna Air (Istia & Sudarwanto, 2016).

Untuk mencegah terjadinya kekosongan pengaturan mengenai pemanfaatan sumber daya air, MK pun juga memerintahkan agar UU Nomor 11 Tahun 1974 tentang Pengairan diberlakukan kembali. Pasca dinyatakan bahwa UU No.7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air yang tidak mempunyai kekuatan hukum mengikat dan diberlakukannya kembali UU No.11 Tahun 1974 tentang Pengairan, Pemerintah kemudian menetapkan PP No.121 Tahun 2015 tentang Pengusahaan Sumber Daya Air dan PP No. 122 Tahun 2015 tentang Sistem Penyediaan Air Minum untuk menjadi pelaksana dari UU No.11 Tahun 1974 tentang Pengairan.

Dari MDGs ke SDGs: Bagaimana Pencapaian Target MDGs di Bidang Air dan Sanitasi di Indonesia?

Millenium Development Goals (MDGs) atau Tujuan Pembangunan Milenium adalah sebuah Deklarasi Milenium yang disepakati kepala Negara dan perwakilan dari 189 negara Perserikatan Bangsa-bangsa (PBB) pada September 2000. MDGs memiliki delapan butir tujuan untuk dicapai pada tahun 2015. Target utamanya adalah tercapai kesejahteraan rakyat dan pembangunan masyarakat pada 2015. Target-target dalam MDGs merupakan tantangan utama dalam pembangunan secara global yang diadopsi oleh 189 negara serta ditandatangani oleh 147 kepala pemerintahan dan kepala negara pada saat Konferensi Tingkat Tinggi (KTT) Milenium di New York pada bulan September 2000 tersebut.

Indonesia sebagai salah satu negara yang turut menghadiri dan menandatangani pada Pertemuan Puncak Milenium di New York tersebut, tentu saja turut berkomitmen untuk mencapai 8 (delapan) tujuan MDGs. Kedelapan tujuan MDGs tersebut adalah: Menanggulangi Kemiskinan dan Kelaparan, Mencapai Pendidikan Dasar untuk Semua, Mendorong Kesetaraan Gender dan Pemberdayaan Perempuan, Menurunkan Angka Kematian Anak, Meningkatkan Kesehatan Ibu, Memerangi HIV/AIDS, Malaria dan Penyakit Menular Lainnya, Memastikan Kelestarian Lingkungan Hidup, dan Mengembangkan Kemitraan Global untuk Pembangunan.

Air bersih dan sanitasi masuk dalam Tujuan 7 (MDG 7) yaitu memastikan kelestarian lingkungan hidup, yang didalamnya terdapat Target 7C yang berbunyi: Menurunkan separuh proporsi penduduk yang tidak memiliki akses yang berkelanjutan terhadap air minum yang aman dan sanitasi dasar pada 2015. Sesuai dengan target 7C tersebut, hal itu berarti bahwa air dan sanitasi menjadi target penting yang harus dicapai dengan indikator berupa adanya penurunan separuh proporsi penduduk yang tidak memiliki akses yang berkelanjutan terhadap air minum yang aman dan sanitasi dasar pada 2015. Pencapaian pada target air dan sanitasi ini juga berperan penting dalam menopang tujuan MDGs lainnya, diantaranya target peningkatan kesehatan ibu dan penurunan angka kematian anak.

Berbagai evaluasi terhadap pencapaian target MDGs menunjukkan bahwa capaian target di bidang air minum dan sanitasi di Indonesia masih tertinggal dibandingkan bidang lainnya. Laporan Pencapaian Tujuan MGDs di Indonesia dari Bappenas (2012) menyatakan bahwa berdasarkan survei sosial ekonomi nasional (Susenas), akses terhadap sumber air minum layak meningkat dari 37,73% pada tahun 1993 menjadi 42,76% pada tahun 2011. Akses terhadap fasilitas sanitasi dasar juga meningkat dari 24,81% pada tahun 1993 menjadi 55,60% pada tahun 2011. Meskipun baik, akses terhadap air minum dan akses terhadap sanitasi layak sama-sama belum mencapai target MDG 7C.

Tabel 1. Indikator dan Capaian Target 7C MDGs

Indikator		Acuan dasar (1993)	Kondisi 2011	Target MDGs 2015	Status
Target 7C: Menurunkan hingga setengahnya proporsi rumah tangga tanpa akses berkelanjutan terhadap sumber air minum layak dan fasilitas sanitasi dasar layak hingga tahun 2015					
7.8	Proporsi rumah tangga dengan akses berkelanjutan terhadap sumber air minum layak, perkotaan dan perdesaan	37,73%	42,76%	68,87%	Belum tercapai
7.8a	Perkotaan	50,58%	40,52%	75,29%	Belum tercapai
7.8b	Perdesaan	31,61%	44,96%	65,81%	Belum tercapai
7.9	Proporsi rumah tangga dengan akses berkelanjutan terhadap fasilitas sanitasi dasar layak, perkotaan dan perdesaan	24,81%	55,60%	62,41%	Belum tercapai
7.9a	Perkotaan	53,64%	72,54%	76,82%	Hampir tercapai
7.9b	Perdesaan	11,10%	38,97%	55,55%	Belum tercapai

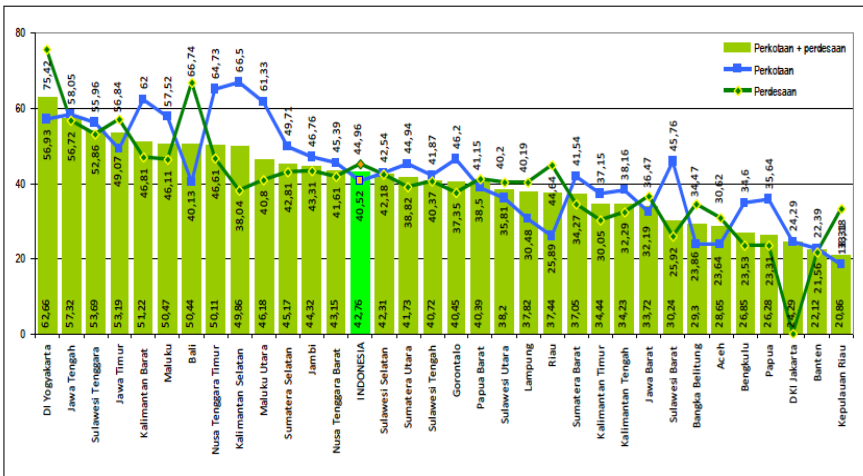
Sumber: Bappenas (2012)

Berdasarkan Tabel 1 tersebut, terjadi penurunan akses terhadap sumber air minum layak di perkotaan dari 50,58% pada tahun 1993 menjadi 40,52% pada tahun 2011, namun terjadi peningkatan akses di perdesaan dari 31,61% pada tahun 1993 menjadi 44,96% pada tahun 2011. Adanya kecenderungan penurunan akses terhadap air minum layak di daerah perkotaan ini dapat disebabkan karena meningkatnya penggunaan air isi ulang atau air kemasan sebagai sumber air minum yaitu dari 10,35% pada tahun 2009 menjadi 19,37% pada tahun 2010 (BPS, 2011). Padahal air isi ulang dan air kemasan tidak termasuk sebagai sumber air minum layak dalam survei ini. Pendataan yang dilakukan hanya memotret akses terhadap sumber air yang dipergunakan untuk minum dan belum memperhitungkan kondisi ketika rumah tangga memiliki lebih dari satu sumber air yang layak untuk diminum.

Sebagian besar rumah tangga di Indonesia, khususnya di perkotaan, menggunakan air isi ulang dan air kemasan dan sebagai sumber air minum sehari-hari. Hal ini dikarenakan kedua sumber air minum tersebut mudah didapatkan, praktis, tidak perlu dimasak, dan banyak diasumsikan lebih sehat dibandingkan air ledeng (perpipaan). Sementara itu, untuk keperluan-keperluan lain seperti memasak dan mandi, cuci, kakus (MCK), umumnya masyarakat menggunakan air yang bersumber dari ledeng (perpipaan) PDAM, sumur dangkal atau sumur bor/pompa.

Perlu disadari bahwa penyediaan infrastruktur air minum di Indonesia belum mampu mengimbangi laju pertumbuhan penduduk baik karena faktor urbanisasi maupun peningkatan konsumsi air minum. Selain itu, terdapat permasalahan pada tingkat operator air minum khususnya PDAM yang berkontribusi terhadap penurunan akses terhadap air minum yaitu pengelolaan yang kurang efisien di internal PDAM, rendahnya tarif air minum, minimnya biaya operasional dan pemeliharaan, serta terbatasnya SDM yang kompeten. Di kawasan perdesaan, upaya peningkatan akses masyarakat terhadap sumber air minum layak telah dilakukan diantaranya melalui program Penyediaan Air Minum dan Sanitasi Berbasis Masyarakat (PAMSIMAS).

Apabila dilihat pada tingkat provinsi, proporsi rumah tangga dengan akses berkelanjutan terhadap sumber air minum yang layak memiliki disparitas atau kesenjangan dari 20,86-62,66% pada tahun 2011. Terdapat 13 provinsi memiliki proporsi di atas rerata nasional dan provinsi dengan proporsi tertinggi adalah DI Yogyakarta, Jawa Tengah, dan Sulawesi Tenggara. Provinsi dengan proporsi akses terendah terhadap air minum adalah Kepulauan Riau, Banten, DKI Jakarta, dan Papua.



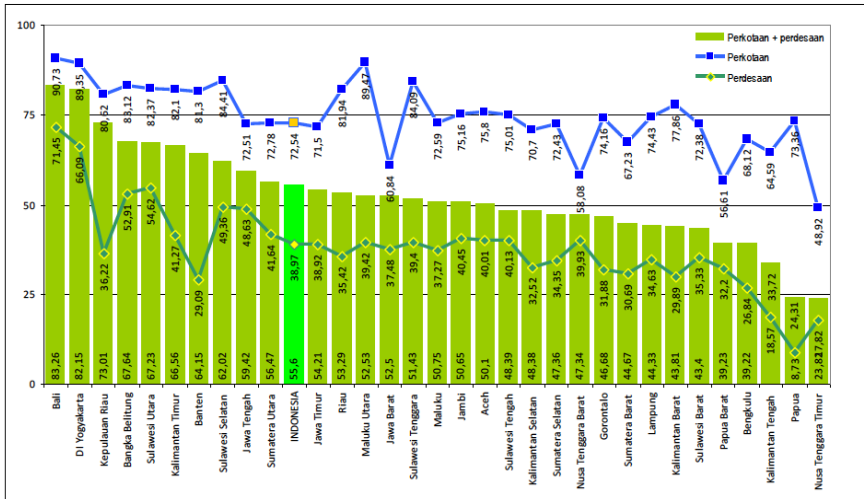
Sumber: BPS (2011)

Gambar 2. Proporsi Rumah Tangga dengan Akses Berkelanjutan terhadap Sumber Air Minum Layak Tahun 2011

Selanjutnya dalam hal sanitasi, akses rumah tangga terhadap fasilitas sanitasi dasar layak secara nasional menunjukkan kecenderungan yang terus meningkat, meski secara umum masih terdapat variasi tingkat akses antar provinsi. Pada tahun 2017, proporsi rumah tangga dengan akses terhadap fasilitas dasar layak beragam mulai dari 22,97% hingga 84,57%, dengan rerata nasional 55,60%. Peningkatan terjadi jauh lebih tinggi di perdesaan dibandingkan perkotaan. Pada tahun 2011, proporsi rumah tangga di perkotaan yang memiliki akses terhadap fasilitas sanitasi dasar

layak meningkat dari 53,64% pada tahun 2009 menjadi 72,54%, sedangkan di perdesaan meningkat dari 11,10% pada tahun 2009 menjadi 38,97%.

Pada Gambar 3, terlihat bahwa 10 provinsi memiliki proporsi rumah tangga dengan akses terhadap fasilitas sanitasi dasar layak di atas rerata nasional. Provinsi dengan proporsi rumah tangga dengan akses terhadap fasilitas sanitasi dasar layak tertinggi adalah Bali, DI Yogyakarta, dan Kepulauan Riau. Sedangkan provinsi dengan proporsi rumah tangga dengan akses terhadap fasilitas sanitasi dasar layak terendah adalah Nusa Tenggara Timur, Papua, dan Kalimantan Tengah.

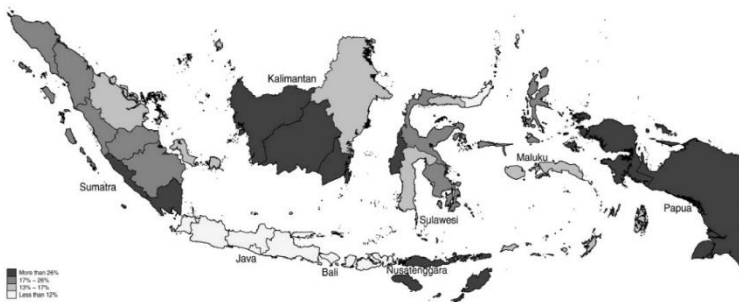


Sumber: BPS (2011)

Gambar 3. Proporsi Rumah Tangga dengan Akses Berkelanjutan terhadap Fasilitas Sanitasi Dasar Layak

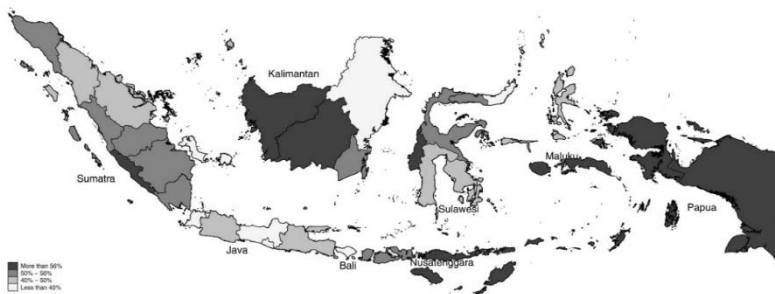
Dua peta pada Gambar 4 dan 5 menunjukkan distribusi spasial terkait kurangnya akses ke air yang layak dan sanitasi yang memadai. Definisi yang digunakan untuk mengartikan 'air tidak layak' dari Susenas adalah 100 dikurangi persentase populasi dengan akses ke air botol bermerek, air isi ulang, air ledeng meter, air pipa ritel, pompa, sumur gali yang dilindungi, mata air yang dilindungi, dan air hujan. Definisi 'sanitasi yang tidak layak' di

sini berarti 100 dikurangi persentase penduduk dengan akses ke penggunaan fasilitas toilet pribadi atau bersama dan dengan pembuangan akhir ke tangki septik (*septictank*).



Sumber: BPS (2011)

Gambar 4. Sebaran Proporsi Kurangnya Akses terhadap Air yang Layak di Indonesia



Sumber: BPS (2011)

Gambar 5. Sebaran Proporsi Kurangnya Akses terhadap Sanitasi yang Layak di Indonesia

Kedua peta menunjukkan bahwa, meskipun terdapat variasi, situasi di luar Pulau Jawa secara umum lebih buruk daripada situasi di Pulau Jawa sebagai pulau utama dimana Ibukota Jakarta berada. Hingga taraf tertentu, hal ini dapat menegaskan bahwa masih ada ketimpangan pembangunan atau pembangunan yang tidak merata di Indonesia. Apabila dilihat kedalam pembagian di tingkat provinsi, terungkap bahwa akses fasilitas air dan sanitasi untuk provinsi di Indonesia bagian timur, terutama Papua dan Papua Barat, kondisinya jauh lebih buruk daripada provinsi lainnya. Hampir separuh penduduk Papua tidak dapat mengakses sumber air minum yang layak, dan 77% hidup dengan sanitasi yang tidak memadai.

MDGs kini memang sudah berakhir. Hasil pencapaian MDGs ini tentunya dapat menjadi bahan refleksi dan evaluasi untuk pemenuhan target-target berikutnya. Setelah tahun 2015, tujuan baru telah ditetapkan melalui SDGs yang target-targetnya harus dicapai sebelum 2030, termasuk target-target di bidang air dan sanitasi. Saat ini pemerintah telah menetapkan tindakan-tindakan awal dalam upaya pemenuhan target SDGs. Diantaranya adalah menghubungkan sebagian besar target dan indikator SDGs ke dalam rencana pembangunan jangka menengah nasional (RJPMN), menindaklanjuti konvergensi yang kuat antara SDGs, sembilan agenda prioritas presiden “Nawa Cita” dan RJPMN. Tonggak utamanya adalah penandatanganan Peraturan Presiden No. 59 Tahun 2017 tentang Pelaksanaan Pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan pada bulan Juli 2017. Pada Perpres tersebut ditetapkan struktur dan mekanisme tata kelola SDGs nasional untuk perencanaan, penganggaran, pembiayaan, pemantauan dan pelaporan. Sementara itu Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional (BAPPENAS) memimpin upaya pemerintah untuk membawa agenda baru tersebut ke tingkat nasional dan daerah. Perpres tersebut juga memberi peran yang jelas bagi aktor non-pemerintah. Tentunya berbagai langkah awal ini diharapkan dapat memberikan panduan dan landasan hukum dalam upaya-upaya untuk mencapai target SDGs di Indonesia.

Dampak Kualitas Air yang Tidak Memadai dan Sanitasi yang Buruk bagi Kesehatan

Penyediaan air minum yang bersih dan aman serta fasilitas sanitasi yang memadai di Indonesia sayangnya belum dijadikan sebagai prioritas pembangunan. Kurangnya akses terhadap air bersih dan sanitasi tetap menjadi tantangan serius, terutama di daerah kumuh dan pedesaan. Padahal kurangnya akses air bersih dan sanitasi yang memadai dapat meningkatkan kemungkinan orang terkena penyakit kulit atau penyakit-penyakit lainnya yang ditularkan melalui air. Kegagalan untuk secara agresif mempromosikan perubahan perilaku ke arah pola hidup sehat, khususnya di kalangan keluarga berpenghasilan rendah dan penghuni permukiman kumuh, turut semakin memperburuk dampak terhadap kondisi kesehatan masyarakat di Indonesia (UNICEF, 2014).

Perhatian terbesar terkait dengan akses air yang buruk dengan risiko kontaminasi yang tinggi adalah kemunculan berbagai penyakit. Penyakit-penyakit yang berhubungan dengan air dan sanitasi yang buruk diantaranya seperti diare, disentri, kolera, tifoid, hepatitis, tifus, demam berdarah, malaria, kudis, infeksi pencernaan atau usus, penyakit pernapasan kronis dan leptospirosis. Dari berbagai penyakit tersebut, diare menempati posisi tertinggi sebagai kasus penyakit yang paling banyak ditemui. Kompleksitas permasalahan dari kondisi sanitasi yang tidak memadai, air minum yang tidak aman, serta perilaku kebersihan yang buruk telah menyebabkan 88% kematian anak-anak akibat diare di seluruh dunia. Sementara bagi anak-anak yang bertahan hidup dan sembuh, masih harus menghadapi risiko terserang penyakit yang sama dan masalah baru terkait gizi. Hal ini tentunya akan menghalangi anak-anak untuk dapat mencapai potensi maksimal mereka di masa emas tumbuh kembang mereka. Dalam jangka panjang, apabila tidak segera ditangani, kondisi tersebut dapat menimbulkan implikasi yang sangat serius terhadap kualitas sumber daya manusia dan kemampuan produktif suatu bangsa di masa mendatang (UNICEF, 2012).

Di Indonesia, diare masih merupakan penyebab utama kematian anak berusia di bawah lima tahun. Laporan dari Kementerian Kesehatan dalam

Riskesmas (Riset Kesehatan Dasar) 2007 menyebutkan bahwa diare menjadi penyebab 31% kematian anak usia antara 1 bulan hingga satu tahun, dan 25% kematian anak usia antara satu sampai empat tahun. 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 perpipaan atau 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. Dalam hal ini, peran penting kebersihan dan kesadaran akan pentingnya sanitasi yang layak dan air minum yang aman sering kali diabaikan. Padahal kematian dan penyakit yang disebabkan oleh diare sebenarnya dapat dicegah dengan cara-cara sederhana. Misalnya dengan mencuci tangan secara tepat dengan menggunakan sabun dapat mengurangi risiko penyakit diare sebesar 42 - 47%, bahkan tanpa perbaikan pada sistem pengairan dan sanitasi (UNICEF, 2012).

Selain itu buang air besar di tempat terbuka (*open defecation*) masih merupakan masalah sosial dan kesehatan yang perlu mendapatkan perhatian segera. Sekitar 41 juta orang atau 17% rumah tangga masih melakukan praktik buang air besar di tempat terbuka. Angka ini meliputi lebih dari sepertiga penduduk di Gorontalo, Sulawesi Barat, Sulawesi Tengah, Nusa Tenggara Barat dan Kalimantan Barat (UNICEF, 2012).

Terdapat juga beberapa penyakit yang diakibatkan oleh gigitan nyamuk yang berkaitan dengan air seperti malaria, demam berdarah, chikungunya, dan filariasis. Malaria adalah penyakit yang paling sering ditularkan oleh nyamuk *Anopheles* betina yang terinfeksi. Berdasarkan Riskesdas (2013), prevalensi malaria tahun 2013 adalah 6,0%. Lima provinsi dengan insiden dan prevalensi tertinggi adalah Papua (9,8% dan 28,6%), Nusa Tenggara Timur (6,8% dan 23,3%), Papua Barat (6,7% dan 19,4%), Sulawesi Tengah (5,1% dan 12,5%), dan Maluku (3,8% dan 10,7%). Dari 33 provinsi di Indonesia, 15 provinsi mempunyai prevalensi malaria di atas angka nasional, sebagian besar berada di Indonesia Timur.

Selain malaria, demam berdarah atau demam berdarah dengue (DBD) juga perlu diwaspadai. Penyakit ini adalah penyakit yang disebabkan oleh virus dengue yang dibawa oleh nyamuk. Di Indonesia sendiri, virus ini ditularkan oleh dua jenis nyamuk demam berdarah betina, yaitu *Aedes aegypti* sebagai vektor utama dan *Aedes albopictus* sebagai vektor sekunder. Menurut hasil Riskedas (2007), prevalensi nasional Demam Berdarah Dengue (berdasarkan diagnosis tenaga kesehatan dan keluhan responden) adalah 0,62%. Sebanyak 12 provinsi mempunyai prevalensi Demam Berdarah Dengue di atas prevalensi nasional, yaitu Nanggroe Aceh Darussalam, Riau, Bengkulu, DKI Jakarta, Nusa Tenggara Barat, Nusa Tenggara Timur, Sulawesi Tengah, Sulawesi Tenggara, Sulawesi Barat, Maluku Utara, Papua Barat dan Papua.

Penyakit lain yang terkait dengan gigitan nyamuk adalah filariasis. Filariasis atau yang biasa dikenal juga dengan penyakit kaki gajah merupakan penyakit kronis yang ditularkan melalui gigitan nyamuk. Umumnya penyakit ini diketahui setelah timbul gejala klinis kronis dan kecacatan. Prevalensi nasional Filariasis (berdasarkan diagnosis tenaga kesehatan dan keluhan responden) berdasarkan Riskedas (2007) adalah 0,11%. Sebanyak 8 provinsi mempunyai prevalensi Filariasis di atas prevalensi nasional, yaitu Nanggroe Aceh Darussalam, Kepulauan Riau, DKI Jakarta, Nusa Tenggara Timur, Sulawesi Tengah, Gorontalo, Papua Barat dan Papua.

Gender, Air, dan Kesehatan

Di sebagian besar masyarakat di Indonesia, perempuan memiliki tanggung jawab utama untuk mengelola pasokan air rumah tangga, sanitasi dan kesehatan. Perempuan bertanggung jawab dalam penyediaan dan pengolahan air yang aman dan memadai untuk kebutuhan keluarga. Selain itu, mengingat bahwa perempuan adalah pengasuh utama bagi anak-anak, peran perempuan dalam rumah tangga menjadi sangat penting dalam menunjang kesehatan anak-anak. Pemahaman atau edukasi akan pola hidup sehat bagi perempuan pun sudah seharusnya menjadi prioritas. Langkah-langkah sederhana seperti menyediakan fasilitas kakus dan air yang bersih di sekolah serta mempromosikan pola hidup sehat di kelas, dapat menjadi

bekal pengetahuan bagi anak perempuan yang akan bermanfaat di kemudian hari.

Selanjutnya, apabila dikaitkan dengan tingginya tingkat penyakit yang berhubungan dengan air dan sanitasi pada anak-anak, maka ini dapat berdampak pada berkurangnya waktu produktif bagi perempuan. Hal ini dikarenakan apabila ada anggota keluarga khususnya anak-anak yang sakit, maka perempuan harus menyediakan waktu untuk merawatnya.

Fokus pada aspek gender sangat penting dalam pengelolaan air bersih dan sanitasi. Namun sayangnya perempuan cenderung masih memiliki pengaruh yang kecil. Tindakan untuk mendorong partisipasi perempuan dalam pengambilan keputusan masyarakat adalah salah satu strategi penerapan kebijakan air dan sanitasi nasional. Tantangan utama bagi masyarakat adalah bagaimana mentransfer kebijakan ke dalam proses dimana partisipasi perempuan dapat menjadi bermakna.

PENUTUP

Masih banyak warga masyarakat di Indonesia yang hidup di dalam lingkungan yang tidak baik untuk kesehatan, yaitu mereka yang tidak memiliki akses terhadap air bersih dan sanitasi yang layak. Kondisi ini mengekspos anggota masyarakat terhadap berbagai risiko kesehatan, terutama penyakit-penyakit yang berhubungan dengan air dan sanitasi. Kesadaran masyarakat yang rendah tentang pentingnya penggunaan air bersih dan praktik sanitasi yang sehat pun semakin memperparah kondisi kesehatan masyarakat di Indonesia.

Laporan Bappenas telah menyoroti kemajuan Indonesia dalam memenuhi target MDG 7C untuk memangkas jumlah orang-orang dengan sumber air yang tidak layak dan sanitasi yang buruk. Selain itu layanan air bersih di Indonesia juga telah menunjukkan peningkatan meskipun belum mampu memenuhi target. Perlu disadari bahwa pentingnya akses baik untuk air minum yang cukup dan aman serta perbaikan sanitasi tidak boleh

diremehkan. Tantangannya sangat besar dan akan membutuhkan investasi yang ekstensif.

Berdasarkan hasil evaluasi pencapaian MDGs utamanya di bidang air bersih dan sanitasi, terdapat beberapa hal yang perlu dipertimbangkan utamanya dalam proses pencapaian target SDGs ke depan. Beberapa hal yang dapat dipertimbangkan menjadi peluang pencapaian SDGs terkait air dan sanitasi antara lain penguatan sistem data terkait air bersih dan sanitasi serta keterlibatan aktif baik pemerintah daerah maupun sektor swasta dalam mendukung pencapaian target. Untuk daerah perkotaan, berbagai teknologi inovatif dalam hal penyediaan air bersih dan sanitasi perlu terus dikaji dan dikembangkan. Sedangkan terkait pengelolaan suplai air bersih oleh PDAM, untuk memperkuat tata kelola dan kapasitas PDAM, diperlukan pengkajian ulang terhadap berbagai tugas, proses dan akuntabilitas kelembagaan.

Hal yang terpenting dan mutlak diperlukan adalah perhatian yang serius serta komitmen penuh dari pemerintah dalam penyediaan dan pengelolaan air bersih serta sanitasi yang baik. Sayangnya, saat ini belum ada kerangka peraturan dan landasan kebijakan yang kuat dalam hal pengelolaan sumber daya air yang mencakup penyediaan air bersih dan sanitasi. Selain itu, koordinasi kebijakan lintas sektor atau lintas lembaga juga masih kurang terpadu. Terdapat banyak lembaga dan instansi yang terlibat dalam pengelolaan pasokan air bersih dan sanitasi sehingga diperlukan koordinasi yang lebih intensif.

REFERENSI

- Alexander, H. (2015). *Pembatalan UU SDA kembalikan hak pengelolaan air pada Negara*. Diakses melalui <https://properti.kompas.com/read/2015/02/26/180000821/Pembatalan.UU.SDA.Kembalikan.Hak.Pengelolaan.Air.pada.a.Negara.pada.Agustus.2018>.
- Bappenas (Badan Perencanaan Pembangunan Nasional – The National Planning Agency). (2012). *Laporan pencapaian millennium development goals – A report on the achievement of the Millennium Development Goals*. Jakarta: Bappenas.
- Badan Pusat Statistik. (2011). *Survei sosial ekonomi Nasional 2011*. Jakarta: BPS.
- Badan Pusat Statistik. (2017). *Persentase rumah tangga terhadap sumber air minum layak 2017*. Diakses melalui <https://www.bps.go.id/statistictable/2009/04/06/1549/persentase-rumah-tangga-menurut-provinsi-dan-sumber-air-minum-layak-1993-2017.html> pada September 2017.
- Kementerian Pekerjaan Umum. (2005). *Data teknis air minum di Indonesia*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2003). *Review of world water resources by country*. Rome: FAO.
- Gleick, P.H. (1998). The human right to water. *Water Policy* 1 : 487-503.
- Hadipuro, W. (2010). Indonesia's water supply regulatory framework: Between commercialisation and public service? *Water Alternatives*, 3 (3), 475-491.

Istia, J.M.G. & Sudarwanto, A.S. (2016). Implikasi pembatalan Undang-Undang Nomor 7 Tahun 2004 tentang sumberdaya air terhadap perusahaan pengelola air (PDAM) Kota Surakarta dan PT Tirta Investama Klaten. *Privat Law*, IV (2).

Kementerian Kesehatan. (2007). *Riset kesehatan dasar 2007*. Jakarta: Kementerian Kesehatan.

Kementerian Kesehatan. (2013). *Riset kesehatan dasar 2013*. Jakarta: Kementerian Kesehatan.

Liputan 6. (2018). PP Pengganti UU Sumber Daya Air yang dibatalkan MK siap terbit. Diakses melalui <https://www.liputan6.com/bisnis/read/2308760/pp-pengganti-uu-sumber-daya-air-yang-dibatalkan-mk-siap-terbit> pada September 2018.

National Geographic Indonesia. (2016). *Air sungai di Indonesia tercemar berat*. Diakses melalui <http://nationalgeographic.grid.id/read/13305060/air-sungai-di-indonesia-tercemar-berat?page=all> pada September 2018.

Perpamsi (Persatuan Perusahaan Air Minum di Seluruh Indonesia). (1998). *Direktori Perpamsi*. Jakarta: Perpamsi.

Perserikatan Bangsa-Bangsa. (2015). *Targets and indicators of Goal 6*. Diakses melalui <https://sustainabledevelopment.un.org/sdg6> pada Agustus 2018.

Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB). (2015). *Why it matters sanitation*. Diakses melalui https://www.un.org/sustainabledevelopment/wp-content/uploads/2016/08/6_Why-it-Matters_Sanitation_2p.pdf pada Juli 2018.

Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB). (2015). *Why do Sustainable Development Goals matter*. Diakses melalui <https://www.unenvironment.org/explore-topics/sustainable-development-goals/why-do-sustainable-development-goals-matter/goal-6> pada Juli 2018.

UNICEF & WHO. (2004). *Meeting the MDG drinking water and sanitation target: A mid-term assessment of progress*. Geneva, Switzerland: UNICEF/WHO.

UNICEF. (2012). *Air bersih, sanitasi & kebersihan. Ringkasan kajian*. UNICEF Indonesia.

UNICEF. (2014). *UNICEF Indonesia-overview-water & environmental sanitation*.

PENGELOLAAN KOTA RAMAH AIR MELALUI PENDEKATAN *WATER METABOLISM CITY* UNTUK MENUNJANG PEMBANGUNAN KOTA BERKELANJUTAN

Agus Susanto
(sugus@ecampus.ut.ac.id)

PENGANTAR

Saat ini dunia sedang dan akan semakin menghadapi tiga tantangan besar yaitu masalah ketersediaan dan ketahanan air, pangan, dan energi, karena di masa depan, ketersediaan dan ketahanan air akan sangat menentukan ketahanan pangan dan energi. Apalagi ketika planet bumi saat ini sudah harus memikul beban populasi 7,3 miliar jiwa dan akan bertambah menjadi 9,5 milyar jiwa pada tahun 2050 nanti. Pada masa mendatang, permintaan air akan terus meningkat sejalan dengan pertambahan penduduk yang terus meningkat mengikuti deret ukur, ditambah dengan perubahan iklim, dimana curah hujan dengan intensitas tinggi, namun durasinya pendek, dan musim kemarau yang panjang, hal ini yang akan mengancam ketersediaan air dunia. Disamping itu, jumlah permintaan pangan yang melampaui perkiraan, serta urbanisasi yang terus meningkat merupakan faktor utama yang menyebabkan air bersih semakin langka (United Nations World Water Assessment Programme, 2015). Dalam laporan tersebut dijelaskan bahwa: pada tahun 2050, permintaan pangan dunia akan naik sebesar 70%, yang menyebabkan kebutuhan air untuk pertanian melonjak sebesar 19%. Padahal sampai saat ini sebanyak 70% air tawar (*freshwater*) sudah digunakan untuk kebutuhan pertanian, sedangkan kebutuhan domestik hanya 10%.

Khusus untuk Indonesia, masyarakat hingga saat ini masih *take for granted* (kurang menghargai) masalah air, karena mereka merasa memiliki dan beranggapan bahwa air adalah komoditas sosial yaitu sebagai kebutuhan hidup, bukan sebagai komoditas ekonomi (Susanto, 2017). Hal ini terjadi

karena sumber air melimpah dengan akses yang mudah, sehingga pemerintah maupun masyarakat lalai mengelolanya dengan baik. Kondisi seperti ini akhirnya justru menjadi sumber bencana. Selain itu, komitmen politik pemerintah dan kesadaran masyarakat Indonesia yang masih sangat rendah terhadap air. Fenomena tersebut bisa dibuktikan dengan tidak adanya Kementerian Sumber Daya Air, padahal hampir semua negara lain sekarang sudah memiliki Kementerian Sumber Daya Air, karena kementerian tersebut, fokus dan memiliki otoritas khusus untuk menangani masalah air, sumber daya air, dan lingkungan hidup.

Semenjak 20 tahun terakhir ini, di banyak kota-kota besar khususnya di Pulau Jawa sudah mengalami krisis air bersih, contoh yang paling nyata adalah Jakarta, Bandung, Surabaya dan Semarang, dan bahkan dalam 10 tahun mendatang Pulau Jawa akan mengalami krisis air bersih. Hal ini diakibatkan oleh buruknya kualitas daerah aliran sungai (DAS) dan tidak terjaganya kondisi hutan, salah satunya ditunjukkan oleh adanya tingkat persepsi masyarakat terhadap fungsi ekologi DAS masih rendah sampai dengan sedang (Karyana, 2007). Akibatnya adalah sampai saat ini kerusakan DAS mencapai 40%. Kondisi tersebut apabila dibiarkan, maka di masa yang akan datang DAS akan mengalami impor air bersih. Padahal, impor air bersih itu lebih bahaya dibandingkan impor bahan bakar minyak (BBM) (Himawan, 2012). Di sisi lain, masyarakat Indonesia baik di perdesaan maupun di perkotaan masih menjadikan badan-badan air seperti sungai, kanal, waduk, situ, danau untuk tempat membuang limbah, baik limbah padat maupun limbah cair yang mereka hasilkan, sehingga hampir sebagian besar badan-badan air sudah tercemar berat dan tidak bisa lagi dijadikan sumber air baku untuk dapat memenuhi kebutuhan air bersih dan air minum. Padahal air minum telah disepakati oleh PBB sebagai hak asasi manusia (HAM), sehingga setiap orang berhak mendapatkan layanan air minum sesuai dengan kebutuhan.

Berdasarkan fenomena-fenomena tersebut, maka akan diuraikan bagaimana mengelola kota yang ramah air melalui pendekatan *water metabolism city* untuk menunjang pembangunan yang berkelanjutan, dengan lokus Kota Tangerang Selatan. Dari aspek hidrologis Kota Tangerang

Selatan dilalui oleh 3 (tiga) sungai utama yang mempunyai sifat aliran *perennial*, yaitu sungai Pesanggrahan di sebelah timur, Angke di tengah, dan Cisadane di bagian barat. Disamping itu, Tangerang Selatan mempunyai 9 (sembilan) situ antara lain: Situ Pamulang/Tujuh Muara, Situ Kedaung/Sasak, Situ Parigi, Situ Rawa Kutuk, Situ Gintung, Situ Bungur, Situ Legoso, serta Situ Rumpang dan Situ Kayu Antap (Dinas Bina Marga dan Sumber Daya Air, 2010). Dengan demikian, secara hidrologi tidak menjadi masalah, namun kenyataannya di beberapa daerah mengalami masalah dengan sumber daya air, yaitu kekeringan di musim kemarau dan banjir di musim penghujan.

Dari sembilan situ tersebut ternyata ada sekitar empat situ yang dinyatakan hilang atau berubah fungsi karena berbagai permasalahan, yaitu menjadi lahan pertanian atau permukiman warga. Keempat situ tersebut adalah Situ Legoso, Rumpang, Kayu Antap, dan Bungur. Selain itu, ada tiga situ lagi yang kondisinya rawan dan perlu penanganan segera, yaitu: Situ Pamulang, Parigi, dan Kedaung karena rawan pendangkalan akibat erosi tebing maupun erosi daerah hulu, pencemaran, dan jebolnya tanggul, serta okupasi penduduk menjadi permukiman atau persawahan (Susanto, Rusdianto & Sumartono, 2016), sehingga air hujan langsung menjadi *runoff* dan yang bisa dipanen hanya 40%. Oleh karena itu, diperlukan suatu strategi kebijakan yang komprehensif agar tidak terjadi kekurangan sumber air di musim kemarau dan banjir di musim penghujan yaitu dengan paradigma kepedulian air melalui pendekatan *water metabolism city*, agar Kota Tangerang Selatan menjadi kota yang layak huni, layak usaha, dan layak berkembang. Tujuan yang ingin dicapai dalam tulisan ini adalah agar kota Tangerang Selatan dapat mengelola sumber daya air yang berkelanjutan melalui paradigma kepedulian air dengan pendekatan *water metabolism city* untuk mendukung *Sustainable Development Goals* (SDGs), karena salah satu tujuan dari SDGs adalah menjamin ketersediaan air bersih dan sanitasi yang berkelanjutan untuk semua orang (tujuan ke 6).

Makalah ini ditulis berdasarkan *desk study* (studi literatur) untuk membangun kota yang layak huni, layak usaha dan layak berkembang dengan perspektif kota ramah air melalui pendekatan *water metabolism*

city. Sebagian besar data dan informasi yang digunakan dalam makalah ini berasal dari sumber data sekunder seperti ulasan literatur, jurnal, data statistik, laporan proyek, laporan tahunan institusi, dan lain-lain. Dalam makalah ini pertama-tama akan dijelaskan pemahaman konsep terkait *metabolism city*, *water sensitive city*, dan *water metabolism city*, kemudian aplikasinya di Kota Tangerang Selatan agar menjadi kota yang berkelanjutan.

Metabolism City

Urbanisasi yang cepat di perkotaan saat ini, akan berdampak pada meningkatnya kualitas hidup, sehingga akan menghasilkan peningkatan pada permintaan akan sumber daya alam. Meningkatnya permintaan sumber daya juga berarti peningkatan produksi limbah yang dihasilkan. Namun, dengan terbatasnya ketersediaan sumber daya alam seperti: minyak, air tawar, fosfor, mineral seperti: batu bara, mineral bahan industri, logam (Boyle, Mudd, Mihelcic, Anastas, & Collins, 2010; Gordon, Bertram, Graedel, 2006; Rockström, Steffen, Noone, Persson, & Chapin, 2009) dan daya produksi serta daya dukung kota yang terbatas (Rees, 1999), merupakan pembatasan potensial (*limitation*) untuk pertumbuhan perkotaan yang keberlanjutan. Tekanan seperti ini, merupakan penggerak menuju penggunaan sumber daya yang lebih efisien yaitu membangun dengan tetap memperhatikan generasi yang akan datang.

Dalam pengembangan suatu kota tidak akan lepas dari sumber daya air, karena air merupakan kebutuhan manusia yang paling esensial, semua makhluk hidup membutuhkan air baik untuk memenuhi kebutuhan hidup maupun penunjang kehidupan seperti untuk kegiatan ekonomi, transportasi dan lain-lain. Padahal jumlah air di dunia tetap, perubahannya hanya melalui siklus hidrologi. Untuk itu, diperlukan suatu strategi pengelolaan agar dapat dimanfaatkan secara berkelanjutan, salah satunya yaitu dengan merubah paradigma yaitu kepedulian air. Paradigma kepedulian air mempunyai konsep bahwa suatu kawasan bisa berupa perkotaan maupun perdesaan merupakan suatu tampungan air. Semua air ditampung baik air hujan maupun air buangan yaitu buangan dari domestik maupun non domestik,

dan limbah industri (Wong & Brown, 2009), kemudian dimanfaatkan seoptimal mungkin, baru sisanya dilepaskan melalui saluran pembuang.

Untuk mendukung paradigma tersebut dibutuhkan pendekatan-pendekatan, yang salah satunya adalah *water metabolism city*. Untuk mengaplikasikan *water metabolism city* terlebih dahulu perlu memahami bagaimana fungsi sistem metabolisme perkotaan (*metabolism city*) (Decker, Elliot, Smith, Blakr, & Rowland, 2000; Girardet, 2003). Metabolisme perkotaan merupakan suatu perencanaan metabolisme kota yang berkelanjutan, yaitu dengan meminimalkan aliran materi perkotaan (Kennedy, Cuddihy, & Engel-Yan, 2007), yaitu melalui integrasi bangunan efisiensi materi dan infrastruktur perkotaan dalam perencanaan tata ruang kota (Rencana Tata Ruang Wilayah /RTRW Kota) (Rees, 1999). Terdapat tiga aliran materi perkotaan yang paling kritis saat ini, yaitu: aliran materi air, kemudian diikuti oleh aliran energi dan aliran makanan. Air dianggap paling penting karena sangat penting untuk kelangsungan kehidupan, dan dalam hal massa, air merupakan komponen terbesar dari metabolisme perkotaan (Kennedy et al., 2007).

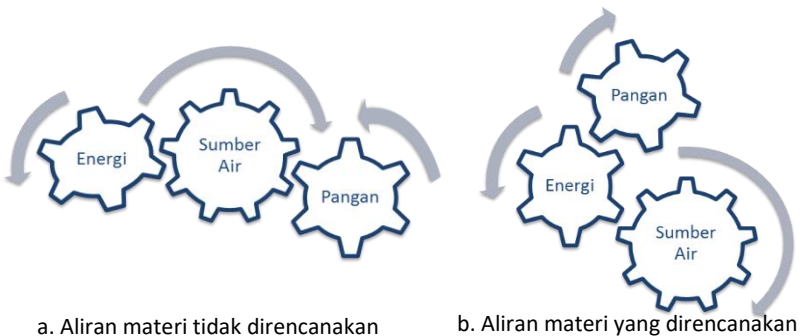
Aliran materi perkotaan ini saling terkait erat antara satu dengan yang lain, dan memiliki hubungan yang saling terikat untuk ruang di dalam wilayah perkotaan. Hubungan antara aliran materi tersebut akan menghasilkan air limbah dan aliran lainnya yang dirangkum dalam Tabel 1, dan Gambar 1. Dalam Gambar 1a. terlihat bahwa dalam aliran tunggal, air dapat menghasilkan limbah yang tidak direncanakan, dan limbah tersebut tidak bisa diolah kembali, sedangkan makanan masih membutuhkan air yang banyak. Untuk Gambar 1b. aliran materi yang direncanakan, dimana limbah dari penggunaan air dapat dimanfaatkan kembali sebagai energi, dan pangan, sehingga tinggal bagaimana masyarakat dengan memanfaatkan hubungan umpan balik positif dan akibat yang ditimbulkan untuk direncanakan dengan baik. Oleh karena itu, untuk menjamin kawasan perkotaan yang berkelanjutan dari pasokan air, energi, dan nutrisi (pangan) yang baik dan berkelanjutan, maka perlu perencanaan yang matang dan dilaksanakan secara bersama, seperti dengan memisahkan antara limbah cair perkotaan yang terdiri atas:

1. *Grey water* adalah limbah rumah tangga non kakus yaitu buangan yang berasal dari kamar mandi, dapur (sisa makanan) dan tempat cuci, dan sisa produksi dari industri rumah tangga. Limbah ini yang bisa di daur ulang, sehingga bisa dimanfaatkan untuk energi, dan pangan
2. *Black water* yang terdiri atas limbah dari *septic tank* (kakus). Limbah ini dapat diolah kembali dan dapat dimanfaatkan untuk pangan, dan materi lain
3. *Urine* dapat dimanfaatkan kembali sebagai pangan

Tabel 1. Perbedaan Cara Memanen Aliran Materi Perkotaan

No.	Aliran Materi Kota	Air	Energi	Pangan	Materi lain
1.	Curah hujan	•			
2.	Limbah cair perkotaan (campur)	•	•	•	•
3.	Limbah cair perkotaan (dipisah)	•	•		
	<i>Grey water</i>		•	•	
	<i>Black water</i>			•	•
	<i>Urine</i>			•	

Sumber: Kennedy et al., 2007



Gambar 1. Perbedaan Aliran Materi yang Direncanakan dan Tidak Direncanakan dalam Suatu Perkotaan

Water Sensitive City (WSC)

Dengan mengacu pada konsep *metabolism city*, maka aliran materi akan berjalan lancar, sehingga kota akan efisien dalam pemanfaatan sumber daya alam. Namun demikian konsep *metabolism city* tersebut harus didukung dengan pendekatan yang lebih operasional, yaitu *water sensitive city* dan *water metabolism city*. Konsep berfikir pendekatan *water sensitive city* adalah kota merupakan sebuah tampungan air. Semua air ditampung baik air hujan maupun air buangan yaitu buangan dari domestik maupun non domestik, dan limbah industri (Wong & Brown, 2009). Untuk mencapai *Water Sensitive City* dengan skema pengembangan infrastruktur air adalah sebagai berikut:

1. Suplai air baku perkotaan yang bersumber dari: air tanah, mata air, PDAM
2. Badan air (sungai, kanal air, dan embung/setu)
3. Saluran pembuang alami (*drainage*)
4. *Reduse grey water* yaitu sisa-sisa air buangan baik domestik maupun non domestik
5. *Recycle* limbah industry

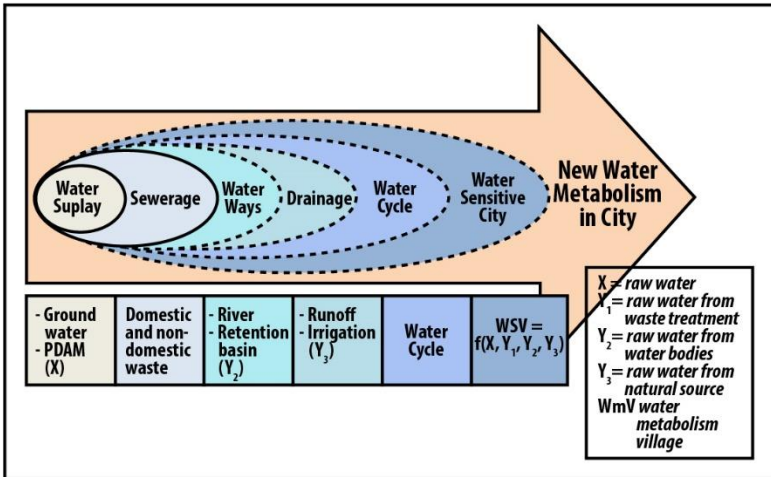
Dari kelima skema tersebut, secara klasik (konvensional) dapat memfasilitasi penyediaan air yang tidak hanya air minum dan pembuangan air (*drainase*) tetapi menyertakan pengolahan limbah. Pendekatan *Water Sensitive City* (WSC) mempunyai paradigma bahwa: kelima skema tersebut tidak hanya sebagai suplai air, badan air, dan drainase tetapi sekaligus memfasilitasi penyediaan tambahan yang meliputi *recycle* dan 3 R (*reuse, reduce, dan recharge*) yang terintegrasi dengan mitigasi sejenis.

Berdasarkan paradigma tersebut, maka apabila *water sensitive city* tercapai, maka secara otomatis penyediaan air bersih melalui paradigma kepedulian air di perkotaan yang berkelanjutan akan tercapai juga. Agar infrastruktur yang dibangun dalam rangka penyediaan air bersih dapat memenuhi kebutuhan jangka panjang, maka dibutuhkan peran aktif dari *stakeholder* yang terdiri atas masyarakat, aparat pemerintah baik di tingkat kelurahan, kecamatan maupun kota. Maksud dari pelibatan masyarakat, agar supaya

masyarakat merasa memiliki dan tidak hanya sebagai obyek saja, tetapi sekaligus sebagai subyek. Secara diagramatis pendekatan *water sensitive city* untuk penyediaan air bersih melalui paradigma kepedulian air yang berkelanjutan di tingkat desa disajikan dalam Gambar 2.

Dalam Gambar tersebut dijelaskan bahwa *water sensitive city* (WSC) adalah suatu konsep dimana suatu kawasan perkotaan merupakan tampungan air. Air ditahan selama mungkin, kemudian dimanfaatkan secara optimal, baru dilepaskan ke saluran pembuang. Air yang ditampung ada lima komponen yaitu: (1) suplai air perkotaan yang meliputi: air tanah, PDAM, (2) air limbah domestik dan non domestik yang diolah menjadi air baku, (3) kanal air meliputi sungai, parit, (4) limpasan air permukaan yang terdiri atas *runoff*, saluran irigasi, dan (5) *recycle* air dari limbah industri.

Mengingat WSC adalah suatu konsep, maka untuk mengimplementasikannya diperlukan suatu metode lagi yaitu *Water Metabolism City* (WMC), karena WSC merupakan sikap atau pemahaman (konsep), sedangkan *water metabolism* merupakan sebuah model dalam pengelolaan air suatu kawasan. Sistem metabolisme air kawasan bisa perkotaan maupun perdesaan memainkan peran penting dalam pembangunan berkelanjutan, karena berhubungan langsung dengan kebutuhan dasar manusia, seperti akses terhadap air minum, sanitasi, kualitas air dan kesehatan. Apabila sebuah kota mengeksploitasi sumber daya alam termasuk di dalamnya adalah sumber air, maka secara otomatis akan menghasilkan limbah secara linier.



Sumber: Wong & Brown (2008) & Wong & Brown (2009)

Gambar 2. Penyediaan Air Bersih dengan Paradigma Kepedulian Air dengan Pendekatan *Water Sensitive City* (WSC)

Tingginya tingkat konsumsi sumber air dan pembuangan limbah berpengaruh besar terhadap deplesi ketersediaan sumber air, sehingga menyebabkan penurunan kuantitas maupun kualitas air. Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk meminimalkan dampak pada sumber air yang sudah tertekan tersebut, yaitu dengan merancang ketahanan air (*water resilience*), mengurangi dampak perubahan iklim, memastikan persediaan air yang aman dan perlindungan lingkungan melalui metabolisme air (*water metabolism*).

Water Metabolism City

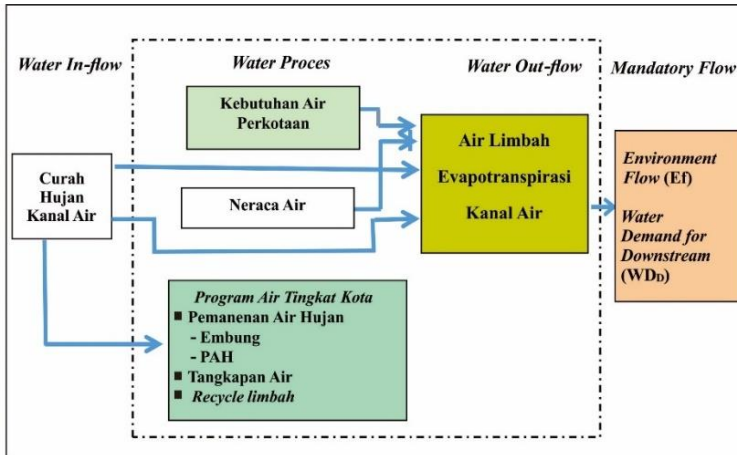
Water sensitive city adalah suatu konsep, sehingga untuk mengimplementasikan diperlukan suatu pendekatan lagi, yaitu: *water metabolism city*. Dalam *water metabolism* wilayah atau kawasan konsep yang digunakan adalah siklus hidrologi wilayah atau kawasan, yang meliputi:

water inflow, *water process*, dan *water outflow*. Konsep *Water Metabolism City* (WMC), meliputi:

1. *Water inflow*, yaitu air yang masuk ke dalam wilayah yang terdiri atas dua sumber, yaitu:
 - a. Kanal air yang berupa air sungai, parit dan lain-lain (Y_2)
 - b. Air hujan; air hujan yang jatuh, sebelum sampai ke permukaan tanah sebagian akan menguap (*evaporasi*), sebagian lagi akan jatuh ke tanah, kemudian mengalir menjadi aliran permukaan (*runoff*) dan sebagian lagi masuk ke dalam tanah sebagai infiltrasi
2. *Water proses*, yang terdiri atas:
 - a. Suplai air perdesaan yang meliputi: air tanah, mata air, dan PDAM. Ketiga sumber tersebut digunakan untuk memenuhi kebutuhan akan air wilayah (X)
 - b. *Runoff* yaitu air hujan yang jatuh di permukaan tanah, dan langsung mengalir menjadi aliran permukaan
 - c. Infiltrasi yaitu air hujan yang masuk ke dalam tanah sebagian menjadi aliran dasar, dan sebagian menjadi air tanah (*ground water*)
 - d. *Stock* yaitu air yang sudah ada di wilayah tersebut, bisa dari tanah, dan air permukaan, seperti sungai, situ, embung dan lain-lain Keempat sumber air tersebut yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan akan air suatu wilayah yang terdiri atas; domestik, non domestik dan industri melalui neraca air
3. *Water outflow* yang meliputi:
 - a. Air limbah yang berasal dari limbah domestik, non domestik, dan industri yang diolah kembali sehingga menjadi sumber air baku (Y_1)
 - b. Kanal air, yaitu air dari kanal *inflow* yang tidak dimanfaatkan sebagai sumber air, karena kebutuhan air sudah terpenuhi (Y_2)
 - c. Evapotranspirasi, yaitu air hujan yang tidak sampai ke permukaan tanah, bisa di udara langsung menguap, dan bisa dari proses fotosintesis melalui tumbuhan
4. Program air wilayah yaitu rekayasa air wilayah agar dapat dimanfaatkan kembali sebagai suplai air, yang meliputi:
 - a. Membuat instalasi pengolah limbah, baik limbah domestik maupun limbah non domestik serta limbah industri (Y_1)

- b. Pemanenan air hujan (*harvesting rain water*); bisa dilakukan melalui
 - pembuatan embung (*retention pond*) yaitu air hujan dialirkan dan ditampung dalam suatu tempat (Y_3)
 - penampungan air melalui atap rumah (PAH) (Y_3)
 - memperluas daerah tangkapan air (Y_3), hal ini bisa dilakukan dengan menambah areal terbuka hijau, hutan kota, dan lain-lain.
- c. Memanfaatkan kanal air sebagai suplai air (Y_2), yaitu dengan membuat dam parit kemudian dialirkan disuatu tempat tampungan (*detention pond*) (Sawiyo, 2013).
5. *Mandatory flow*; yaitu sisa air di suatu wilayah, dimana sisa air ini karena kebutuhan air wilayah sudah terpenuhi. Air di *mandatory* ini tidak boleh habis dan harus ada. Air tersebut berasal dari kanal air dari *inflow*. Ada dua *mandatory flow*, yaitu:
 - *Environment flow* yaitu air yang berfungsi untuk penggelontoran (*flushing*).
 - *Water demand flow for down stream*, yaitu air yang digunakan oleh aliran dibawahnya.

Secara matematik formula dari WMC merupakan fungsi dari X , Y_1 , Y_2 , dan Y_3 , **WMC = F(X, Y₁, Y₂, Y₃)**. Untuk Lebih jelasnya skema *water metabolism* disajikan dalam Gambar 3.



Sumber: Paolini & Cecere, 2015 (modifikasi)

Keterangan [---]: *Water metabolism city*

Gambar 3. Skema *Water Metabolism City* (WMC)

Berdasarkan dua pendekatan tersebut (WSC dan WMC), maka dalam tulisan ini digunakan paradigma baru yang disebut dengan **kepedulian air**, dimana kota di masa depan akan mengalami kekeringan air di musim kemarau akibat pertambahan penduduk dan alih fungsi lahan, sehingga perlu menambah ketercukupan air, melalui:

- (1) Membangun infrastruktur yang meliputi: embung, instalasi pengolah air limbah domestik (IPLD), dan instalasi pengolah limbah industri (IPLI). Pengembangan infrastruktur air suatu kawasan tidak bisa dilakukan secara individual tetapi secara komunal, sehingga melibatkan *stakeholder*, melalui peningkatan kapasitas Sumber Daya Manusia (SDM)
- (2) Peningkatan kapasitas SDM melalui sosialisasi yang berupa: pelatihan, penyuluhan, dan pendampingan yang dilakukan oleh instansi terkait (Dinas PU Kota Tangerang Selatan, Pemerintah Kota Tangerang Selatan, Kementerian Desa, Transmigrasi dan Daerah Tertinggal, serta Lembaga Swadaya Masyarakat (LSM)

- (3) Perencanaan program yang baik, yang meliputi penjadwalan pembangunan infrastruktur, rencana program, dan rencana biaya, serta pengelolaan pasca pembangunan fisik

PEMBAHASAN

Kondisi Kota Tangerang Selatan

Wilayah Kota Tangerang Selatan merupakan kawasan *hinterland* bagi Jakarta, baik dari aspek sumber daya alam maupun sumber daya manusia. Secara astronomis berada pada koordinat $106^{\circ}38' - 106^{\circ}47'$ Bujur Timur, dan $06^{\circ}13'30'' - 06^{\circ}22'30''$ Lintang Selatan, dan mempunyai luas $147,19 \text{ km}^2$ atau 147.719 Ha . Secara fisiografi terletak pada dataran rendah berupa *flood plains* yang berasal dari Gunung Gede-Pangrango, Salak dan Halimun yang membentang mulai dari daerah Serang sampai Cirebon yang mengalami proses pelipatan. Wilayah Tangerang Selatan termasuk pada wilayah endapan yang potensial sebagai tempat genangan air. Topografi sebagian besar merupakan dataran rendah yang relatif datar dengan kemiringan rata-rata $0 - 3\%$, sedangkan ketinggian wilayah berkisar antara $5 - 25$ meter dari permukaan laut (dpl) (Badan Lingkungan Hidup Daerah, 2011).

Potensi-potensi genangan ini merupakan faktor yang perlu dipertimbangkan bagi sebagian besar wilayah Tangerang Selatan. Faktor lainnya adalah dengan bertambahnya wilayah terbangun (*built up area*), maka muka tanah yang biasanya merupakan peresapan akan jauh berkurang luasannya (Sinukaban, 2005). Banjir di sebagian wilayah Tangerang Selatan terjadi karena penggunaan lahan di kawasan DAS Cisadane, Angke, dan Pesanggrahan tidak sesuai dengan kaidah-kaidah konservasi tanah. Akibatnya, sebagian besar (80%) air hujan langsung menjadi *run off* tidak terserap tanah (Sobar, 2007), dan langsung masuk ke kanal atau sungai.

Fenomena perubahan iklim yang akhir-akhir ini melanda sebagian wilayah Indonesia, yaitu hujan dengan intensitas tinggi, tetapi durasinya pendek, dan musim kemarau yang panjang. Fenomena tersebut ada hubungannya antara keadaan fisiografi dengan distribusi curah hujan, yaitu semakin ke

Selatan terlihat peningkatan angka curah hujan yang semakin tinggi yang berkisar antara 1.700 hingga 2.000 mm per tahun, sehingga wilayah tengah seperti Tangerang Selatan akan menerima limpasan dari air hujan tersebut, dan mengakibatkan banjir di beberapa kawasan.

Kota Tangerang Selatan tersusun atas tujuh Kecamatan, yaitu Kecamatan Serpong (2.404 Ha), Serpong Utara (1.784 Ha), Ciputat (1.838 Ha), Ciputat Timur (1.543 Ha), Pamulang (2.682 Ha), Pondok Aren (2.988 Ha), dan Setu (1.480 Ha). Jumlah total penduduk pada tahun 2016 adalah 1.593.812 jiwa yang terdiri atas 790.904 laki-laki, dan 802.908 perempuan, sehingga sudah bergerak menjadi *metropolitan*. Jumlah penduduk perempuan lebih besar. Angka pertumbuhan penduduk cukup tinggi yaitu 4,6%, dan kepadatan penduduk cukup tinggi juga yaitu sebesar 10.828 jiwa/km². Jumlah penduduk yang paling tinggi berada pada Kecamatan Pondok Aren yaitu sebesar 379.354 jiwa, sedangkan jumlah penduduk yang paling kecil berada di Kecamatan Setu, yaitu sebesar 83.777 jiwa. Terdapat tiga sektor lapangan pekerjaan yang mendominasi Kota Tangerang Selatan, yaitu: sektor jasa, industri, dan pertanian (BPS, 2017).

Dengan tingginya arus urbanisasi, mengakibatkan pertumbuhan penduduk kota Tangerang Selatan tinggi juga (4,6%) melebihi angka pertumbuhan penduduk nasional (1,68%). Kondisi ini akan berdampak pada daya dukung dan daya tampung lingkungan dalam kurun waktu 10 sampai 20 tahun ke depan akan menjadi masalah, seperti kebutuhan lahan akan meningkat, akibat dari kebutuhan akan perumahan maupun fasilitas-fasilitas sebagai penunjang meningkat pula, padahal luas lahan tetap. Akibat dari perkembangan tersebut adalah muncul *urban prawl* yaitu pemekaran suatu kota ke daerah-daerah di sekitarnya (pinggiran) secara tidak teratur, acak, tanpa adanya perencanaan. Perkembangan permukiman tersebut seperti lompatan katak (*leap frog*). Dengan kata lain daerah pinggiran (*urban fring*), seperti Kecamatan Ciputat, Ciputat Timur, Pamulang, dan Pondok Aren yang bernuansa perdesaan akan berubah menjadi perkotaan. Wilayah Ciputat, Pamulang dan Pondok Aren yang dahulunya dikenal sebagai penyokong kehidupan Jakarta, seperti pertanian, perkebunan, peternakan, dan tanaman budidaya telah beralih fungsi menjadi kawasan permukiman padat

penduduk, dan bahkan beralih menjadi kawasan perdagangan dan jasa. Gejala *urban sprawl* ditandai dengan adanya bangunan-bangunan vertikal maupun horizontal, bertambahnya infrastruktur perkotaan seperti jalan, sistem drainase, pusat-pusat perbelanjaan dan lain-lain.

Munculnya *urban sprawl* di kawasan Ciputat, Pamulang, dan Pondok Aren menimbulkan dampak positif dan negatif. Dampak positifnya adalah: *disparitas* ekonomi antara perkotaan (Jakarta) dengan perdesaan (Ciputat, Pamulang dan Pondok Aren) dapat ditekan, akibat pengembangan infrastruktur perkotaan, sehingga arus barang dan orang menjadi lancar, sedangkan dampak negatifnya adalah aliran materi (air, energi, dan pangan) menjadi tidak efisien (boros). Dengan adanya pertumbuhan perumahan model cluster yang kecil, akibat keterbatasan lahan, akan berakibat tingginya ongkos transportasi (energi), karena akses untuk ke jalan raya kurang baik. Dengan infrastruktur (jalan) yang kurang bagus, maka dampak turunannya adalah biaya makan dan air menjadi mahal juga. Agar Kota Tangerang Selatan dengan segala permasalahan menjadi kota yang berkelanjutan dengan paradigma kepedulian air, maka disusun upaya-upaya melalui pendekatan *water metabolism*.

Upaya Pengelolaan Kota Ramah Air

Kota yang ramah air adalah kota yang warganya tercukupi sumber airnya baik dari aspek kuantitas maupun kualitas serta dari segi aksesnya. Sumber air di suatu wilayah secara potensi melimpah, tetapi dari aspek kualitas banyak unsur yang melebihi standar baku mutu, sehingga diperlukan biaya yang besar untuk memanfaatkannya, demikian juga apabila dari akses untuk pemanfaatan mengalami kesulitan, diperlukan teknologi, maka sumber air wilayah tersebut dikatakan tidak cukup. Disamping aspek ketercukupan, juga harus dilihat juga dari aspek aliran materi (*metabolism city*), karena aliran materi menentukan suatu kota efisien atau tidak efisien dalam memanfaatkan sumber daya alamnya, dimana salah satu aliran materi adalah aliran air. Agar supaya suatu kota ramah air, maka diperlukan upaya-upaya berikut ini.

1. Integrasi

Desain perkotaan (Kota Tangerang Selatan) yang berkelanjutan akan berdampak rendah apabila menggunakan dasar metabolisme perkotaan (*metabolism city*) yang berkelanjutan. Metabolisme perkotaan akan dapat dicapai dengan integrasi dari berbagai bidang, sebagai berikut.

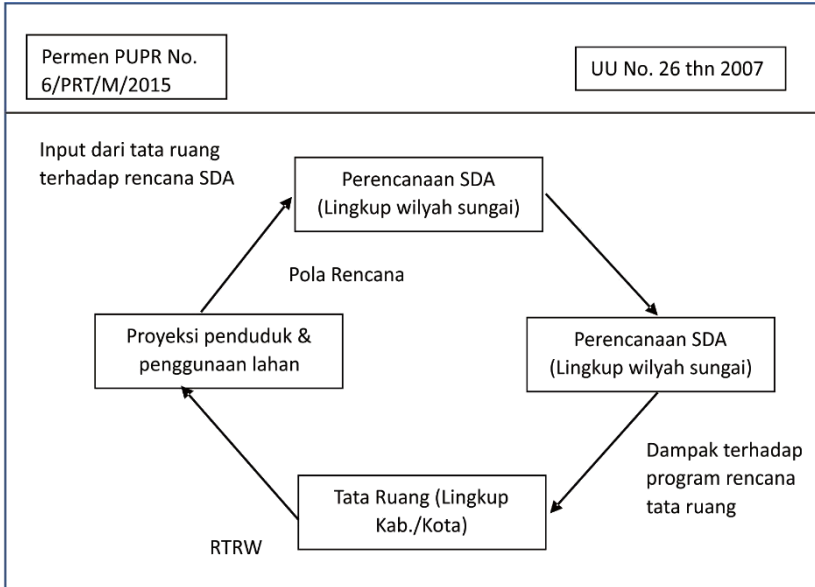
- a. Integrasi disiplin ilmu, yaitu integrasi antara perencanaan wilayah (RTRW Kota Tangerang Selatan) dengan manajemen sumber daya, baik sumber daya manusia maupun sumber daya alam, karena dalam ilmu perencanaan yang direncanakan adalah pemanfaatan sumber daya alam yang berkelanjutan untuk kemaslahatan manusia, agar generasi yang akan datang dapat memanfaatkan sumber daya tersebut.
- b. Integrasi aliran materi, yaitu: integrasi antara air, energi, dan makanan yang merupakan materi utama, kemudian diikuti oleh bahan dan ruang yang merupakan wadah dari materi tersebut.
- c. Integrasi timbangan (*in situ*), yang meliputi integrasi di tempat seperti: integrasi antar blok pemanfaatan ruang. Integrasi ini bisa dalam satu kawasan atau antar kawasan, integrasi lingkungan, sebagai contoh adalah integrasi antara Kecamatan Pamulang sebagai Ibukota dengan kecamatan Ciputat, Pondok Aren dan lain-lain dan antara kota dengan perdesaan (Kecamatan Pamulang dengan Kecamatan Setu). Integrasi timbangan dapat berjalan apabila infrastruktur tersedia, sehingga konektivitas antar kawasan dapat berjalan dengan baik, akhirnya akan menghemat materi (air, energi, dan pangan).
- d. Integrasi fungsi, yaitu integrasi berdasarkan fungsi dari wilayah kota tersebut, antara lain: Kota Tangerang Selatan dalam RTRW Provinsi Banten berfungsi sebagai perumahan, industri, rumah hijau (*green house*), pertanian, perkebunan, ruang terbuka hijau, kawasan lindung, hutan kota, dan lain-lain. Apabila fungsi-fungsi tersebut berjalan dengan baik, maka *metabolism city* juga berjalan dengan baik, akibatnya adalah Kota Tangerang Selatan akan hemat dalam sumber daya, dan akhirnya akan berkelanjutan.

2. Keterpaduan antara Penataan Ruang dengan Pengelolaan Sumber Daya Air

Dalam penataan ruang wilayah (RTRW) Kota Tangerang Selatan tidak akan lepas dari penataan sumber daya air, karena sumber air merupakan sumber daya alam yang paling potensial dan esensial. Sumber daya air suatu wilayah jumlahnya terbatas, dan persebarannya tidak merata, sehingga diperlukan perencanaan yang baik, sesuai dengan Permen PUPR No. 16 tahun 2015 disebutkan bahwa *“perencanaan pengelolaan sumber daya air merupakan salah satu unsur dalam penyusunan, peninjauan kembali, dan/atau penyempurnaan rencana tata ruang wilayah (RTRW)”*, sehingga dalam pengelolaan sumber daya air menggunakan pendekatan satuan wilayah sungai (SWS). Dalam pengelolaan wilayah sungai dikenal istilah *one river one plan management*, artinya dalam pengelolaan wilayah sungai yaitu dengan satu pengelolaan yang dikordinir oleh Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR), melalui Direktorat Jenderal Sumber Daya Air. Dalam satu wilayah sungai tidak boleh dikelola oleh beberapa Kabupaten/Kota. Salah satu contoh adalah: Sungai Cisadane yang melintasi Kabupaten Bogor, Kota Kota Tangerang Selatan, Kota Tangerang, maka baik Kabupaten Bogor maupun Kota Tangerang Selatan tidak berhak untuk mengelola sungai tersebut walaupun melintasi wilayahnya.

Disamping itu, dalam pengelolaan sumber daya air dengan pendekatan satuan wilayah sungai (SWS) dapat juga digunakan sebagai masukan untuk meninjau kembali rencana tata ruang wilayah (RTRW) Kota Tangerang Selatan apabila terjadi perubahan-perubahan, baik pada rencana pengelolaan sumber daya air maupun perencanaan tata ruang pada periode tertentu. Perubahan dimaksud merupakan tuntutan perkembangan baik kondisi maupun situasi. Dengan demikian antara rencana pengelolaan sumber daya air dengan rencana tata ruang wilayah kota terdapat hubungan yang dinamis dan terbuka untuk saling timbal balik dan menyesuaikan (Purwanto & Susanto, 2014). Seperti dalam Gambar 4, dimana Permen PUPR No.6 sebagai pengganti dari UU No. 7 Tahun 2004 tentang pengelolaan sumber daya air terjadi hubungan timbal balik dengan Undang-undang No. 26 Tahun 2007 tentang penataan ruang. Untuk mengakomodir hubungan timbal balik antara penataan ruang dengan pengelolaan sumber daya air

adalah melalui penetapan zona kritis air, baik untuk air permukaan (banjir, kekeringan), maupun zona air tanah yang kritis (*over draft*).



Sumber: Purwanto & Susanto, 2014

Gambar 4. Keterpaduan Pengelolaan Sumber Daya Air dengan RTRW

3. Peningkatan Peran antar Lembaga

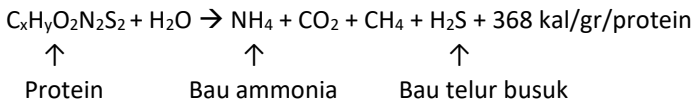
Peran kelembagaan dalam suatu kegiatan adalah sangat penting, karena kelembagaan merupakan suatu sistem sosial yang melakukan usaha untuk mencapai tujuan tertentu yang memfokuskan pada perilaku dengan nilai, norma dan aturan yang mengikutinya, serta mempunyai bentuk dan area aktivitas tempat berlangsungnya (Dunn, 2003). Kelangsungan suatu kegiatan ditentukan oleh kuatnya kelembagaan. Untuk mencapai suatu Kota Tangerang Selatan yang ramah air, maka diperlukan peningkatan peran kelembagaan terutama yang berhubungan dengan sumber air dan tata ruang. Terdapat 10 (sepuluh) program peningkatan peran antar lembaga, yaitu:

- (a) meningkatkan kepemimpinan transformasional, yaitu dengan kepemimpinan yang mengikuti transformasi teknologi dan tidak hanya menerima laporan dari bawahan saja (dinas-dinas terkait), tetapi sering turun langsung untuk melihat kondisi dan mendengarkan aspirasi masyarakat. Dengan kegiatan tersebut, maka dapat mewujudkan Kota Tangerang Selatan yang ramah air;
- (b) meningkatkan efektivitas kawasan, yang meliputi: kawasan lindung yang meliputi: kawasan sempadan sungai, sempadan situ, ruang terbuka hijau, ruang terbuka biru, dan taman kota;
- (c) peningkatan perencanaan satuan wilayah sungai (SWS) terpadu, yaitu melalui koordinasi dengan wilayah-wilayah lain yang berada dalam wilayah sungai, maupun dengan Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Ciliwung–Cisadane;
- (d) peningkatan peran riset dan pengembangan teknologi untuk pengembangan kota ramah air yang berkelanjutan sesuai dengan tahapan-tahapan pengembangan kota;
- (e) meningkatkan dan memanfaatkan kinerja penyuluh, baik penyuluh KB, penyuluh pertanian, penyuluh lingkungan, dan lain-lain;
- (f) meningkatkan dukungan global perubahan iklim, perubahan iklim global perlu diantisipasi dengan baik, seperti curah hujan dengan intensitas tinggi, namun durasinya pendek. Kondisi ini akan mengakibatkan banjir besar, serta musim kemarau yang panjang yang berakibat kekurangan air bersih;
- (g) meningkatkan pemberdayaan masyarakat, program ini sesuai dengan prinsip-prinsip Dublin yaitu: *Integrated Water Resources Management (IWRM)* (Purwanto & Susanto, 2014), yang meliputi:
 - Air adalah sumber daya yang terbatas dan rentan, dan sangat penting untuk mempertahankan hidup, pembangunan, dan lingkungan.
 - Pengelolaan sumber daya air harus didasarkan pada pendekatan partisipatif yang melibatkan pengguna, perencana, dan pembuat kebijakan di semua tingkatan.
 - Wanita memainkan peran sentral dalam penyediaan, pengelolaan, dan pengamanan air.

- Air memiliki nilai ekonomi dalam seluruh penggunaannya bersaing dan harus diakui sebagai benda ekonomi.
- (h) meningkatkan peran DPR, DPRD Provinsi Banten, Kota Tangerang Selatan, karena DPR sebagai pendorong dalam regulasi (PERDA) demi tercapainya kota ramah air yang berkelanjutan, serta menguatkan konsep pengembangan kota. Mengingat Kota Tangerang Selatan mempunyai banyak situ dan sungai, maka perlu dikembangkan konsep infrastruktur dalam rangka dan pemanfaatan situ dan menggali peluang untuk menjadikan icon Kota Tangerang Selatan yaitu: “*Situ Front City*”;
 - (i) meningkatkan peran dukungan dunia usaha; mengingat Kota Tangerang Selatan banyak industri skala besar maupun sedang, maka peran swasta agar lebih ditingkatkan lagi;
 - (j) meningkatkan rehabilitasi lahan kritis. Lahan-lahan kritis baik di daerah hulu maupun daerah hilir perlu direboisasi dengan tanaman tahunan seperti *Albasia mangium* (sengon), maupun tanaman buah seperti durian, rambutan, mangga dan lain-lain dengan konsep imbal jasa lingkungan.

4. Penerapan Ecotech Garden

Konsep *ecotech garden* adalah mengelola *grey water* (air limbah rumah tangga). *Grey water* terjadi karena proses dekomposisi zat organik (reaksi biokimia) yang memerlukan oksigen terlarut, sehingga dapat menurunkan kandungan oksigen terlarut dalam air limbah. Kondisi tersebut ditandai dengan warna air limbah kehitaman, berbusa dan berbau busuk, reaksi yang terjadi yaitu:



Agar *grey water* tidak berbau, maka diperlukan perlakuan terhadap *grey water* tersebut, salah satunya adalah dengan *Ecotech Garden* (EGA). *Ecotech Garden* merupakan teknologi tepat guna sebagai alternatif untuk mengolah air selokan yang tercemar oleh *grey water* dengan memanfaatkan proses biologis dari tanaman hias air. Pengaliran *grey water* ke EGA, dilakukan

dengan cara memasang bendung di selokan, sehingga air dapat dibelokkan ke EGA.

Prinsip kerja dari EGA adalah: unsur N & P diserap oleh tanaman untuk pertumbuhan, disamping itu, EGA dapat menurunkan zat pencemar, seperti: *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), detergen, bakteri patogen (*effluent* tangki septik), serta menghilangkan bau dan menjernihkan air. Mekanisme penyerapan zat pencemar pada EGA melalui zone akar tanaman. Proses tersebut mengakibatkan terjadinya peningkatan oksigen lebih banyak pada *rhizosphere* (perakaran tanaman). Selain itu, juga terjadi peningkatan mikroorganisme, yaitu $\pm 10 - 100$ kali lebih banyak, karena ada penyaluran oksigen dari daun, ini membantu penyerapan bahan pencemar dari air limbah yang diolah. BOD air limbah diturunkan melalui proses oksidasi dan reduksi (fermentasi aerobik), sedangkan Amonium (NH_4N) dioksidasi oleh bakteri autotroph.

Sistem EGA tersebut dapat dibangun di halaman rumah, atau taman taman yang ada di kompleks perumahan atau di bagian atas suatu situ atau danau alami. EGA akan menyaring unsur unsur hara (N, P, dan K) yang terkandung di dalam air, dan unsur bahan pencemar air lainnya, seperti: COD, detergen, bakteri patogen, dsb. Unsur lain seperti pupuk digunakan oleh tanaman untuk bertumbuh, sedangkan unsur pencemar, disaring oleh akar dan media penahan tanaman. Karena bahan cemaran dalam air sudah berkurang, maka kualitas air yang dikembalikan ke selokan atau ke badan-badan air lainnya sudah lebih baik dari kualitas air sebelum melalui EGA. Tanaman yang dapat digunakan dalam EGA dapat disesuaikan sesuai kebutuhan seperti tanaman obat atau tanaman hias air.

Manfaat dari teknologi EGA ini antara lain, dapat mengurangi bau, menambah estetika lingkungan, mengurangi pencemaran sungai, dan juga air sisa olahan dapat digunakan kembali, salah satunya adalah untuk mengairi kolam ikan, untuk menyiram tanaman, mencuci alat-alat industri. Kelemahan dari EGA adalah perlu pemeliharaan ekstra di bagian aliran masuk (*inlet*), karena teknologi bangunan peninggi air, menjadi tempat

berkumpulnya sampah. Secara sederhana EGA disajikan dalam Gambar 5. Jenis-jenis tanaman yang dapat digunakan untuk *Ecotech Garden* antara lain:

1. *Cyperus papyrus* (teki ladang, rumput payung)
2. *Typha anguifolia* (rumput besar yang biasa tumbuh di rawa)
3. *Pontederia cordata*
4. *Cana* air (pisang Brazil), dan
5. Melati air



Sumber: Nchiehanie.com (2017)

Gambar 5. Prinsip Kerja *Ecotech Garden*

EGA di Kota Tangerang Selatan dapat diterapkan di permukiman padat penduduk dan tidak teratur, dan pada kompleks-kompleks perumahan, dimana air selokan tidak berfungsi, sehingga air selokan tidak berbau dan jernih, sehingga sanitasi lingkungan terjaga, yang akhirnya kualitas hidup penduduknya bertambah baik.

5. Implementasi Water Metabolism City

Dengan tumbuhnya perumahan spot-spot kecil yang tidak teratur dan tidak didukung oleh infrastruktur, maka akan mengakibatkan biaya transportasi (energi) lebih mahal, dan akhirnya berdampak pada kemahalan terhadap pangan (air dan nutrisi). Hal ini mengakibatkan pemborosan, yang akhirnya kualitas hidup penduduknya akan turun. Untuk itu digunakan konsep aliran materi perkotaan (*metabolism city*).

Untuk menuju Kota Tangerang Selatan yang berkelanjutan digunakan konsep aliran materi perkotaan (*metabolism city*). Aliran materi yang paling kritis saat ini adalah: aliran materi air, kemudian diikuti oleh aliran energi dan aliran makanan, sehingga konsep *metabolism city* khususnya *water metabolism city* dapat diimplementasikan di Kota Tangerang Selatan, yaitu dengan mengembangkan infrastruktur air, yang meliputi:

- a. Pembangunan Embung, yaitu suatu wadah untuk pemanenan air hujan. Air hujan yang jatuh di permukaan tanah ditampung terlebih dahulu sebelum masuk ke saluran pembuang. Tujuannya adalah agar air hujan yang jatuh tidak lekas di buang ke saluran pembuang, tetapi ditahan dengan embung (*retention pond*). Fungsi embung di samping sebagai penyimpanan air, juga berfungsi sebagai pengendali banjir. Implementasi dari embung di Kota Tangerang Selatan adalah di setiap kompleks perumahan dibuat minimal satu embung. Posisi embung disesuaikan dengan topografi kawasan, sehingga bisa dibagian hulu dari perumahan, bisa di bagian hilir dari perumahan. Dimensi embung disesuaikan dengan lahan yang tersedia.
- b. Pembangunan Instalasi Pengolah Limbah Domestik (IPLD); yaitu suatu wadah untuk menampung air sisa buangan baik dari domestik maupun nondomestik yang berasal dari kamar mandi dan dapur (*grey water*), kemudian diolah agar menjadi sumber air tentunya dengan kualitas air sesuai dengan baku mutu. IPLD dibangun secara komunal di kompleks-kompleks perumahan, mengingat banyak perumahan di Kota Tangerang Selatan yang belum mempunyai pengolah limbah domestik, hanya kompleks perumahan besar seperti BSD City, Alam Sutera, Gading Serpong, Bintaro Jaya, yang sudah mengolah limbahnya, sedangkan perumahan lain seperti Pamulang Permai, Bukit Pamulang

dan lain-lain belum mempunyai pengolah limbah domestik, air limbah langsung dibuang ke saluran pembuang.

Asumsi yang digunakan adalah setiap orang akan menghasilkan limbah air buangan sebesar 70% dari kebutuhan air, sedangkan untuk non domestik air buangannya adalah 10% dari kebutuhan air baku (Haug 1998). Pengembangan IPLD adalah: setiap RT dibangun satu IPLD, dimensi disesuaikan dengan kebutuhan air penduduk.

- c. Pengembangan Instalasi Pengolah Air Limbah Industri (IPLI); yaitu suatu wadah untuk menampung limbah sisa produksi industri yang besarnya 10% dari kebutuhan air baku industri (Haug, 1998). Limbah tersebut diolah kembali (*recycle*), kemudian dimanfaatkan tentunya dengan kualitas air sesuai dengan baku mutu. Asumsi yang dibangun adalah: untuk industri yang beragam, maka setiap industri membangun satu IPLI, tetapi bagi industri yang sejenis bisa membuat IPLI sistem komunal, dimensi disesuaikan dengan jumlah produksi limbah.

PENUTUP

Dalam aliran materi, air dianggap paling penting karena sangat penting untuk kelangsungan kehidupan, dan dalam hal massa, air merupakan komponen terbesar dari metabolisme perkotaan (*Metabolism city*). Konsep *metabolism city* tidak bisa berdiri sendiri, maka harus didukung dengan pendekatan yang lebih operasional, yaitu *water sensitive city*, dan *water metabolism city*. Konsep berfikir pendekatan *water sensitive city* adalah kota merupakan sebuah tampungan air. Semua air ditampung baik air hujan maupun air buangan yaitu buangan dari domestik maupun nondimestik, dan limbah hasil proses industri, kemudian dimanfaatkan secara optimal, sisanya disalurkan ke saluran pembuang sebagai *mandatory flow*.

Kota Tangerang Selatan yang letaknya berdampingan dengan Jakarta atau daerah pinggiran (*urban fringe*) mengalami *urban spraw*, yaitu pertumbuhan kota yang tidak teratur, acak seperti lompatan katak (*leap frog*), akibat keterbatasan sumber daya lahan. Kondisi tersebut menjadikan Kota Tangerang Selatan menjadi kota yang tidak efisien apabila ditinjau dari aspek aliran materi (air, energi, dan pangan).

Upaya-upaya yang dilakukan agar Kota Tangerang Selatan agar berkelanjutan adalah dengan menggunakan paradigma kepedulian air melalui konsep *water metabolism city* meliputi enam aspek, yaitu: (a) integrasi berbagai bidang, (b) keterpaduan antara penataan ruang dengan pengelolaan sumber daya air, (c) peningkatan peran antar lembaga, (d) penerapan *echotech garden*, (e) implementasi *water metabolism city*, sehingga tujuan *Sustainable Development Goals* (SDGs) terutama tujuan keenam yaitu: menjamin ketersediaan air bersih dan sanitasi yang berkelanjutan untuk semua orang dapat tercapai.

REFERENSI

- Badan Lingkungan Hidup Daerah. (2011). *Kajian hidrogeologi Kota Tangerang Selatan. Tangerang Selatan: Badan Lingkungan Hidup Kota Tangerang Selatan.*
- Badan Pusat Statistik (BPS). (2017). *Kota Tangerang Selatan dalam angka 2016. Tangerang Selatan: Badan Pusat Statistik Kota Tangerang Selatan.*
- Boyle, C., Mudd, G., Mihelcic, J.R., Anastas, P. & Collins. (2010). Delivering sustainable infrastructure that supports the urban built environment. *Environmental Science and Technology*, 44, 4836-4840.
- Decker, E.H., Elliott, S., Smith, F.A., Blake, D.R. & Rowland, F.S. (2000). Energy and material flow through the urban ecosystem. *Annual Review of Energy and the Environment*, 25, 685-704.
- Dinas Bina Marga dan Sumber daya Air. (2010). *Laporan tahunan Dinas Bina Marga dan Sumber Daya Air Kota Tangerang Selatan tahun 2008.* Kota Tangerang Selatan.
- Dunn, W.N. (2003). *Pengantar analisis kebijakan publik.* Yogyakarta: Gadjahmada University Press.
- Girardet, H. (2003). Cities, people planet. In Steven Vertovec, D.A.P. *Globalization, globalism, environment, and environmentalism: Consciousness of connections.* United Kingdom: Oxford University Press, USA.
- Gordon, R.B., Bertram, M. & Graedel, T.E. (2006). Metal stocks and sustainability. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 103, 1209-1214.
- Himawan, H. (2012). Hutan penyelamat Pulau Jawa. *Seminar dalam rangka reuni 50 tahun Emas Fakultas Kehutanan UGM, Jogjakarta.*

- Haug, H.P. (1998). *Water supply engineering, centre for infrastructure planning*. University of Stuttgart.
- Karyana, A. (2007). *Analisis posisi dan peran lembaga serta pengembangan kelembagaan di Daerah Aliran Sungai (DAS) Ciliwung*. (Disertasi) Sekolah Pascasarjana IPB. Bogor.
- Kennedy, C., Cuddihy, J., & Engel-Yan, J. (2007). The changing metabolism of cities. *Journal of Industrial Ecology*, 11, 43-59.
- Nchiehanie.com. (2017). *Ecotech garden solusi pengolahan grey water*. Diakses melalui <https://www.nchiehanie.com/ecotech-garden-solusi-pengolahan-grey-water/>
- Paolini F. & Cecere C. (2015). *Improvement of urban water metabolism at the district level for a Mediterranean Compact City*. Proceeding Cisbat 2015, Lausanne- Switzerland. 481-486.
- Purwanto, M.Y.J. & Susanto, A. (2014). *Pengelolaan Sumber Daya Air* (Edisi pertama). Tangerang Selatan: Universitas Terbuka..
- Rees, W.E. (1999). The built environment and the ecosphere: A global perspective. *Building Research & Information*, 27, 206–220.
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å. & Chapin, F.S. (2009). A safe operating space for humanity. *Nature*, 461, 472-475.
- Sawiyo. (2013). *Penyusunan kriteria kesesuaian dan dampak pengembangan dam parit terhadap kondisi hidrologi DAS Ciliwung Hulu*. (Tesis). Pascasarjana IPB, Bogor.
- Sinukaban, N. (2005, Januari 24)). Jakarta banjir karena salah urus DAS Ciliwung. *Kompas*..

- Sobar, A. (2007). *Kajian pengaruh alih fungsi lahan terhadap debit aliran di DAS Ciliwung Kawasan se Bopunjur dengan pendekatan indeks konservasi*. Bandung: Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan ITB.
- Susanto, A., Rusdianto, E. & Sumartono. (2016). Strategi kebijakan pengelolaan situ berkelanjutan (Studi Kasus Situ Kedaung, Kecamatan Pamulang, Kota Tangerang Selatan). *Jurnal Limnotek Perairan Darat Tropis di Indonesia*, 23(2), 50-60.
- Susanto, A. (2017). Meningkatkan water resilience untuk menunjang Smart City. Dalam *Optimalisasi Peran sains dan Teknologi untuk Mewujudkan Smart City*. Jakarta: Universitas Terbuka
- United Nations World Water Assessment Programme. (2015). The *United Nations world water development report 2015: water for a sustainable world*. Paris: Unesco. Diakses melalui <http://unesdoc.unesco.org/images/0023/002318/231823E.pdf>.
- Wong, T.H.F. & Brown, R. (2008). Transitioning to Water Sensitive Cities: Ensuring Resilience trough a new Hydro-Sosial Contract. *11th International Conference on Urban Drainage*. Edinberg, Scotland, UK. 1-10.
- Wong, T.H.F. & Brown, R. (2009). The water sensitive city: principles for practice. *Water Science and Technology*, 60(3), 673-682



Pengambilan Keputusan *Incomplete N-Soft Sets*
pada Data untuk Mengukur Indikator
Sustainable Development Goals
(Fatia Fatimah)

Inovasi Industri Asuransi
dalam Pembangunan Infrastruktur
untuk Menunjang Indeks Pembangunan Manusia
di Indonesia
(Pramono Sidi)

PENGAMBILAN KEPUTUSAN *INCOMPLETE N-SOFT SETS* PADA DATA UNTUK MENGUKUR INDIKATOR *SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS*

Fatia Fatimah
(fatia@ecampus.ut.ac.id)

PENGANTAR

Data dapat dibedakan berdasarkan kejelasan tipe data yaitu data pasti dan data tidak pasti. Data pasti merupakan data yang secara makna tidak ambigu. Contohnya, data pribadi mahasiswa seperti nama, usia, latar belakang pendidikan, dan alamat. Sebaliknya, data yang tidak pasti merupakan data yang secara pemaknaan dapat lebih dari satu interpretasi. Contohnya, perempuan cantik, lelaki tinggi, sementara penilaian cantik dan tinggi relatif untuk setiap individu. Contoh lain dalam pengambilan keputusan bisnis antara lain mitra terpercaya, rekan kerja penuh tanggung jawab, konsumen potensial. Meskipun data dapat bersifat tidak tentu dalam hal nilai namun teknik dan model penyelesaian masalahnya harus tetap runut dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah. Diantaranya, probabilitas, interval matematika, *fuzzy sets*, *rough sets*, *vague sets*, dan *soft sets* serta perluasan dan kombinasi dari berbagai cabang ilmu lainnya.

Teori *soft set* diperkenalkan pertama kali oleh Molodtsov (1999). Selanjutnya teori *soft set* terus berkembang dan mengalami berbagai perluasan pada berbagai bidang diantaranya struktur aljabar (Mohamed, Ahmad, & Shamsuddin, 2014), masalah pengambilan keputusan (Kong, Zhang, Wang, Wu, Qi, & Wang, 2014; Hakim, Saari, & Herawan, 2014a-2014b; Akram & Shahzadi, 2016; Alcantud 2016a; Atagun, Kamacı, & Oktay, 2016; Ma, Liu, & Zhan, 2016; Alcantud & Santos-García, 2017; Fatimah, Rosadi, & Hakim, 2018), *rules mining* (Feng, Cho, Pedrycz, Fujita, & Herawan, 2016), *fuzzy soft sets* dan perluasannya (Peng & Yang, 2015a; Alcantud, 2016a-2016c), *rough sets* (Zhan & Zhu, 2015; Zhan, Liu, & Zhu, 2016; Zhan, Liu, & Herawan, 2017), *neutrosophic soft sets* (Deli, Eraslan, & Cagman,

2016), *forecasting* (Xu, Xiao, Dang, Yang, & Yang, 2014), *social choice* (Fatimah, Rosadi, Hakim, & Alcantud, 2017b), *dual probabilistic soft sets* (Fatimah, Rosadi, Hakim, & Alcantud, 2017a), *N-Soft Sets* (Fatimah, Rosadi, Hakim, & Alcantud, 2018) dan lain-lain.

SDGs (*Sustainable Development Goals*) merupakan agenda pembangunan seluruh negara untuk kesejahteraan manusia dan planet bumi. Data yang terkumpul diharapkan bersifat transparan, dan inklusif tanpa memihak kepentingan atau masyarakat tertentu. Sebagai sebuah program pembangunan berkelanjutan, SDGs memiliki 17 tujuan dengan 169 target. Semua target tersebut terukur dengan tenggat waktu yang telah disepakati bersama. Oleh karena itu, sangat wajar terjadi jika ditemui data tidak lengkap karena berbagai penyebab. Contoh data tidak lengkap dapat dilihat pada contoh-contoh kasus di dalam tulisan ini. Lebih detailnya, tulisan ini akan membahas penilaian *N-soft set* yang merupakan pemeringkatan *N*-nilai pada teori *soft set* khususnya untuk data yang tidak lengkap.

PEMBAHASAN

Soft Set & Incomplete Soft Set

Pada bagian ini disajikan secara ringkas tentang teori *soft sets*, meliputi definisi *soft set* standar, pengambilan keputusan *soft sets*, dan *incomplete soft set*. Notasi umum yang digunakan pada artikel ini adalah U menyatakan objek, E menyatakan parameter (dapat berupa angka, fungsi, kumpulan kata, dll.), A merupakan himpunan parameter dimana $A \subseteq E$. *Soft set* didefinisikan sebagai berikut.

Definisi 1 (Molodtsov, 1999). (F, A) dikatakan *soft set* atas U jika F adalah pemetaan dari himpunan A ke himpunan semua subset dari U , yakni $F: A \rightarrow 2^U$.

Soft set atas U merupakan keluarga parameter dari subset himpunan U dinotasikan dengan $F(e), \forall e \in A$. Dengan kata lain, keluarga parameter merupakan perkiraan deskripsi terhadap parameter A yang dipilih/ditentukan oleh pengambil keputusan atau individu.

Prosedur pengambilan keputusan *soft set* memerlukan representasi *soft set* dalam bentuk tabel. Pada tabular *soft set*, objek dinyatakan dalam bentuk baris, parameter dalam bentuk kolom dan isi sel tabel merupakan nilai objek berdasarkan parameter yang bersesuaian. Pada *soft set* standar, pertemuan baris u_i dan kolom e_j bernilai 1 jika dan hanya jika $u_i \in F(e_j)$, dan bernilai 0 untuk sel lainnya dimana $u_i \in U, e_j \in A$. Untuk lebih jelasnya, perhatikan Contoh ilustrasi berikut.

Contoh 1. Misalkan objek $U = \{u_i\}, i = 1, 2, 3$ menyatakan tahun 2007, 2011, dan 2014. Misalkan parameter $E = \{e_j\}, j = 1, 2, 3, 4$ merupakan indikator SDGs nomor 10.3.1 (UNDP, 2015) yaitu rasio siswi dibandingkan siswa secara berurutan pada Sekolah Dasar (SD), Sekolah Menengah Pertama (SMP), Sekolah Menengah Atas (SMA) dan Perguruan Tinggi (PT) dengan tipe target meningkat dari tahun sebelumnya untuk setiap parameter. *Soft set* contoh ini didefinisikan sebagai berikut.

$$F(e_1) = \{u_3\}, F(e_2) = \{u_2\}, F(e_3) = \{u_2\}, F(e_4) = \{u_1, u_2, u_3\}$$

Artinya target peningkatan rasio siswi dibandingkan siswa tercapai untuk SD pada tahun 2014 ($F(e_1) = \{u_3\}$), SMP pada tahun 2011 ($F(e_2) = \{u_2\}$), SMA juga pada tahun 2011 ($F(e_3) = \{u_2\}$), sedangkan untuk PT tercapai pada tahun 2007, 2011 dan 2014 ($F(e_4) = \{u_1, u_2, u_3\}$). Tabular *soft set* disajikan pada Tabel 1. Angka 0 menyatakan ‘menurun’ dan angka 1 berarti sesuai target yaitu ‘meningkat’.

Tabel 1. Tabular *Soft Set* Indikator SDGs

$U \setminus E$	e_1	e_2	e_3	e_4
u_1	0	0	0	1
u_2	0	1	1	1
u_3	1	0	0	1

Data dalam Tabel 1 tersebut dibaca bahwa pada tahun 2007 (u_1) hanya indikator SDGs nomor 3.1.4 (e_4) yang mengalami peningkatan. Pada tahun 2011 (u_2) terdapat tiga indikator yaitu indikator nomor 3.1.2 sampai 3.1.4 (e_2, e_3, e_4) yang mengalami peningkatan. Sementara pada tahun 2014 (u_3) indikator SDGs nomor 3.1.1 (e_1) dan 3.1.4 (e_4) mengalami peningkatan dari tahun sebelumnya.

Informasi atau nilai dapat hilang atau tidak lengkap. Hal ini dapat dikarenakan faktor keamanan, kesalahan input data, atau alasan lainnya. Pengambilan keputusan menggunakan teori *soft set* berdasarkan kelengkapan data dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok besar yaitu pengambilan keputusan *soft set* dan *incomplete soft set*. Pengambilan keputusan *soft set* diperkenalkan pertama kali oleh Maji, Roy & Biswas (2002) dengan mereduksi parameter menggunakan pendekatan *rough set*. Keputusan diambil dengan memperhatikan *choice values* terbaik. *Choice value* sebuah objek merupakan jumlah nilai yang diperoleh objek berdasarkan semua parameter yang terkait. Selanjutnya, pengambilan keputusan *soft set* berkembang sesuai dengan perluasan teori *soft set*. Salah satunya, kombinasi teori ini dengan *fuzzy set* yang menghasilkan *fuzzy soft set*. Prosedur pengambilan keputusan *fuzzy soft set* diperkenalkan oleh Roy & Maji (2007) yang selanjutnya direvisi (Kong et al., 2009; Feng, Jun, Liu, & Li, 2010; Alcantud, 2015).

Solusi *soft set* untuk data tidak lengkap (*incomplete soft set*) akan berbeda dengan *soft set* standar karena *soft set* standar hanya berlaku untuk data yang lengkap (Maji et al., 2002). Hal ini dilakukan agar tidak terjadi salah interpretasi atau pengambilan keputusan. *Incomplete soft set* didefinisikan oleh Han, Li, Liu, Geng, & Li (2014) sebagai berikut.

Definisi 2 (Han et al., 2014) (F^*, A) dikatakan *incomplete soft set* atas U jika F^* adalah pemetaan $F^*: A \rightarrow \{0, 1, *\}^U$ dimana $\{0, 1, *\}^U$ adalah himpunan semua fungsi dari U ke $\{0, 1, *\}^U$.

Entri tabel yang tidak diketahui disimbolkan dengan tanda bintang (*). Berikut contoh *incomplete soft set*.

Contoh 2. Perhatikan U, E seperti pada Contoh 1. Misalkan pada tahun 2007 tidak diketahui rasio siswi dibandingkan siswa pada sekolah dasar dan pada tahun 2011 tidak terdapat data rasio mahasiswi dibandingkan mahasiswa pada perguruan tinggi di Kota Padang, Sumatera Barat. Hal ini diduga terjadi karena adanya kesalahan input (*human error*). Tabular contoh ini disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Tabular *Incomplete Soft Set* Indikator SDGs

$U \setminus E$	e_1	e_2	e_3	e_4
u_1	*	0	0	1
u_2	0	1	1	*
u_3	1	0	0	1

Berikut beberapa penelitian yang membahas pengambilan keputusan untuk *incomplete soft sets*. Pada Zou & Xiao (2008), analisis data menggunakan probabilitas rata-rata terbobot untuk memprediksi keputusan atau nilai pilihan pada *incomplete soft set*. Data akhir tetap tidak lengkap. Tahun 2012, Qin, Ma, Herawan, & Zain mengusulkan metode *data filling approach for incomplete soft sets* (DFIS). Metode ini bertujuan untuk meramalkan data yang hilang dengan menggunakan asosiasi antara parameter. Jika tidak terdapat asosiasi antar parameter atau asosiasinya lemah maka menggunakan probabilitas. Selanjutnya, Kong et al. (2014) merevisi algoritma Qin et al. (2012) agar tahap dan perhitungannya menjadi lebih sederhana. Namun, dari segi akurasi, Qin et al. (2012) lebih akurat dibandingkan Kong et al. (2014). Pada tahun 2016, Khan, AlGaradi, Abdul Wahab, & Herawan (2016) mengusulkan *alternative data filling approach for incomplete soft sets* (ADFIS). Alternatif yang ditawarkan pada penelitian tersebut, Khan et al. (2016) sama sekali tidak menggunakan probabilitas seperti halnya Qin et al. (2012) akan tetapi bergantung sepenuhnya pada keandalan hubungan antar parameter.

Penjelasan di atas merupakan pengambilan keputusan untuk penilaian biner (0 dan 1) dan interval tertutup $[0,1]$. Namun faktanya, penilaian yang digunakan untuk pengambilan keputusan tidak hanya berkisar antara 0 dan 1. Dalam kehidupan sehari-hari kita dapat menemui pemeringkatan ketika mengevaluasi sesuatu. Misalnya peringkat bintang empat atau lima untuk jenis film yang dinilai bagus atau sangat bagus. Dengan demikian, secara umum, dapat dinyatakan sebagai pemeringkatan hingga ke- N . Penilaian karakteristik objek *soft set* dalam bentuk pemeringkatan N -ary disebut *N-soft set* (Fatimah et al., 2018).

N-Soft Set & Incomplete N-Soft Set

Beberapa definisi *N-soft set* sebagai bentuk perluasan model *soft set* beserta prosedur pengambilan keputusan *N-soft set* dijelaskan secara ringkas. Notasi umum yang digunakan pada bagian ini sebagai berikut:

$U = u_i, i = 1, 2, \dots, m$: himpunan berhingga objek,

E : himpunan berhingga parameter

$A = e_j, j = 1, 2, \dots, n$: subset dari E

$R = \{0, 1, \dots, N-1\}$: himpunan nilai terurut dimana $N \in \{2, 3, \dots\}$.

Definisi 3 (Fatimah et al., 2018). *N-soft set* pada U , dinotasikan dengan (F, A, N) , didefinisikan sebagai pemetaan $F: A \rightarrow 2^{U \times R}$ dimana untuk setiap $e \in A$ terdapat tepat satu $(u, r_e) \in U \times R$ sedemikian sehingga $(u, r_e) \in F(e) \in U, r_e \in R$.

Setiap objek u pada U menerima tepat satu penilaian di $R = \{0, 1, \dots, N-1\}$ untuk sebarang parameter e . Dengan kata lain, nilai tunggal r_e untuk $(u, r_e) \in F(e)$. Notasi $(u, r_e) \in F(e)$ dapat juga dinotasikan dengan $F(e)(u) = r_e$. Seperti halnya *soft set* ditampilkan dalam bentuk tabular, *N-soft set* juga dapat disajikan dalam bentuk tabel. Tabular *N-soft set* berupa baris u_i , kolom e_j , dan isi sel tabel r_{ij} yaitu $F(e_j)(u_i) = r_{ij}$.

Tabel 3. Tabular *N*-soft set

(F, A, N)	e_1	e_2	...	e_n
u_1	r_{11}	r_{12}	...	r_{1n}
u_2	r_{21}	r_{22}	...	r_{2n}
...
u_m	r_{m1}	r_{m2}	...	r_{mn}

Pengambil keputusan terkadang membuat penilaian yang menjadi batas ambang minimal. Misalnya, untuk menargetkan kualitas produk yang siap dilepas ke pasar, produsen hanya menjual produk yang memiliki tahan uji 95%. Ambang batas (*threshold*) juga berguna untuk mereduksi waktu dan biaya dengan cara mempercepat proses pemilihan. Hal ini dikarenakan, beberapa alternatif terbuang sekaligus. Contoh sederhana, seseorang yang ingin menonton film di bioskop hanya berfokus pada alternatif film yang mendapat peringkat minimum 4 oleh pengamat film dengan skala peringkat dari 0 sampai 5.

Pada SDGs, *threshold* menjadi tolak ukur yang sangat penting untuk menilai ketercapaian setiap indikator. Kriteria air dapat dinyatakan layak minum adalah air ledeng (air keran) eceran/meteran, air hujan, dan pompa/sumur terlindung dengan jarak ke tempat penampungan kotoran/tinja lebih besar atau sama dengan 10 meter (Badan Pusat Statistik). Jarak sepuluh meter merupakan *threshold*.

N-soft set juga mempertimbangkan *threshold* sebagai salah satu solusi dalam pengambilan keputusannya. *Threshold* pada *N*-soft set didefinisikan sebagai berikut.

Definisi 4 (Fatimah et al., 2018). Misalkan $0 < T < N$ adalah *threshold* pada (F, A, N) . *N*-soft set yang terkait dengan (F, A, N) dan T dilambangkan dengan (F^T) , dan didefinisikan sebagai $u \in F^T(e)$ jika dan hanya jika $r_e \geq T$ dengan $(u, r_e) \in F(e)$. Dengan kata lain,

$$(F^T, A) = \begin{cases} 1, & \text{jika } r_e \geq T \\ 0, & \text{selainnya.} \end{cases}$$

Selanjutnya kita sajikan kembali beberapa operasi dasar *N-soft set* (Definisi 5 sampai Definisi 9). Operasi-operasi ini bermanfaat untuk pembahasan tentang *incomplete N-soft set*.

Definisi 5 (Fatimah et al., 2018). Komplemen lemah *N-soft set* (F, A, N) adalah sebarang *N-soft set*, (F^e, A, N) dimana $F^e(e) \cap F(e) = \emptyset$, untuk setiap $e \in A$.

Definisi 6 (Fatimah et al., 2018). *Restricted intersection* (F, A, N_1) dan (G, B, N_2) , dinotasikan dengan $(F, A, N_1) \cap_R (G, B, N_2)$ didefinisikan sebagai $(J_{RI}, A \cap B, \min(N_1, N_2))$ dimana untuk setiap $u \in U, e \in A \cap B$ berlaku sebagai berikut $(u, r_e) \in J_{RI}(E) \leftrightarrow r_e = \min(r_e^{(1)}, r_e^{(2)})$.

Definisi 7 (Fatimah et al., 2018). *Extended intersection* (F, A, N_1) dan (G, B, N_2) , dinotasikan dengan $(F, A, N_1) \cap_E (G, B, N_2)$ didefinisikan sebagai $(J_{EI}, A \cup B, \max(N_1, N_2))$ dimana untuk setiap $u \in U, e \in A \cup B$ berlaku sebagai berikut:

$$J_{EI}(e) = \begin{cases} F(e) & \text{jika } e \in A \setminus B \\ G(e) & \text{jika } e \in B \setminus A \\ (u, r_e), r_e = \min(r_e^{(1)}, r_e^{(2)}), & \text{jika } e \in A \cap B \end{cases}$$

Definisi 8 (Fatimah et al., 2018). *Restricted union* (F, A, N_1) dan (G, B, N_2) , dinotasikan dengan $(F, A, N_1) \cap_R (G, B, N_2)$ didefinisikan sebagai $(J_{RU}, A \cap B, \min(N_1, N_2))$ dimana untuk setiap $u \in U, e \in A \cap B$ berlaku sebagai berikut $(u, r_e) \in J_{RU}(e) \leftrightarrow r_e = \max(r_e^{(1)}, r_e^{(2)})$.

Definisi 9 (Fatimah et al., 2018). *Extended union* (F, A, N_1) dan (G, B, N_2) , dinotasikan dengan $(F, A, N_1) \cap_E (G, B, N_2)$ didefinisikan sebagai $(J_{EU}, A \cup B, \max(N_1, N_2))$ dimana untuk setiap $u \in U, e \in A \cup B$ berlaku sebagai berikut:

$$J_{EU}(e) = \begin{cases} F(e), & \text{jika } e \in A \setminus B \\ G(e), & \text{jika } e \in B \setminus A \\ (u, r_e), r_e = \max(r_e^{(1)}, r_e^{(2)}), & \text{jika } e \in A \cap B \end{cases}$$

Selanjutnya disajikan algoritma pengambilan keputusan *N-soft set* yang diusulkan oleh Fatimah et al. (2018) yaitu algoritma *extended choice values*, *extended weight choice values*, *T-extended choice values*. Hal ini berguna sebagai motivasi pembuatan prosedur pengambilan keputusan untuk *incomplete N-soft set*.

Algoritma *Extended Choice Values*

1. Input himpunan objek $U = \{u_i, i = 1, 2, \dots, m\}$, dan himpunan parameter $A = \{e_j, j = 1, 2, \dots, n\}$
2. Input *N-soft set* (F, A, N) , dengan $R = \{0, 1, \dots, N-1\}, N \in \{2, 3, \dots\}$ sedemikian sehingga $\forall u_i \in U, e_j \in A, \exists |r_{ij} \in R$.
3. Untuk setiap u_i hitung ECV yaitu $\sigma_i = \sum_{j=1}^n r_{ij}$
4. Tentukan jenis keputusan:
 - a. Jika keputusan bersifat tunggal maka temukan $k, \sigma_k = \max(\sigma_i)$, Sehingga u_k adalah objek pilihan optimal. Jika diperoleh lebih dari satu indeks k , maka sebarang objek dari k dapat dipilih oleh pengambil keputusan.
 - b. Jika keputusan bersifat tidak tunggal maka urutkan u_i berdasarkan nilai σ_i dari tertinggi hingga terendah. Sehingga objek direkomendasikan sesuai urutan u_i .

Algoritma *Extended Weight Choice Values*

1. Input himpunan objek $U = \{u_i, i = 1, 2, \dots, m\}$, dan himpunan parameter $A = \{e_j, j = 1, 2, \dots, n\}$ dengan bobot $w_j \in (0, 1]$ untuk setiap j .
2. Input *N-soft set* (F, A, N) , dengan $R = \{0, 1, \dots, N-1\}, N \in \{2, 3, \dots\}$, sedemikian sehingga $\forall u_i \in U, e_j \in A, \exists |r_{ij} \in R$.
3. Untuk setiap u_i hitung EWCV yaitu $\sigma_i^w = \sum_{j=1}^n w_j r_{ij}$
4. Tentukan jenis keputusan:
 - a. Jika keputusan bersifat tunggal maka temukan $k, \sigma_k^w = \max(\sigma_i^w)$.
Sehingga u_k adalah objek pilihan optimal. Jika diperoleh lebih dari satu indeks k , maka sebarang objek dari k dapat dipilih oleh pengambil keputusan.
 - b. Jika keputusan bersifat tidak tunggal maka urutkan u_i berdasarkan nilai σ_i dari tertinggi hingga terendah. Sehingga objek direkomendasikan sesuai urutan u_i .

Algoritma *T-Extended Choice Values*

1. Input himpunan objek $U = \{u_i, i = 1, 2, \dots, m\}$, dan himpunan parameter $A = \{e_j, j = 1, 2, \dots, n\}$.
2. Input *N-soft set* (F, A, N) , dengan $R = \{0, 1, \dots, N-1\}, N \in \{2, 3, \dots\}$, sedemikian sehingga $\forall u_i \in U, e_j \in A, \exists |r_{ij} \in R$.
3. Input angka *threshold* yang diinginkan yaitu T dimana $0 < T < N$.
4. Hitung nilai r_{ij}^T dengan cara $r_{ij}^T = \begin{cases} 1, & \text{jika } r_{ij} \geq T \\ 0, & \text{selainnya.} \end{cases}$
5. Untuk setiap u_i hitung T-ECV yaitu $\sigma_i^T = \sum_{j=1}^n r_{ij}^T$.
6. Tentukan jenis keputusan:
 - a. Jika keputusan bersifat tunggal maka temukan $k, \sigma_k^T = \max(\sigma_i^T)$.
Sehingga u_k adalah objek pilihan optimal. Jika diperoleh lebih dari

- satu indeks k , maka sebarang objek dari k dapat dipilih oleh pengambil keputusan.
- b. Jika keputusan bersifat tidak tunggal maka urutkan u_i berdasarkan nilai σ_i dari tertinggi hingga terendah. Sehingga objek direkomendasikan sesuai urutan u_i .

Pada Definisi 3, skor 0 bukan menyatakan data yang hilang melainkan representasi peringkat terendah. Sedangkan data tidak lengkap pada N -soft set dinamakan *incomplete N-soft set*. Definisinya dijelaskan sebagai berikut.

Definisi 10 (Fatimah et al., 2018) Jika untuk setiap $e \in A$ dan $u \in U$ pada N -soft set terdapat setidaknya satu $(u, r_e) \in U \times R$ sedemikian sehingga $(u, r_e) \in F(e)$ maka disebut *incomplete N-soft set* dinotasikan dengan (F^*, A, N) .

Pengambilan Keputusan *Incomplete N-Soft Sets*

Pada bagian ini, pengambilan keputusan *incomplete N-soft set* diperkenalkan. Algoritma yang dibuat terinspirasi dan modifikasi hasil penelitian sebelumnya yaitu penelitian Qin et al. (2012) ke dalam *incomplete N-soft set*. Algoritma tersebut diberi nama *data filling approach for incomplete N-soft sets* (DFIN).

Algoritma DFIN:

1. Input himpunan objek $U = \{u_i, i = 1, 2, \dots, m\}$, dan himpunan parameter $A = \{e_j, j = 1, 2, \dots, n\}$.
2. Input *incomplete N-soft set* (F^*, A, N) , dengan $R = \{0, 1, \dots, N-1\}$, $N \in \{2, 3, \dots\}$, sedemikian sehingga $\forall u_i \in U, e_j \in A, \exists r_{ij} \in R$.
3. Input angka *threshold* yang diinginkan yaitu T dimana $0 < T < N$ dan λ dimana $0 \leq \lambda \leq 100\%$.
4. Hitung nilai r_{ij}^T dengan cara $r_{ij}^T = \begin{cases} 1, & \text{jika } r_{ij} \geq T \\ 0, & \text{selainnya} \end{cases}$

5. Tentukan kolom ke- j yang memiliki data tidak lengkap yaitu $r_{ij}^T = *$.
6. Tentukan derajat asosiasi dengan cara $D_{ij} = \max\{CD_{ij}, ID_{ij}\}$.

Dengan, $CD_{ij} = \frac{CN_{ij}}{|U_{ij}|}$, dan $ID_{ij} = \frac{IN_{ij}}{|U_{ij}|}$

Dimana, $CN_{ij} = \left| \left\{ u, F^*(a_i) = F^*(a_j), u \in U_{ij} \right\} \right|$, dan

$$IN_{ij} = \left| \left\{ u, F^*(a_i) \neq F^*(a_j), u \in U_{ij} \right\} \right|.$$

7. Tentukan derajat asosiasi maksimal yaitu $D_i = \max\{D_{ij}\}$.
8. Jika $\lambda \geq |D_i|$ maka prediksi data tidak lengkap berdasarkan kekonsistenan atau ketidakkonsistena nilai elemen antara dua paremeter yang dibandingkan.
9. Jika $|D_i| < \lambda$ maka $p_1 = \frac{n_1}{n_1 + n_0}$ dan $p_0 = \frac{n_0}{n_1 + n_0}$.
10. Stop jika semua data tidak lengkap sudah diprediksi, kembali ke langkah 5 jika sebaliknya
11. Untuk setiap u_i hitung T-ECV yaitu $\sigma_i^T = \sum_{j=1}^n r_{ij}^T$.
12. Tentukan jenis keputusan:

- a. Jika keputusan bersifat tunggal maka temukan k , $\sigma_k^T = \max(\sigma_i^T)$.
 Sehingga u_k adalah objek pilihan optimal. Jika diperoleh lebih dari satu indeks k , maka sebarang objek dari k dapat dipilih oleh pengambil keputusan.
- b. Jika keputusan bersifat tidak tunggal maka urutkan u_i berdasarkan nilai σ_i dari tertinggi hingga terendah. Sehingga objek direkomendasikan sesuai urutan u_i .

Keterangan simbol:

CN_{ij} : banyaknya elemen pada kolom ke- i yang memiliki nilai sama dengan kolom ke- j

$|U_{ij}|$: kardinalitas pasangan elemen antara parameter i dan j

- CD_{ij} : derajat kekonsistenan asosiasi antara parameter i dan j
- IN_{ij} : banyaknya elemen pada kolom ke- i yang memiliki nilai tidak sama dengan kolom ke- j
- ID_{ij} : derajat ketidakkonsistenan asosiasi antara parameter i dan j
- n_1 : banyaknya angka 1 pada kolom yang ada data tidak lengkap
- n_0 : banyaknya angka 0 pada kolom yang ada data tidak lengkap
- p_1 : peluang nilai 1
- p_0 : peluang nilai 0

Pada bagian ini, pengambilan keputusan *incomplete N-soft set* diterapkan pada data contoh ilustratif SDGs. Perhatikan contoh berikut.

Contoh 3. Misalkan dalam rangka mewujudkan pendidikan sebagai wahana pembangunan manusia, pengamatan dilakukan pada 5 provinsi yaitu u_1 sampai u_5 untuk enam kriteria yaitu:

- e_1 : meningkatkan akses layanan pendidikan, pelatihan, keterampilan untuk meningkatkan kualitas lembaga pendidikan formal;
- e_2 : meningkatkan pengelolaan dan penempatan guru secara tepat;
- e_3 : meningkatkan pemerataan akses pendidikan tinggi;
- e_4 : meningkatkan kualitas pendidikan tinggi;
- e_5 : meningkatkan relevansi dan daya saing pendidikan tinggi; dan
- e_6 : meningkatkan tata kelola kelembagaan perguruan tinggi

Penilaian ketercapaian indikator menggunakan peringkat 0 sampai 5, dimana nilai 5 merupakan nilai maksimal terjadi peningkatan sesuai yang diharapkan. Data disajikan seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Tabular 6-soft set Contoh 3

$(F^*, A, 6)$	e_1	e_2	e_3	e_4	e_5	e_6
u_1	4	3	3	4	5	4
u_2	4	*	3	4	4	4
u_3	4	2	3	3	4	4
u_4	*	3	2	3	4	3
u_5	3	0	2	*	3	2

Selanjutnya dengan *threshold* $T=4$, diperoleh perubahan Tabel 4 menjadi Tabel 5. Perhatikan bahwa untuk setiap angka yang lebih besar atau sama dengan 4 diganti menjadi angka 1 dan selebihnya 0.

Tabel 5. (F^4, A) Contoh 3

(F^4, A)	e_1	e_2	e_3	e_4	e_5	e_6
u_1	1	0	0	1	1	1
u_2	1	*	0	1	1	1
u_3	1	0	0	0	1	1
u_4	*	0	0	0	1	0
u_5	0	0	0	*	0	0

Pada Tabel 4 dan 5 diketahui bahwa kolom yang terdapat data tidak lengkap adalah parameter e_1, e_2 , dan e_4 . Dengan menerapkan Algoritma ADFIN diperoleh perhitungan D_{ij} seperti dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Perhitungan D_{ij} Contoh 3

	e_1	e_2	e_3	e_4	e_5	e_6
e_1	-	$-2/3$	$-3/4$	$2/3$	1	1
e_2	$-2/3$	*	1	$-1/3$	$-3/4$	$1/2$
e_4	$2/3$	$-1/3$	$1/2$	-	$1/2$	$3/4$

Berdasarkan Tabel 6, diperoleh derajat asosiasi maksimal untuk masing-masing parameter $e_1, e_2,$ dan e_4 . Rinciannya sebagai berikut.

$$D_1 = \max\left\{\frac{2}{3}, \frac{3}{4}, \frac{2}{3}, 1, 1\right\} = 1$$

$$D_2 = \max\left\{\frac{2}{3}, 1, \frac{1}{3}, \frac{3}{4}, \frac{1}{2}\right\} = 1$$

$$D_4 = \max\left\{\frac{2}{3}, \frac{1}{3}, \frac{1}{2}, \frac{3}{4}\right\} = \frac{3}{4}$$

Karena D_1 dan D_2 lebih besar dari λ maka prediksi data tidak lengkap berdasarkan kekonsistenan dan ketidakkonsistenan antara dua parameter terkait. Sedangkan diketahui $D_4 < \lambda$ sehingga prediksi nilai dicari dengan

probabilitas $p_0 = \frac{2}{2+2} = 1/2$. Hasil data lengkap dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. (F^A, A) Data Lengkap Contoh 3

(F^A, A)	e_1	e_2	e_3	e_4	e_5	e_6
u_1	1	0	0	1	1	1
u_2	1	0	0	1	1	1
u_3	1	0	0	0	1	1
u_4	1	0	0	0	1	0
u_5	0	0	0	1/2	0	0

Berdasarkan data pada Tabel 7, *choice values* maksimum ditunjukkan oleh u_1 dan u_2 . Oleh karena itu, keputusan yang diambil adalah provinsi pertama dan kedua.

PENUTUP

Pengambilan keputusan merupakan masalah yang selalu dan pasti ditemui oleh setiap individu. Penilaian terhadap karakteristik objek tidak terbatas dan tidak dapat dibatasi hanya pada dua pilihan biner yaitu iya dan tidak, hitam atau putih. Faktanya, penilaian dalam kehidupan sehari-hari terjadi

lebih kompleks. Evaluasi yang melibatkan berhingga peringkat tergantung kebutuhan, yang umum dikenal dengan *N-array*. Permasalahan pengambilan keputusan pasti didasari oleh data. Data dapat berupa simulasi atau fakta lapangan. Data yang terhimpun dapat lengkap atau ada bagian yang hilang.

Soft set sebagai sebuah teori yang dapat mengatasi ketidaktentuan dengan fleksibilitas parameternya berkembang menjadi *N-soft set* untuk mewartahi penilaian *N-array*, sehingga *incomplete N-soft set* merupakan kewajaran jika ditemui dalam kehidupan nyata. Pada bagian ini dijelaskan secara runtun mulai dari teori *soft set* stándar hingga pada penerapan algoritma untuk mengatasi *incomplete N-soft set* pada contoh ilustratif terkait indikator SDGs. Dengan demikian, *N-soft set* dapat disebut sebagai inovasi dalam bidang pengolahan data yang merupakan salah satu tujuan pembangunan berkelanjutan.

REFERENSI

- Akram, M., & Shahzadi, S. (2016). Novel intuitionistic fuzzy soft multiple-attribute decision-making methods. *Neural Computing and Applications*, 1-13.
- Alcantud, J. C. R. (2015). Fuzzy soft set based decision making: a novel alternative approach. *IFSA-EUSFLAT Conference Proceeding*, Atlantic Press, 106-111.
- Alcantud, J. C. R. (2016a). A novel algorithm for fuzzy soft set based decision making from multiobserver input parameter data set. *Information Fusion*, 29, 142-148.
- Alcantud, J. C. R. (2016b). Fuzzy soft set decision making algorithms: some clarifications and reinterpretations. O. Luaces, J. A. Gamez, E. Barrenechea, A. Troncoso, M. Galar, H. Quintian, E. Corchado (Ed.). *Advances in Artificial Intelligence: 17th Conference of the Spanish Association for Artificial Intelligence, CAEPIA 2016, Salamanca, Spain, September 14-16, 2016*. Proceedings, 479-488, Springer-Verlag.
- Alcantud, J. C. R. (2016c). Some formal relationships among soft sets, fuzzy sets, and their extensions. *International Journal of Approximate Reasoning*, 68, 45-53.
- Alcantud, J. C. R., & Santos-García, G. (2017). A new criterion for soft set based decision making problems under incomplete information. *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 10, 394-404.
- Atagun, A., Kamacı, H., & Oktay, O. (2016). Reduced soft matrices and generalized \cap products with applications in decision making. *Neural Computing and Applications*, 1-12.
- Deli, I., Eraslan, S., & Cagman, N. (2016). Ivnpiv-Neutrosophic soft sets and their decision making based on similarity measure. *Neural Computing and Applications*, 1-17.

- Fatimah, F., Rosadi, D., Hakim, RB. F., Alcantud, J. C. R. (2017a). Probabilistic soft sets and dual probabilistic soft sets in decision-making. *Neural Computing and Applications*. doi: 10.1007/s00521-017-3011-y.
- Fatimah, F., Rosadi, D., Hakim, RB. F., Alcantud, J. C. R. (2017b). A social choice approach to graded soft sets. *2017 IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE)*, 1-6. doi: 10.1109/FUZZ-IEEE.2017.8015428.
- Fatimah, F., Rosadi, D., Hakim, RB. F. (2018). Probabilistic soft sets and dual probabilistic soft sets in decision making with positive and negative parameters. *Journal of Physics: Conference Series*. doi: 10.1088/1742-6596/983/1/012112.
- Fatimah, F., Rosadi, D., Hakim, RB. F., Alcantud, J. C. R. (2018). N-soft sets and their decision making algorithms. *Soft Computing*, 22(12), 3829-3842.
- Feng, F., Jun, Y. B., Liu, X., & Li, L. (2010). An adjustable approach to fuzzy soft set based decision making. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 234, 10-20.
- Feng, F., Cho, J., Pedrycz, W., Fujita, H., & Herawan, T. (2016). Soft set based association rule mining. *Knowledge-Based Systems*, 111, 268-282.
- Hakim, R. B. F., Saari, E.N., & Herawan, T. (2014a). Soft solution of soft set theory for recommendation in decision making. *Recent Advances on Soft Computing and Data Mining*, 287, 313-324.
- Hakim, R. B. F., Saari, E.N., & Herawan, T. (2014b). On if-then multi soft sets-based decision making, *Information and Communication Technology. Lecture Notes in Computer Science*, 8407, 306-315.
- Han, B.-H., Li, Y.-M., Liu, J., Geng, S.-L & Li, H.-Y. (2014). Elicitation criterions for restricted intersection of two incomplete soft sets. *Knowledge-Based Systems*, 59:121–131, 2014.

- Khan, M.S., AlGaradi, M.A., Abdul Wahab, A.W., Herawan, T. (2016). An alternative data filling approach for prediction of missing data in soft sets (ADFIS). *SpringerPlus*, 5:1348, 1-20.
- Kong, Z., Gao, L., & Wang, L. (2009). Comment on "A fuzzy soft set theoretic approach to decision making problems". *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 223, 540-542.
- Kong, Z., Zhang, G., Wang, L., Wu, Z., Qi, S., & Wang, H. (2014). An efficient decision making approach in incomplete soft set. *Applied Mathematical Modelling*, 38, 2141-2150.
- Ma, X., Liu, Q., & Zhan, J. (2016). A survey of decision making methods based on certain hybrid soft set models. *Artificial Intelligence Review*, 1-24.
- Maji, P. K., Roy, A. R., & Biswas, R. (2002). An application of soft sets in a decision making problem. *Computers and Mathematics with Applications*, 44, 1077-1083.
- Mohamed, H., Ahmad, N. B. H., & Shamsuddin, S. M. H. (2014). Bijective soft set classification of student's learning styles. *Proceeding: 2014 8th. Malaysian Software Engineering Conference (MySEC)*, 289-294.
- Molodstov, D. (1999). Soft set-theory. *Computers and Mathematics with Applications*, 37, 19-31.
- Peng, X., & Yang, Y. (2015a). Approaches to interval-valued intuitionistic hesitant fuzzy soft sets based decision making. *Annals of Fuzzy Mathematics and Informatics*, 10(4), 657-680.
- Qin, H., Ma, X., Herawan, T., Zain, J.M. (2012). DFIS: a novel data filling approach for an incomplete soft set. *International Journal of Applied Mathematics and Computer Science*, 22(4), 817-828.
- Roy, A. R., & Maji, P. K. (2007). A fuzzy soft set theoretic approach to decision making problems. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 203, 412-418.

- UNDP. (2015). *Indicators and Data Mapping to Measure Sustainable Development Goals (SDGs) Target – UNDP in Indonesia*. Diakses dari <http://id.undp.org>.
- Xu, W., Xiao, Z., Dang, X., Yang, D., & Yang, X. (2014). Financial ratio selection for business failure prediction using soft set theory. *Knowledge-Based Systems*, 63, 59-67.
- Zhan, J., Liu, Q., & Herawan, T. (2017). A novel soft rough set: Soft rough hemirings and corresponding multicriteria group decision making. *Applied Soft Computing*, 54, 393-402.
- Zhan, J., Liu, Q., & Zhu, W. (2016). Another approach to rough soft hemirings and corresponding decision making. *Soft Computing*, 1-12.
- Zhan, J., & Zhu, K. (2015). Reviews on decision making methods based on (fuzzy) soft sets and rough soft sets. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 29, 1169-1176.
- Zou, Y., Xiao, Z. (2008). Data analysis approaches of soft sets under incomplete information. *Knowledge-Based Systems*, 21(8), 941–945.

INOVASI INDUSTRI ASURANSI DALAM PEMBANGUNAN INFRASTRUKTUR UNTUK MENUNJANG INDEKS PEMBANGUNAN MANUSIA DI INDONESIA

Pramono Sidi
(pram@ecampus.ut.ac.id)

PENGANTAR

Sumber daya manusia (SDM) merupakan salah satu faktor yang sangat penting bahkan tidak dapat dilepaskan dari sebuah organisasi, baik institusi maupun perusahaan. SDM adalah jumlah penduduk usia produktif pada suatu negara yang menjadi modal dalam pembangunan. Oleh karena itu SDM merupakan dasar dan barometer bagi perkembangan negara-negara di dunia. Saat ini SDM menjadi semakin penting, berkat adanya perubahan paradigma faktor utama produksi yang tidak lagi didominasi oleh produk fisik tetapi berubah menjadi produk-produk kreatifitas manusia. Pendidikan menjadi semakin krusial dan lapangan kerja semakin kompetitif. Indikator kualitas SDM ada empat, yaitu *capacity* (kapasitas kemampuan pekerja berdasarkan melek huruf dan edukasi), *deployment* (tingkat partisipasi pekerja dan tingkat pengangguran), *development* (tingkat pendidikan dan partisipasi pendidikan), dan *know-how* (tingkat pengetahuan dan kemampuan pekerja serta ketersediaan sumber daya).

Indikator *capacity* Indonesia berada di peringkat 64 dunia berdasarkan pada tingkat buta huruf dan kemampuan berhitung yang telah mencapai nilai 99,7 di golongan umur 15-24 tahun. Indikator selanjutnya adalah *deployment*, Indonesia berada pada peringkat 82 dunia dengan didasarkan pada nilai-nilai penyerapan SDM dan tingkat pengangguran di berbagai jenjang umur yang cukup tinggi. Bahkan di golongan umur paling produktif, 25-54 tahun, Indonesia masih berada di peringkat 99. Dalam hal, indikator *development* menjadi indikator terbaik untuk Indonesia dan menempati peringkat 53 dunia, karena Indonesia dinilai telah mampu membuat

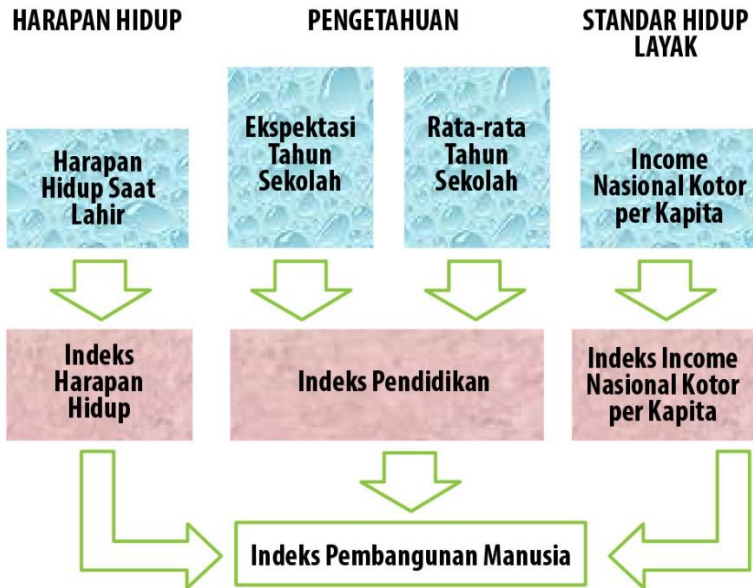
partisipasi pendidikan dasar mencapai nilai tinggi tetapi dalam hal kualitas pendidikan dasar, Indonesia mendapat nilai cukup rendah. Indikator terakhir adalah *know-how*, dalam hal ini Indonesia mendapat peringkat 80. Penilaian ini didasarkan pada tingkat penyerapan SDM berkemampuan tinggi, sementara Indonesia mayoritas telah mampu menyerap SDM berkemampuan menengah.

Konsep Pembangunan Manusia

Paradigma pembangunan yang sedang berkembang saat ini adalah pertumbuhan ekonomi yang diukur dengan pembangunan manusia yang dilihat dari tingkat kualitas hidup manusia di setiap negara. Salah satu tolok ukur yang digunakan dalam melihat kualitas hidup manusia adalah Indeks Pembangunan Manusia (IPM) yang diukur melalui kualitas tingkat pendidikan, kesehatan dan ekonomi (daya beli). Melalui peningkatan ketiga indikator tersebut diharapkan akan terjadi peningkatan kualitas hidup manusia. Hal ini dikarenakan adanya heterogenitas individu, disparitas geografi serta kondisi sosial masyarakat yang beragam sehingga menyebabkan tingkat pendapatan tidak lagi menjadi tolok ukur utama dalam menghitung tingkat keberhasilan pembangunan. Namun demikian, keberhasilan pembangunan manusia tidak dapat dilepaskan dari kinerja pemerintah yang berperan dalam menciptakan regulasi bagi tercapainya tertib sosial.

Pembangunan manusia, menurut UNDP, didefinisikan sebagai suatu proses yang ditujukan untuk memperluas pilihan-pilihan bagi penduduk (*people*). Dalam konsep ini, penduduk (manusia) sebagai tujuan akhir (*the ultimate end*) dan upaya pembangunan itu sendiri sebagai sarana utama (*principal means*) dalam rangka mencapai tujuan itu. Ciri-ciri pembangunan manusia adalah pertama, tentang masyarakat (*of people*), yakni pemberdayaan masyarakat yang diupayakan melalui investasi bidang-bidang pendidikan kesehatan, dan pelayanan sosial dasar lainnya; *kedua*, untuk masyarakat (*for people*), yakni pemberdayaan masyarakat yang diupayakan melalui penciptaan peluang kerja dan perluasan peluang berusaha (dengan cara memperluas kegiatan ekonomi suatu wilayah); *ketiga*, oleh masyarakat (*by*

people), yakni pemberdayaan masyarakat yang dapat meningkatkan harkat dan martabat melalui partisipasi dalam pengambilan keputusan di segala bidang, dalam arti menyangkut pengambilan keputusan dalam proses pembangunan.



Sumber: UI Haq (2002)

Gambar 1. Grand Design Indeks Pembangunan Manusia

IPM menempatkan Indonesia dalam kategori pembangunan manusia menengah. IPM Indonesia menunjukkan bahwa setelah begitu banyak kemajuan yang dicapai, langkah selanjutnya menuju pembangunan manusia yang tinggi adalah inklusi dan pengurangan kesenjangan, khususnya untuk provinsi terpencil antara laki-laki dan perempuan.

Secara matematika IPM dapat dimodelkan, sehingga dapat dihitung indeksnya. Ada beberapa tahapan yang harus dikerjakan dalam perhitungan matematikanya, yaitu :

- a. Tahap pertama adalah menghitung indeks masing-masing komponen IPM (harapan hidup, pengetahuan dan standar hidup layak) (Lihat Gambar 1).

$$\text{Indeks}(X_i) = \frac{(X_i - X_{\min})}{(X_{\max} - X_{\min})}$$

dimana :

X_i : Indikator komponen pembangunan manusia ke- i , $i = 1,2,3$

X_{\min} : Nilai minimum X_i

X_{\max} : Nilai maksimum X_i

- b. Tahap kedua adalah menghitung rata-rata dari masing-masing indeks X_i .

$$IPM = \frac{(\text{indeks } X_1 + \text{indeks } X_2 + \text{indeks } X_3)}{3}$$

dimana :

X_1 : Indeks angka harapan hidup

X_2 : Indeks tingkat pendidikan

X_3 : indeks standar hidup layak

- c. Tahap ketiga adalah menghitung reduksi Shortfall, yang digunakan untuk mengukur kecepatan perkembangan nilai IPM dalam suatu kurun waktu tertentu.

$$r = \left\{ \frac{(IPM_{t+n} - IPM_t)}{(IPM_{ideal} - IPM_t)} \right\} \frac{1}{n}$$

dimana :

IPM_t : IPM pada tahun t

IPM_{t+n} : IPM pada tahun $t+n$

IPM_{ideal} : 100

(Hakim, 2016)

Industri Perasuransian di Indonesia

Industri asuransi merupakan potensi sumber daya dan sumber dana dalam negeri yang belum dimanfaatkan secara optimal. Hal ini berbeda jika dibandingkan manufaktur dan perkembangan industri perbankan yang berjalan cukup pesat. Padahal industri asuransi dengan segala aspek dan bentuknya, sangat luas pengaruhnya terhadap aktivitas perekonomian pada umumnya. Industri asuransi berperan sebagai penghimpun sekaligus penggerak dana masyarakat melalui akumulasi premi yang diinvestasikan pada pelbagai aktivitas ekonomi guna menunjang pembangunan dan merupakan lembaga yang memberikan lapangan pekerjaan bagi masyarakat, selain itu industri asuransi juga merupakan objek bagi pemasukan keuangan negara.

Asuransi berarti jaminan terhadap risiko. Ada dua sisi yang berbeda dalam mengartikan risiko. Di satu sisi dapat berarti kerugian dan disisi lain berarti ketidakpastian. Pencurian, penggelapan dan keputusan pengadilan yang bersifat merugikan sehingga menyebabkan kerugian kekayaan merupakan bentuk langsung dari kerugian ekonomi. Kematian, cacat, pemecatan dan pengangguran merupakan bentuk-bentuk kerugian pendapatan. Konsep risiko dalam pasar uang secara esensial sama dengan risiko *downside* (alokasi asset portofolio yang berkaitan dengan probabilitas penurunan harga asset). Hubungan ini disebut risiko *downside* dalam saham atau *bond*. Risiko dalam arti ketidakpastian adalah pertarungan mengambil kesempatan meskipun nampaknya tidak ada peluang keuntungan dan harus mencari suatu kepuasan mengganti kerugian akibat peluang ekonomi negatif. Portofolio sendiri adalah kumpulan bentuk investasi terpadu yang bertujuan untuk mendapatkan keuntungan investasi. Tujuan utama portofolio investasi adalah mendapatkan tingkat pengembalian yang tinggi dengan tingkat risiko yang kecil untuk memenuhi kewajiban baik kepada pemegang polis maupun untuk pertumbuhan perusahaan.

Untuk memperkecil peluang adanya risiko ekonomi perlu adanya suatu cara penanggulangan yang kemudian disebut sebagai *sistem keamanan finansial*. Sistem keamanan finansial adalah setiap sistem ekonomi yang dibentuk terutama untuk mentransfer risiko ekonomi secara individu ke kelompok atau dari satu kelompok individu ke kelompok lain. Sistem keamanan finansial dapat diklasifikasikan dalam bentuk meminimalkan kerugian ekonomi dan sebagai mekanisme transfer (Sidi, 2016).

Pada tahun 2018 industri perusahaan asuransi dunia menghadapi empat hal yang diprediksi akan menjadi tantangan. Salah satu diantaranya berhubungan dengan perkembangan teknologi asuransi (*insurance technology/insurtech*) dan kecerdasan buatan (*augmented intelligence/AI*). Masa depan teknologi asuransi dan bentuk lain produk-produk inovasi asuransi akan ditentukan ketika mereka bisa berdampingan berjalan bersama industri konvensional. Selanjutnya industri asuransi akan menghadapi tantangan dari sisi penyajian data, karena penyajian data yang baik bisa membantu perusahaan asuransi dalam mengelola risiko yang dihadapi para klien. Saat ini, perusahaan asuransi merasa terbebani untuk menganalisa data non tradisional, yaitu data yang bisa disajikan secara personal berdasarkan produk dan pengalaman.

Dalam hal kehadiran kecerdasan buatan (AI), perusahaan asuransi bisa memperkerjakan robot yang memiliki kecerdasan buatan untuk mengotomasi pekerjaan di operasional asuransi. Hal ini sudah dipraktekkan oleh beberapa perusahaan asuransi di Jepang, ternyata AI lebih baik dalam menyelesaikan permasalahan yang sesuai dengan keinginan pelanggan.

PEMBAHASAN

Inovasi Industri Asuransi Guna Meningkatkan Indeks Pembangunan Manusia

Salah satu inovasi dari industri asuransi yang kemungkinan digolongkan sebagai inovasi baru, yaitu asuransi mikro. Apa itu asuransi mikro? Asuransi Mikro adalah produk asuransi yang diperuntukkan bagi masyarakat yang

memiliki penghasilan rendah. Asuransi ini dikemas dengan fitur dan proses administrasi yang sangat sederhana, mudah didapat, dengan harga yang ekonomis serta mampu memberikan penyelesaian pemberian santunan secepat mungkin. Selain inovasi produk, industri asuransi juga harus melakukan inovasi terhadap proses pelayanan terhadap tertanggung.

Seberapa Pentingkah Asuransi Mikro Terhadap Indeks Pembangunan Manusia?

Asuransi mikro memberikan perlindungan kepada masyarakat berpenghasilan rendah terhadap bahaya tertentu di Indonesia. Asuransi mikro membantu kelompok berpenghasilan rendah untuk pulih dari berbagai bahaya dan mencegah mereka jatuh ke dalam kondisi yang lebih miskin. Target produk asuransi mikro adalah mereka yang tinggal di daerah pedesaan, bekerja di sektor informal, petani, nelayan, pekerja berpenghasilan rendah, dan seterusnya.

Dari sudut pandang konsumen, produk asuransi mikro dapat membantu meningkatkan kesejahteraan kelompok berpenghasilan rendah. Meskipun mereka memiliki kemampuan keuangan yang terbatas, mereka memiliki akses untuk melindungi diri mereka sendiri dengan memegang produk asuransi mikro. Asuransi mikro dapat melindungi mereka dalam hal bahaya yang mungkin mereka hadapi dalam kehidupan.

Dari perspektif industri, asuransi mikro dapat membantu mengembangkan bisnis mereka. Meskipun preminya rendah, namun, volume potensialnya besar. Karenanya asuransi mikro dapat membantu mendorong pertumbuhan industri asuransi. Pertumbuhan asuransi mikro juga dapat meningkatkan jumlah polis asuransi, yang pada akhirnya meningkatkan tingkat penetrasi asuransi di Indonesia.

Dari perspektif pemerintah, industri asuransi mikro dapat membantu mendorong pemerintah untuk menghilangkan kemiskinan di negara ini. Semakin besar peluang bagi kelompok berpenghasilan rendah untuk mendapatkan akses keuangan dan layanan, semakin besar peluang mereka

untuk meningkatkan kesejahteraan mereka. Jadi jelas bahwa produk asuransi mikro itu penting, tidak hanya bagi konsumen, industri tetapi juga untuk ekonomi nasional secara umum.

Asuransi mikro memiliki karakteristik yang unik dibandingkan dengan asuransi komersial. Asuransi mikro harus memiliki prasyarat berikut: Pertama, kesederhanaan, tidak memerlukan persyaratan yang rumit dan rinci seperti yang dipersyaratkan dalam asuransi komersial. Produk dirancang dengan cara yang sederhana dan mudah dimengerti, artinya bahwa produk dapat dibeli dengan cepat dan proses klaim juga cepat. Kedua, terjangkau, pembayaran preminya harus terjangkau untuk kelompok berpenghasilan rendah. Ketiga, kemudahan akses atau kenyamanan, artinya pelanggan merasa lebih mudah mendapatkan produk asuransi mikro dan mudah meminta pembayaran klaim. Mereka tidak harus pergi jauh untuk mendapatkan produknya.

Asuransi mikro adalah potensi yang terabaikan dan tersembunyi yang diberikan oleh pasar yang sangat besar dan pendapatan yang terus meningkat, namun belum berkembang. Tetapi kebutuhan dan permintaan ada di sana. Orang berpenghasilan rendah membutuhkan produk asuransi untuk menutupi risiko yang mereka hadapi, seperti penyakit serius, panen yang buruk, kematian dalam keluarga dan kewajiban sosial atau kebutuhan untuk menutupi pendidikan anak-anak. Polis asuransi mikro dapat menjadi vital untuk mencakup kejadian yang tidak terduga (Dewan Asuransi Indonesia, 2013).

Menurut Otoritas Jasa Keuangan (OJK), penetrasi asuransi terhadap produk domestik bruto (PDB) di Indonesia baru mencapai rata-rata lebih rendah apabila dibandingkan dengan negara ASEAN seperti Singapura, Malaysia dan Thailand. Hal ini disebabkan antara lain sebagian besar media komunikasi perusahaan asuransi belum banyak bersentuhan dengan masyarakat. Mengingat perkembangan inovasi teknologi digital yang sangat pesat, perlu adanya aplikasi pemasaran digital yang memberikan informasi lengkap mengenai asuransi. Informasi lengkap tersebut harus meliputi tidak hanya produk asuransi saja tetapi sekaligus terhadap pelayanan peserta asuransi,

misalnya seperti pembuatan polis, penggantian data tertanggung sampai dengan pelaksanaan klaim.

Dari produk-produk asuransi mikro yang telah disebutkan, berdasarkan survei ada satu produk asuransi mikro yang belum disebutkan yaitu produk Asuransi Banjir (*flood insurance*). Dalam kasus ini sedang dikembangkan model asuransi banjir dengan premi yang murah namun penggantian klaim kepada tertanggung optimal, melalui riset program doctoral di Universiti Sultan Zainal Abidin, Terengganu, Malaysia, dengan studi kasus daerah aliran sungai (DAS) Citarum, Kecamatan Baleendah, Kabupaten Bandung, Jawa Barat.

Indonesia adalah negara yang sebagian besar wilayahnya sangat rawan banjir. Ini dibuktikan dengan terjadinya berbagai banjir yang melanda berbagai daerah secara rutin. Banjir adalah salah satu kekuatan destruktif air yang merupakan fenomena alam karena curah hujan tinggi dan kapasitas badan air yang tidak memadai (sungai atau saluran drainase) untuk mengumpulkan dan menguras air. Fenomena ini diperburuk karena perilaku manusia yang tidak dapat menjaga keseimbangan ekologi daerah sekitarnya, terutama yang berkaitan dengan perencanaan tata ruang.

Banjir merupakan salah satu penyebab terjadinya kerusakan yang perlu dikendalikan agar kerugiannya dapat diminimalkan. Usaha pengendalian banjir ini salah satunya adalah mengidentifikasi faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya banjir. Identifikasi faktor-faktor penyebab banjir tersebut dapat dijadikan pertimbangan dalam pengembangan kawasan untuk memenuhi berbagai kebutuhan seperti sarana pemukiman, pertanian, perdagangan, industri, perkantoran, jalan dan lain-lainnya, yang dari tahun ke tahun terus meningkat. Peningkatan kebutuhan tersebut sebagai akibat dari semakin meningkatnya pertumbuhan penduduk dan pengembangan aktivitasnya, sehingga mengakibatkan menurunnya kualitas lingkungan (Waskito, 2013).

Kegiatan yang dilakukan adalah memprediksi potensi banjir sungai Citarum dengan menggunakan Metode Muskingham. Metode ini menggunakan data

inflow dan *outflow* air yang diukur pada saat yang sama, dan telah dilakukan berulang kali dalam perhitungan koefisien parameter, sehingga dalam proses perhitungan memungkinkan terjadinya kesalahan sistemik. Program pengendalian banjir yang dilakukan pemerintah membutuhkan dana untuk membiayai pekerjaan yang berkaitan dengan keamanan dan pengendalian banjir. Selain itu, masyarakat yang tinggal di daerah rawan banjir membutuhkan rasa aman dari pengaruh akibat banjir setiap saat. Oleh karena itu dengan dana yang terbatas, pengendalian banjir harus dilaksanakan seoptimal mungkin sesuai dengan perencanaan dan prioritasnya juga (Hendri & Inra, 2007).

Pengendalian banjir dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu metode struktural dan non-struktural. Metode struktural secara umum dapat dilakukan dengan cara perbaikan, pengaturan sistem sungai dan membangun pengendalian banjir. Sedangkan metode non-struktural dapat dilakukan dengan beberapa cara, salah satunya membuat prediksi banjir dengan pemodelan matematika. Penggunaan model matematika berguna untuk mengurangi kesalahan dan meningkatkan efisiensi dalam proses perhitungan waktu. Salah satu model yang sangat terkenal, yang dapat digunakan untuk memprediksi banjir adalah model Muskinghum (Hendri & Inra, 2007). Model Muskinghum cukup akurat untuk memperkirakan debit banjir dengan tingkat kesalahan 14 persen, dan rata-rata kesalahan prediksi puncak debit air dalam waktu 0,16 jam (Affandi & Anwar, 2006).

Secara umum, perhitungan untuk memperkirakan debit banjir secara manual melalui dasar sungai sulit untuk diselesaikan dalam waktu singkat, karena waktu perhitungan t harus dibagi ke dalam periode Δt yang lebih kecil. Periode waktu disebut periode pencarian rute, dan itu memerlukan penyelesaian model numerik untuk menghasilkan nilai yang valid (Hendri & Inra, 2007).

Berdasarkan uraian tersebut, selanjutnya akan dibahas prediksi potensi banjir dengan model Muskinghum. Tujuan dari penelitian ini adalah *pertama* memperkirakan potensi banjir, agar dapat digunakan sebagai langkah pencegahan terjadinya kerusakan properti dan hilangnya nyawa

yang lebih besar. Untuk meningkatkan efisiensi dalam pengukuran data di lapangan, perlu dicatat berapa lama periode pencarian diperlukan untuk mendapatkan debit banjir yang optimal.

Kedua, menganalisis faktor-faktor penyebab banjir di DAS Citarum. Analisis dilakukan menggunakan pendekatan statistik multivariat, yaitu metode analisis faktor. Masing-masing analisis deskriptif dilakukan untuk mengetahui analisis, matriks korelasi, KMO dan Bartlett, matriks anti-image, komunalitas, variansi total, *screenplot*, matriks komponen, komponen matriks yang diputar, komponen skor matriks koefisien.

Kondisi ini juga terjadi di daerah Bandung Selatan yang dilalui oleh DAS Citarum. Banjir di daerah Bandung Selatan ini sepertinya menjadi sesuatu yang sulit diperbaiki, sehingga setiap tahun selalu dilakukan perencanaan dan program penanggulangan penanggulangan banjir yang memerlukan anggaran yang tidak kecil. Tidak peduli seberapa bagus perencanaan dan pelaksanaan program pengendalian banjir yang telah dibuat, jika tidak diimbangi oleh perilaku yang baik dari sebagian besar warga Citarum, maka akan terjadi hukum sebab-akibat. Misalnya jika membuang sampah di sungai, maka akan menyebabkan tersumbatnya aliran air sehingga meluap ke jalan dan perumahan. Jadi perlu budaya membuang sampah di tempat pembuangan limbah yang tepat untuk mencegah banjir.

Banjir di daerah Bandung Selatan bukan hanya disebabkan oleh sampah yang dibuang di sungai, tetapi banyak penyebab lainnya, antara lain: (1) sungai atau saluran tidak berfungsi dengan baik; (2) pendangkalan atau perampingan sungai; (3) pintu air tidak berfungsi dengan baik; (4) distribusi daerah banjir untuk mengatasi area penting (VIP) mencegah banjir; (5) pengusaha budaya atau industri kurang peduli dengan lingkungan; (6) pembangunan gedung, jalan, rumah dan bangunan lainnya berkembang pesat; (7) atau mengurangi penebangan pohon dan area hijau; (8) saluran atau saluran perumahan dan pinggir jalan umum banyak yang mati karena tertutup di atasnya; (9) normalisasi pantai yang mengambil sebagian besar tempat penampungan air laut; dan banyak lagi.

Oleh sebab itu perlu dianalisis faktor-faktor yang menyebabkan banjir di daerah Bandung Selatan dengan menggunakan pendekatan analisis multivariat, yaitu dengan metode analisis faktor. Analisis ini penting agar dapat digunakan sebagai dasar pembuatan kebijakan dalam pengendalian perencanaan dan penanggulangan banjir di daerah Bandung Selatan.

Langkah *ketiga* adalah memperkirakan total premi asuransi kerugian akibat kerusakan banjir sungai Citarum. Untuk memperbaiki kerusakan itu membutuhkan biaya besar, sehingga dibutuhkan pendanaan tahun jamak dari berbagai sumber. Salah satu sumber alternatif pendanaan yang memungkinkan adalah dari perusahaan asuransi dengan produk asuransinya bernama asuransi banjir. Berkaitan dengan asuransi banjir, perlu estimasi jumlah kerusakan sebagai dasar untuk menentukan besarnya kompensasi atau klaim, dan perhitungan jumlah premi yang harus ditanggung oleh tertanggung atau peserta asuransi banjir. Dalam perhitungan awalnya harus memperkirakan kerugian total akibat banjir dengan menggunakan model regresi linier berganda.

Sementara premi asuransi diperkirakan dengan model yang mengacu pada model Dana Asuransi Bencana Banjir (NCIF) yang diperluas. Perluasan model NCIF disesuaikan dengan kondisi di Indonesia berdasarkan pada pendapatan rata-rata, pengeluaran rata-rata, dan nilai aset yang diasuransikan.

Keempat, melakukan analisis terhadap penawaran dan permintaan asuransi banjir menggunakan Model Regresi Logistik. Studi kasus dilakukan di DAS Citarum, Bandung Selatan, Jawa Barat, Indonesia, karena kasus banjir dengan dampak kerugian moril dan materiil terbesar selalu terjadi di DAS Citarum. Kerugian yang disebabkan oleh banjir telah menghilangkan semua properti mereka, termasuk tempat tinggal mereka yang hancur, memberikan dampak kerugian material yang sangat besar. Memang, pada kejadian-kejadian banjir di Indonesia, pemerintah dan beberapa organisasi sosial selalu menyediakan dana untuk peningkatan pembangunan rumah-rumah tinggal (materiil) kesehatan dan dampak psikologinya (moril). Namun bantuan yang diberikan terbatas, sehingga tidak dapat mengganti seluruh biaya perbaikan tempat tinggal yang mereka butuhkan. Oleh karena jaminan

terhadap kerugian yang besar tersebut sangat diperlukan, maka solusi yang paling cocok untuk membantu pemerintah pusat dan daerah dan masyarakat yang terkena dampak adalah produk asuransi yang membantu mengganti kerusakan properti yang disebabkan oleh banjir. Untuk menentukan berapa beban yang harus ditanggung oleh masyarakat dan minatnya untuk membeli produk asuransi, maka perlu dianalisis faktor-faktor yang mempengaruhi penawaran dan permintaan asuransi terhadap kerusakan yang disebabkan oleh banjir, dengan menggunakan metode regresi logistik ordinal. Ternyata berdasarkan analisis, faktor-faktor yang mempengaruhi penawaran dan permintaan terhadap produk asuransi karena kerusakan bangunan banjir meliputi: usia dan keadaan.

Kelima, melakukan evaluasi terhadap model premi asuransi kerusakan akibat banjir. Seperti kita ketahui dampak ekonomi keuangan karena kerusakan material akibat bencana alam banjir di Indonesia dari tahun ke tahun semakin meningkat. Dengan demikian, peran dan hadirnya perusahaan asuransi adalah salah satu hal penting dan secara berkala mereka bisa mengevaluasi besarnya premi yang dibebankan kepada peserta asuransi/masyarakat yang terkena dampak. Dalam tulisan ini, secara singkat akan ditunjukkan analisis perhitungan model dan evaluasi premi asuransi sebagai komponen utama dalam manajemen risiko banjir.

Analisis diawali dengan menentukan rata-rata tahunan dari indeks kompensasi, menghitung premi per unit asuransi berdasarkan parameter yang berbeda, dan kemudian menentukan proporsi premi, cadangan, serta reasuransi, untuk memenuhi pembayaran jumlah klaim ketika terjadi bencana banjir yang mengakibatkan kehilangan/rusaknya rumah-rumah masyarakat. Hasil analisis menunjukkan bahwa semakin besar cadangan awal bersama dengan peningkatan kuota pada reasuransi selama periode sebelum bencana serta peningkatan nilai premi, maka semua variabel-variabel tersebut diatas dapat membentuk skema di mana perusahaan asuransi dapat menutup kerugian keuangan yang disebabkan oleh banjir.

Pengembangan Model Inovasi Asuransi dengan Basis Terapan Matematika

Model Muskingham

Asumsi Model

Penggunaan metode Muskinghum dalam mencari model banjir dilakukan dengan asumsi bahwa:

- a. Tidak ada anak sungai yang masuk ke bagian memanjang dari dasar sungai yang diamati atau dapat dikatakan bahwa tidak ada anak sungai pada sungai yang sedang diamati
- b. Tidak ada penambahan dan pengurangan air karena curah hujan, tidak ada air tanah baik yang masuk maupun keluar, dan tidak ada penguapan air sungai yang diamati.

Formulasi Model

Di bagian longitudinal/sepanjang sungai, waktu perjalanan air t dibagi menjadi beberapa periode pencarian model peristiwa banjir yang lebih kecil, sehingga selama periode pencarian, puncak peristiwa banjir tidak bisa melingkupi seluruh bagian longitudinal/sepanjang sungai.

Selanjutnya, secara umum persamaan kontinuitas yang digunakan dalam pencarian model banjir adalah:

$$\frac{dS}{dt} = I - Q, \quad (1)$$

dimana I adalah debit air pada awal bagian longitudinal dari dasar sungai yang diamati, dengan satuan m^3/s ; dS adalah perubahan besarnya kapasitas (penyimpanan) di bagian longitudinal dari dasar sungai yang diamati dengan satuan m^3 ; dan dt merupakan periode pencarian dalam detik, menit, jam atau hari.

Jika periode pencarian diubah dari dt menjadi Δt , maka 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

$$dS = S_2 - S_1 = \frac{I_1 + I_2}{2} + \frac{Q_1 + Q_2}{2} \quad (3)$$

dimana I_1 , debit air pada awal periode pencarian, dan I_2 debit air pada akhir periode pencarian. Besaran I_1 dan I_2 dapat ditentukan dari pengukuran debit air melalui hidrograf. Besaran Q_1 dan S_1 diketahui dari periode, sementara besaran Q_2 dan S_2 belum diketahui sehingga diperlukan pengukuran.

Menurut Hendri & Inra (2007), hubungan antara S dan Q di dasar sungai dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$S = k\{xI + (1-x)Q\} \quad (4)$$

Dengan konstanta k dan berat x di mana $0 < x < 1$ (biasanya $x < 0,5$); dan dalam banyak kasus nilai x mendekati 0,3. Menurut Hendri & Inra (2007), Sosrodarsono & Takeda (1993) dan Fiedler (1999) menyatakan bahwa sungai karena keadaan alam, besarnya x adalah $0,2 < x < 0,3$. Kemiringan sungai yang semakin curam, nilainya juga meningkat, dan dalam beberapa kasus bernilai negatif. Jika dimensi volume sama dengan dimensi debit air, maka dimensi waktu harus detik-menit-jam atau hari.

Berdasarkan persamaan (4), kita dapat membuat persamaan sebagai berikut:

$$S = k\{xI_1 + (1-x)Q_1\} \quad (5)$$

Selanjutnya, berdasarkan persamaan (2), (3), (5) dan (6), kita dapat membentuk persamaan berikutnya, yaitu:

$$Q_2 = \{c_0 I_0 + c_1 I_1 + c_2 I_2\} Q_1 \quad (6)$$

dimana,

$$c_0 = \frac{kx - 0,5\Delta t}{k - kx + 0,5\Delta t}$$

$$c_1 = \frac{kx + 0,5\Delta t}{k - kx + 0,5\Delta t}$$

$$c_2 = \frac{k - kx - 0,5\Delta t}{k - kx + 0,5\Delta t}$$

dan,

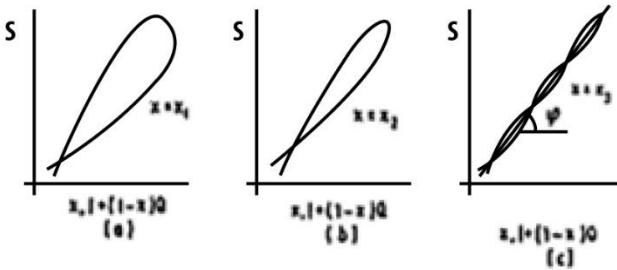
$$c_0 + c_1 + c_2 = 1$$

Konstanta k dan berat x harus ditentukan secara empiris dari pengamatan aliran masuk dan aliran keluar pada saat yang sama.

Kurva S adalah kurva massa dari kurva $I-Q$, sehingga untuk setiap waktu dapat dihitung nilai S . Nilai jumlah S akan maksimum jika $I-Q=0$. Nilai S pada saat itu adalah:

$$S = \sum (I-Q)_t \Delta t$$

Dari nilai k dan x dapat diperoleh grafik yang merepresentasikan hubungan antara S dan $xI + (1-x)Q$, dengan mensubstitusikan berbagai nilai x sedemikian sehingga garis-garisnya mendekati garis lurus, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Kurva Banjir

Dari kemiringan kurva, nilai konstanta x sebagai berikut:

$$k = \tan\theta = \frac{S}{xI + (1-x)Q}$$

Jika nilai x yang dimasukkan salah, maka akan ada loop seperti pada Gambar 1 pada bagian (a) dan (b). Nilai k dan x yang diperoleh hanya valid di saluran sungai longitudinal dan yang diamati.

Selanjutnya, untuk mendapatkan garis lurus dapat diidentifikasi melalui nilai korelasi r dari hubungan antara S dan $xI + (1-x)Q$. Jika kita membiarkan sumbu horizontal $X = xI + (1-x)Q$, dan sumbu vertikal $Y = S$, maka koefisien korelasi adalah:

$$r = \frac{n\sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{[n\sum X^2 - (\sum X)^2] \cdot [n\sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

Jika nilai absolut dari koefisien korelasi r kurang dari 0,7, maka itu berarti tidak ada hubungan antara variabel X dan Y , sehingga tidak mungkin menemukan garis lurus seperti yang dimaksudkan.

Dalam bagian ini dibahas tentang model matematika yang berkaitan dengan analisis faktor dan statistik-statistik yang relevan dengan analisis faktor.

Analisis faktor merupakan prosedur yang digunakan untuk mereduksi data atau meringkas dari banyak variabel menjadi variabel yang lebih sedikit. Secara matematis, analisis faktor mirip dengan regresi linear berganda, yaitu setiap variabel dinyatakan sebagai suatu kombinasi linear dari faktor yang mendasarinya. Jika variabel-variabel dibakukan (*standardized*), maka model faktor dapat ditulis sebagai berikut.

$$X_i = B_{i1}F_1 + B_{i2}F_2 + \dots + B_{im}F_m + V_i\mu_i \dots\dots\dots(7)$$

dimana X_i adalah variabel ke- i yang dibakukan dengan mean 0, deviasi standar 1; B_{ij} adalah koefisien regresi parsial yang dibakukan untuk variabel ke- i pada common faktor j ; F_j adalah koefisien regresi yang dibakukan dengan sesama faktor i , pada faktor tunggal variabel V_i ; dan μ_i faktor tunggal variabel i (Supranto, 2010).

Faktor tunggal tidak berkorelasi dengan sesama faktor tunggal, dan juga tidak berkorelasi dengan *common factor*. *Common factor* sendiri dapat dinyatakan sebagai kombinasi linear dari variabel-variabel yang terobservasi dari hasil penelitian lapangan, yaitu:

$$F_i = W_{i1}X_1 + W_{i2}X_2 + \dots + W_{ik}X_k \tag{8}$$

dimana F_i adalah estimator faktor i (didasarkan pada nilai variabel X_i dengan koefisien bobot W_i); W_i koefisien bobot nilai faktor i ; dan k banyaknya variabel (Supranto, 2010).

Misalkan A matriks koefisien $n \times m$ (disebut *factor pattern matrix*). V matriks diagonal $n \times n$ untuk faktor tunggal variabel yang terobservasi, yang merupakan koordinat dari X , merupakan kombinasi *common factor* dan faktor unit yang tertimbang.

Persamaan fundamental (7) dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$X = AF + V\mu$$

dengan F matriks *common factor* $1 \times m$, dan μ matriks faktor tunggal variabel $1 \times n$.

Korelasi antara variabel yang dinyatakan dalam faktor dapat diuraikan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} R_{xx} &= E(XX') = E\{(AF + V\mu\mu)(A + V\mu\mu)\} \\ &= E\{(AF + V\mu)(A'F' + V'\mu)\} \\ &= E\{AFF'A + AF\mu FV' + V\mu\mu\mu V\} \\ &= AR_{ff}A' + R_{Af\mu}V' + VR_{\mu fA} + V^2 \end{aligned}$$

Diketahui bahwa *common factor* tidak berkorelasi dengan faktor tunggal, sehingga diperoleh

$$R_{f\mu} = R_{\mu f} = 0$$

Jadi,

$$R_{xx} = AR_{ff}A' + V^2$$

Oleh karena itu, R_{xx} hanya bergantung pada variabel *common factor* dan korelasi antar variabel hanya terkait dengan *common factor* (Supranto, 2010).

Koefisien matriks faktor struktur merupakan kovarian antara variabel terobservasi dengan faktor.

Matriks faktor struktur A_s didefinisikan sebagai berikut:

$$A_s = E[XF'] = E[(AF + V\mu)F'] = AR_{ff} + VR_{\mu f} = AR_{ff}$$

Jadi, matriks faktor struktur menjadi hasil kali faktor struktur dengan *factor pattern matrix*:

$$R_c = AR_{ff}A' = A_sA'$$

Estimasi Total Premi Asuransi Kerugian dan Kerusakan yang diakibatkan Banjir Sungai Citarum di Daerah Bandung Selatan, Jawa Barat, Indonesia.

Kondisi ini juga terjadi di daerah Bandung Selatan yang dilalui oleh DAS Citarum. Banjir di daerah Bandung Selatan ini sepertinya menjadi sesuatu yang sulit diperbaiki. Setiap tahun selalu dibuat perencanaan dan program penanggulangan banjir dengan anggaran yang tidak kecil.

Sebaik apapun perencanaan dan pelaksanaan program pengendalian banjir dibuat, jika tidak diimbangi oleh perilaku yang baik sebagian besar warga masyarakat DAS Citarum, maka mau tidak mau terjadi masalah hukum. Misalnya jika membuang sampah di sungai, maka akan mengakibatkan aliran sungai tersumbat sehingga air meluap ke jalan dan perumahan. Jadi perlu adanya kesadaran/budaya masyarakat membuang sampah di tempat pembuangan limbah yang tepat untuk mencegah banjir.

DAS Citarum di Jawa Barat mempunyai panjang 270 km, luas 11.000 km², melintasi 10 kabupaten / kota, dan lebih dari 9 juta orang tinggal di lembah sungai Citarum (Raharja, 2009). Banjir di lembah sungai Citarum menyebabkan kerugian besar bagi orang-orang yang tinggal di sana.

Berdasarkan pengamatan, berbagai kerugian yang disebabkan banjir seperti kehilangan harta benda, kerusakan perumahan, kerusakan sawah, terkena penyakit yang dapat menyebabkan kematian. Dalam hal ini yang akan dianalisis adalah daerah yang terkena dampak banjir, salah satunya adalah Kecamatan Baleendah, Provinsi Bandung, Jawa Barat.

Oleh karena itu, pemerintah dan organisasi masyarakat harus menyediakan beberapa kompensasi (bantuan) untuk mengganti kerugian yang diderita oleh orang-orang akibat banjir. Tetapi nilai kompensasi tidak sepenuhnya dapat menggantikan kerugian yang diderita oleh keluarga, mereka harus menemukan cara untuk menutupi kerugian tersebut.

Dari semua penjelasan tersebut, asuransi mikro dalam bentuk asuransi banjir merupakan solusi yang tepat untuk memberikan beberapa

kompensasi (bantuan) yang dapat membantu warga DAS Citarum dari risiko banjir. Berikut ini akan disajikan studi pembahasan tentang produk asuransi mikro dari segi ilmu matematika terapan yang dikenal dengan ilmu Aktuaria. Ilmu ini masih belum banyak dipelajari di Indonesia, terutama dalam pengembangan asuransi kerugian (*casual insurance*), termasuk asuransi banjir. Sebagian besar praktek/aplikasi yang sudah digunakan adalah di bidang asuransi jiwa.

Metodologi

Nilai kerugian yang diakibatkan oleh banjir dapat diestimasi dengan menggunakan model regresi linier berganda:

$$\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4$$

dimana β_0 parameter *intercept*, β_1 parameter keluarga yang menderita, (X_1), β_2 adalah parameter jumlah rumah yang terendam, (X_2), β_3 adalah parameter jumlah rumah yang rusak, (X_3) dan β_4 adalah parameter jumlah kerusakan padi (X_4).

Model Perhitungan Premi Asuransi Banjir

Kondisi masyarakat selama banjir di Kecamatan Baleendah diasumsikan mirip dengan kondisi Thailand, sehingga perhitungan premi menggunakan model NCIF, dimana perhitungan premi asuransi dengan mempertimbangkan jumlah kerugian akibat banjir, zona dimana masyarakat tinggal. Persamaan matematikanya adalah sebagai berikut:

$$\text{Premi} = \frac{(\text{rata-rata penghasilan warga}) - (\text{rata-rata pengeluaran warga})}{\text{rata-rata aset warga yang diasuransikan}} \times 100\% \times \text{NP}$$

dimana NP adalah Uang Pertanggungan yang ditentukan pada estimasi nilai kerugian akibat banjir yang diperoleh setelah melakukan analisis regresi linier.

Hasil dan Diskusi

Data penelitian yang digunakan untuk mengestimasi berapa besarnya premi asuransi untuk membayar klaim akibat kerusakan dan kerugian yang ditimbulkan oleh banjir DAS Citarum adalah data korban bencana alam banjir dari Kecamatan Baleendah, Bandung, Jawa Barat tahun 2010.

Tabel 1. Data beberapa desa Korban Banjir tahun 2010

No	Desa	Terseang penyakit	Rumah Terendam	Rumah Rusak	Tanaman Padi Rusak (Ha)	Total Kerugian (IDR)
1	Sukapura	0	0	9	0	150.000.000
2	Bojongmanggu	926	755	0	8	1.798.500
3	Rancatungku	747	649	45	20	124.000.000
4	Langonsari	570	450	0	0	525.000.000
5	Sukasari	2.847	2.400	1.050	56	1.500.000.000
6	Rancamulya	722	678	68	8	1.100.000.000
7	Majalaya	3.293	2.516	88	21	216.500.000
8	Majasetra	766	648	0	3	20.450.000
9	Majakerta	1.163	992	45	42	150.000.000
10	Sukamaju	552	552	47	8	270.000.000
11	Padaulun	110	92	0	0	110.000.000
12	Loa	0	0	6	0	4.000.000
13	Sukamantri	979	578	578	0	250.000.000
14	Banjarsari	322	156	80	4	575.000.000
15	Cilampeni	244	200	20	15	100.000.000
16	Sukamukti	261	100	0	5	200.000.000

Sumber: Badan Penanggulangan Bencana Daerah (2010)

Perkiraan nilai kerugian akibat banjir Sungai Citarum

Setelah melewati tes verifikasi dan uji validasi, model untuk memperkirakan kerugian secara signifikan adalah:

$$\hat{Y} = 202666304.538 + 1008883.903X_3$$

Berdasarkan data dari Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Bandung, bahwa jumlah kerusakan yang terjadi di Kecamatan Baleendah rumah sebanyak $X_3 = 3125$, substitusikan ke persamaan model diatas, maka diperoleh angka nilai kerugian sebesar Rp. 3.355.428.501,-.

Setiap kejadian banjir, rata-rata jumlah keluarga yang tergenang air sebanyak 3.375 keluarga, sehingga estimasi nilai kerugian masing-masing keluarga adalah Rp. 994.201,- per keluarga

Kecamatan Baleendah tergenang sekitar tiga kali setahun, sehingga dapat dikatakan bahwa setiap keluarga menderita kerugian paling sedikit sebesar Rp. 2.982.603,-.

Lokasi Zona

BPBD Kabupaten Bandung pada tahun 2010 telah membuat peta risiko banjir sebagai berikut:

Tabel 2. Distribusi Lokasi Beberapa Zona Desa Kabupaten Bandung

No	Kecamatan	Zona
1	Majalaya	Menengah
2	Majasetra	Atas
3	Sukamantri	Menengah
4	Cilampeni	Bawah
5	Sukamukti	Menengah
6	Baleendah	Atas

Sumber: Sidi (2016)

Pada tahun 2010, pemerintah memberikan kompensasi kepada penduduk yang menderita kerusakan rumah sebesar Rp.7.000.000.000,-, artinya rata-rata setiap keluarga menerima kompensasi sebesar Rp. 2.074.074,- per keluarga.

Kompensasi yang diberikan oleh pemerintah hanya dapat menggantikan kerugian sekitar 69,54% dari total seluruh kerugian materiil. Oleh karena itu keluarga perlu memiliki suatu jaminan terhadap risiko dalam hal ini bencana banjir, yaitu jenis asuransi mikro yang disebut asuransi banjir.

Jika kompensasi dari pemerintah dialokasikan untuk kerjasama dengan perusahaan asuransi, maka perusahaan asuransi hanya perlu menanggung risiko sebesar Rp. 908.529,- per keluarga. Apabila risiko yang ditanggung semakin besar, maka produk asuransi yang dijual kepada warga oleh perusahaan asuransi akan semakin mahal. Untuk mencari solusi adanya kendala tersebut, maka dilakukan pengelompokan terhadap keadaan/status ekonomi warga. Menurut Olivia & Argo (2015), masyarakat dibagi menjadi empat kelompok berdasarkan aspek ekonomi.

Berikut adalah empat segmen kelompok masyarakat dilihat dari jumlah pembelanjaan yang berbanding lurus dengan jumlah penghasilan masyarakat.

Tabel 3. Kelompok Ekonomi Masyarakat

No	Pengelompokan Tingkat Ekonomi	Pendapatan/ bulan (Rp)
1	Bawah	Kurang dari 700.000
2	Menengah Bawah	700.000 – 1.500.000
3	Menengah Atas	1.500.000 – 3.000.000
4	Atas	Lebih dari 3.000.000

Sumber: Olivia & Argo (2015)

Berdasarkan wawancara dengan Camat Kecamatan Baleendah diketahui bahwa,

Rata-rata pendapatan masyarakat : Rp. 2.275.715,-/bulan
 Rp. 27.308.580,-/tahun
 Rata-rata pengeluaran masyarakat : Rp. 2.243.128,-/bulan
 Rp. 26.917,56/tahun

Tingkat Premi

Berdasarkan pengeluaran rata-rata masyarakat Baleendah, dapat disimpulkan bahwa warga Baleendah masuk di kelas menengah atas, sehingga premi dapat dihitung sebesar 0,4% dari uang pertanggungan setiap tahun. Berdasarkan zona tempat tinggal dan menurut kelas sosial, maka dapat ditentukan asumsi tingkat premi yang sesuai sebagai berikut.

Tabel 4. Jumlah Premi Berbasis Zona dan Kelompok Komunitas Perumahan Serta Faktor Loading

Zona	Kelompok Komunitas	Jumlah Premi (%)	Jumlah Premi + Faktor Loading (1%)
Atas	Bawah	0,2	0,3
	Menengah bawah	0,3	0,4
	Menengah Atas	0,4	0,5
	Atas	0,5	0,6
Menengah	Bawah	0,1	0,2
	Menengah bawah	0,2	0,3
	Menengah Atas	0,3	0,4
	Atas	0,4	0,5
Bawah	Bawah	0,1	-
	Menengah bawah	0,1	-
	Menengah Atas	0,2	-
	Atas	0,3	-

Sumber: Sidi (2016)

Jadi kita memilih tarif premium pada kelas menengah atas 0,4%, dengan menambahkan faktor loading, pilihannya adalah 0,5%.

Estimasi Jumlah Premi

Perkiraan nilai kerugian yang diderita oleh setiap keluarga penduduk Baleendah, setiap tahun adalah Rp.2.982.603,-. Misalkan kita bulatkan

menjadi Rp.3.000.000,- sehingga setiap keluarga di Kecamatan Baleendah harus membayar premi sebesar Rp. 15.000,- per tahun.

Tabel 5. Jumlah Premi Berdasarkan Zona, Kelompok Komunitas, Termasuk Faktor Loading

Zona	Kelompok Komunitas	Jumlah Premi (Rp)
Atas	Bawah	9.000
	Menengah bawah	12.000
	Menengah Atas	15.000
	Atas	18.000
Menengah	Bawah	6.000
	Menengah bawah	9.000
	Menengah Atas	12.000
	Atas	15.000
Bawah	Bawah	3.000
	Menengah bawah	3.000
	Menengah Atas	6.000
	Atas	9.000

Sumber: Sidi (2016)

Beberapa aturan asuransi yang perlu dalam menunjang pelaksanaan program Asuransi Banjir, antara lain:

- Asuransi ini merupakan asuransi kerusakan rumah yang disebabkan oleh banjir, karena nilai kerugiannya diperkirakan hanya dari jumlah kerusakan rumah.
- Penduduk Kecamatan Baleendah yang berada di zona atas, jika berada pada zona bawah atau sedang, tarif premi yang dibayarkan dapat dilihat pada Tabel 5.
- Klaim akan memberikan bantuan kepada warga Baleendah, sehingga beban Pemda bisa diminimalkan.
- Warga menerima klaim maksimal tiga kali setahun, karena banjir terjadi tiga kali setahun.

- Produk asuransi ini adalah produk asuransi banjir yang hanya menanggung risiko kerusakan rumah dan properti yang diasuransikan dengan kondisi ketinggian banjir lebih besar dari 100 cm (Sidi, 2016).

Secara umum perlindungan terhadap bencana banjir yang melibatkan industri asuransi dalam hal ini lebih spesifik disebutkan sebagai asuransi mikro, tetap memerlukan syarat-syarat yang harus dipenuhi, sehingga program perlindungan terhadap bencana banjir dapat berjalan dengan baik. Adapun syarat-syarat yang harus dipenuhi antara lain adalah:

1. Partisipasi masyarakat

Komunitas para peserta asuransi atau pemegang polis harus menjalankan kewajibannya dengan baik, mereka harus memperhatikan aturan-aturan yang telah disepakati sebelum mereka setuju dan kemudian menanda tangani polis. Selain itu harus ada kesadaran untuk berasuransi, karena mereka/masyarakat tahu bahwa setiap tahun selalu terkena bencana banjir.

2. Kelayakan asuransi banjir

Asuransi banjir yang tersedia adalah untuk pertanggung jawaban perbaikan properti riil berupa bangunan rumah tinggal, bangunan pabrik (tidak menggunakan kelas asuransi mikro), pertanian berupa sawah bagi masyarakat yang memang berada di peta daerah yang terkena dampak banjir atau mereka yang berpeluang minimal 1% atau lebih terkena bencana banjir. Sebagai tambahan, pertanggung jawaban asuransi banjir juga tersedia untuk properti pribadi selain rumah tinggal dengan besaran premi yang tentunya berbeda. Kembali lagi bahwa kelayakan asuransi banjir sangat tergantung pada partisipasi masyarakat itu sendiri.

3. Kebutuhan dasar

Bagi masyarakat yang tinggal di daerah banjir, kepesertaan masyarakat terhadap asuransi banjir merupakan syarat atau kebutuhan dasar bagi mereka yang akan mengajukan pinjaman untuk kebutuhan riil, misalnya dana renovasi rumah, pembelian kendaraan bermotor. Pihak bank akan memeriksa cakupan (*coverage*) dari polis yang dimiliki oleh tertanggung yang akan mengajukan pinjaman.

4. Pengecualian Kebutuhan Pembelian Asuransi Banjir
Asuransi banjir tidak berlaku untuk properti milik negara, atau property yang sudah diasuransikan secara pribadi dengan nilai pertanggungan yang melebihi nilai pertanggungan asuransi banjir.
5. Nilai Asuransi Banjir yang Dibutuhkan
Cakupan asuransi banjir terbatas pada keseluruhan nilai properti dikurangi nilai tanah, oleh sebab itu untuk menentukan nilai pertanggungan asuransi banjir yang tepat harus memperhatikan beberapa variabel seperti yang telah disebutkan diatas.
6. Reviu Keputusan
Pihak asuransi mendapatkan informasi hanya dari peta banjir yang dikeluarkan oleh pemda setempat, oleh sebab itu perlu adanya surveyor yang membantu dalam mengupdate data sebagai bahan dalam mereviu keputusan yang akan diambil oleh pihak asuransi untuk menentukan peserta asuransi banjir yang berhak memperoleh klaim.
7. Penetapan Biaya
Perusahaan asuransi membebankan kepada peserta asuransi banjir biaya premi yang sesuai dengan standar premi yang telah ditetapkan, tetapi bisa juga membebankan diatas standar dengan syarat harus atas dasar kesepakatan kedua belah pihak. Dalam hal ini biasanya atas permintaan peserta asuransi banjir yang menghendaki pertanggungan yang lebih dari standar.
8. Penyampaian Persyaratan
Penyampaian persyaratan kepada peserta harus tidak terlalu lama sebelum transaksi antara perusahaan asuransi dengan peserta.
9. Penyimpanan Catatan Persyaratan Peserta
Perusahaan asuransi harus selalu mengupdate data peserta setiap waktu tertentu, misalnya setiap 3 bulan, 6 bulan, 1 tahun.
10. Penalti dan Kewajiban
Penalti terjadi apabila perusahaan asuransi gagal membayarkan klaim kepada peserta ketika terjadi risiko. Pelanggaran terhadap kewajiban tidak dapat dialihkan ke perusahaan asuransi kerugian lainnya.
(*Comptroller of the Currency Administrator of National Banks*, 2009)

Peran Industri Asuransi dalam Pembangunan Infrastruktur melalui Investasi Pembiayaan Alternatif

Kita kembali kepada tujuan dari Pembangunan Berkelanjutan (*Sustainable Development Goals/SDG*), salah satu bagiannya adalah pembangunan infrastruktur. Infrastruktur memegang peranan penting sebagai salah satu roda penggerak pertumbuhan ekonomi dan pembangunan. Pembangunan infrastruktur adalah merupakan sebuah pelayanan yang diberikan oleh negara kepada rakyat sebagai unsur pembangunan nasional dan keberadaannya sangat diperlukan seperti misalnya yang secara signifikan langsung mempunyai dampak ekonomi masyarakat, yaitu jalan dan jembatan, pelabuhan laut, bandara, baik yang perintis maupun yang komersial. Bilamana pembangunan infrastruktur seperti yang disebutkan, tidak terselesaikan atau yang sering disebut dengan proyek mangkrak, maka laju pertumbuhan ekonomi pasti akan tersendat.

Untuk itu perlu adanya perencanaan yang matang agar ada keseimbangan antara kebutuhan infrastruktur dan ketersediaan dana yang seimbang. Kendala yang ditemui dalam program pembangunan infrastruktur adalah anggaran yang diperlukan untuk mewujudkan program tersebut sangat besar. Seperti diketahui, proyek pembangunan infrastruktur tahun 2015-2019 membutuhkan dana sekitar 5 triliun rupiah, sedangkan APBN ditambah APBD hanya mampu memenuhi 50 persen kebutuhan/kekurangan dana, sehingga pemerintah perlu melibatkan pihak swasta dan BUMN dalam hal pendanaan.

Untuk meningkatkan pelayanan publik dan menunjang pertumbuhan ekonomi, maka pemerintah mengalokasikan dana untuk pembangunan jalan, jembatan, pelabuhan laut, dan juga pelabuhan udara. Anggaran dapat menjadi tolok ukur dalam keberhasilan suatu proyek pembangunan. Jika pemerintah mempunyai anggaran yang baik maka pembangunan infrastruktur yang baik pula dapat diwujudkan. Untuk mewujudkan pembangunan yang baik tersebut maka anggaran dapat mempunyai fungsi sebagai alat perencanaan pembangunan. Dalam perencanaan pemerintah wajib mencakup menentukan tujuan digunakan anggaran untuk

pembangunan, pengembangan kondisi lingkungan agar tujuan tersebut dapat dicapai, pemilihan tindakan yang akan dilakukan untuk mencapai tujuan tersebut, penentuan langkah-langkah untuk menerjemahkan rencana menjadi kegiatan yang sebenarnya, melakukan perencanaan kembali untuk memperbaiki kekurangan yang terjadi. Untuk melakukan perencanaan tersebut maka perlu pengawasan terhadap pembangunan agar penggunaan anggaran tidak melenceng seperti yang direncanakan sebelumnya.

Bagaimana dengan Peran Industri Asuransi dalam Menunjang Pembangunan Infrastruktur di Indonesia?

Asuransi yang bersifat jangka panjang dan merupakan investasi yang stabil, oleh sebab itu akan bisa dimanfaatkan untuk pembiayaan infrastruktur (*infrastructure financing*) guna mendorong pembangunan nasional mengingat selama ini infrastruktur menjadi hambatan terhadap pertumbuhan ekonomi. Asuransi dan dana pensiun merupakan investor jangka panjang yang memainkan peran penting dalam pengembangan pasar modal dan proyek pembiayaan infrastruktur. Industri asuransi dalam hal ini asuransi jiwa merupakan investasi yang stabil dan bersifat jangka panjang, oleh sebab itu sebagian dananya bisa diinvestasikan ke dalam obligasi infrastruktur. Untuk itu industri asuransi harus bersifat agresif atau berinisiatif memberikan saran kepada pemerintah dan regulator bagaimana industri asuransi bisa membantu pembiayaan infrastruktur. Disamping itu Pemerintah juga diharapkan jeli dalam melihat peluang ini dengan mengeluarkan insentif kebijakan kepada perusahaan asuransi nasional yang aktif mendukung pembiayaan infrastruktur. Selama ini dana perbankan sulit digunakan untuk infrastruktur karena tidak ada kecocokan terhadap jangka waktunya, Dana Pihak Ketiga (DPK) Bank umum nasional yang mencapai trilyunan dengan *Loan to Deposit Ratio* (LDR) yang tinggi, maka perbankan akan lebih memilih pembiayaan jangka pendek dibandingkan investasi pada proyek infrastruktur karena risikonya tinggi. Industri asuransi justru sebaliknya, mempunyai sumber dana yang berjangka panjang, tapi alokasi penempatannya terbatas. Industri asuransi nasional harus berani mengajukan diri kepada pemerintah untuk diberi kesempatan membiayai

infrastruktur, agar pembiayaan tidak jatuh ke perusahaan asing sebagai akibat dari pinjaman luar negeri pemerintah. Efek kerugian kalau kita dalam membangun infrastruktur menggunakan pinjaman luar negeri adalah pinjaman bilateral bisa berujung pada tekanan negara kreditur agar memprioritaskan perusahaan asal negaranya dalam proyek pembangunan sampai kepada tekanan penggunaan konten lokal. Efek lanjutannya adalah biaya proyek akan lebih tinggi dan meningkatnya impor dari negara kreditur akan berujung pada defisit perdagangan (Roeslani, 2015).

Pembangunan infrastruktur tidak hanya dilakukan di Indonesia. Hal ini terlihat dari usulan Dewan Asuransi ASEAN (*ASEAN Insurance Council/AIC*) yang ternyata juga mendorong industri asuransi untuk berinvestasi dalam proyek-proyek infrastruktur. Sebab, ASEAN membutuhkan pembangunan infrastruktur prioritas guna mendorong ekonomi lokal dan regional.

Dalam hal IPM, luasnya negara kita mengakibatkan adanya kesenjangan antar provinsi yang sangat signifikan baik dalam hal jumlah nominal maupun kecepatan pertumbuhan PDRB per kapita. Kesenjangan pembangunan manusia antarwilayah Indonesia Bagian Barat (IBB) dan Indonesia Bagian Timur (IBT) juga terlihat dari fakta bahwa 10 provinsi yang terendah nilai IPMnya seluruhnya berasal dari wilayah IBT, yaitu Provinsi Papua, Nusa Tenggara Barat, Nusa Tenggara Timur, Papua Barat, Kalimantan Barat, Maluku Utara, Sulawesi Barat, Kalimantan Selatan, Sulawesi Tenggara, dan Gorontalo. Sedangkan provinsi-provinsi dari wilayah IBB secara umum menempati posisi sedang hingga tinggi, seperti Provinsi DKI Jakarta, Riau, Yogyakarta, dan Kepulauan Riau. Hanya beberapa Provinsi dari IBT yang tergolong sebagai provinsi dengan IPM tinggi, yaitu Provinsi Sulawesi Utara, Kalimantan Timur, dan Kalimantan Tengah, sedangkan yang tergolong IPM sedang didominasi oleh provinsi dari wilayah IBB. (Badan Pusat Statistik, 2012).

Melihat data tersebut, kebijakan pemerintah yang memutuskan untuk membangun infrastruktur dimulai dari wilayah IBT sudah sangat tepat. Namun pembangunan infrastruktur tidak cukup dengan membangun infrastruktur fisik, tetapi juga perlu membangun infrastruktur non fisik, yaitu

pendidikan dan kesehatan. Sebagai contoh, beberapa provinsi di wilayah IBT berada dalam kondisi *parah* dengan nilai IPM dan PDRB per kapita yang sangat rendah, karena memang ada keterkaitan antara IPM dengan PDRB (Ezkirianto dan Findi, 2013) seperti Provinsi Nusa Tenggara Barat dan Nusa Tenggara Timur. Hal ini dapat disebabkan oleh rata-rata lama sekolah yang berada jauh di bawah rata-rata nasional dan berada pada peringkat ke-31 dan 32 dari 34 provinsi.

PENUTUP

Inovasi industri asuransi, yaitu pengembangan jenis asuransi yang dinamakan asuransi mikro, termasuk didalamnya asuransi banjir (*flood insurance*) Peran industri asuransi sangat mungkin mengambil peran dalam pembiayaan pembangunan infrastruktur di Indonesia. Dampak adanya inovasi industri asuransi dan pembangunan infrastruktur, adalah keduanya dengan jelas mempunyai tujuan menjadikan masyarakat akan meningkat tingkat/taraf kehidupannya dan merasakan hidup lebih tenang karena adanya jaminan risiko yang memadai melalui asuransi mikro dengan premi yang sangat terjangkau, lapangan pekerjaan sangat luas dengan adanya pembangunan infrastruktur, penyerapan tenaga kerja dan teknologi dalam masa pembangunan infrastruktur maupun setelahnya.

Hasil akhir dari pembangunan infrastruktur dan inovasi industri asuransi semua nantinya akan berdampak pada meningkatnya tingkat perekonomian masyarakat sekaligus akan meningkatkan Indeks Pembangunan Manusia khususnya di Kabupaten Bandung. Dalam jangkauan yang lebih luas dapat diterapkan di seluruh Indonesia sehingga nantinya akan mengakibatkan tercapainya program Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (*Sustainable Development Goals/SDG*).

REFERENSI

- Affandi, N.A dan Anwar, N. (2006). *Pemodelan Hujan-Debit menggunakan Model HEC-HMS di DAS Sampean Baru* (Paper). Magister Manajemen dan Rekayasa Sumber Ari Jurusan Teknik Sipil ITS, Surabaya.
- Badan Penanggulangan Bencana Daerah Jawa Barat. (2010).
- Badan Pusat Statistik. (2012). *Statistik Indeks Pembangunan Manusia*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Comptroller of the Currency Administrator of National Banks. (2009). *Flood disaster protection handbook*. Consumer Compliance Examination. Diakses melalui <https://www.occ.gov/>
- Dewan Asuransi Indonesia. (2013). Challenges and prospects in developing microinsurance in Indonesia. *The 9th International Microinsurance Conference 2013*, Jakarta.
- Ezkirianto, R & Findi A. M. (2013). Analisis keterkaitan antara Indeks Pembangunan Manusia dan PDRB Per kapita di Indonesia. *Jurnal Ekonomi dan Kebijakan Pembangunan*, 2 (1), 14-29.
- Fiedler. (1999). Diakses melalui Routing<URL: http://rds.vahoo.com/ylt=158581062/**http%3a//www.comet.ucar.edu/class/hydromet/08_Jun14_1999/html/johnson/one_day_routing/one_day_routing.PPT> pada 9 September 2006.
- Hendri, A & Inra, M.S. (2007). *Pemodelan penelusuran banjir dengan Metode Muskinghum*.
- Hakim, A. A. (2016). Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi Indeks Pembangunan Manusia (IPM) di Indonesia (Skripsi). Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Haluoleo, Kendari.
- Olivia. G., & Argo, T.A. (2015). Kesiapan menghadapi bencana banjir melalui pendekatan skema asuransi yang mempertimbangkan ketataruangan di DKI Jakarta. *Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota*, 4 (5), 313-327.

- Roeslani, R. (2015). Seminar Internasional Asosiasi Asuransi Umum Indonesia (AAUI) di Hotel Grand Hyatt, Jakarta.
- Sidi, P. (2016). Estimation of total loss damage insurance premiums which causes the Citarum River flooding in South Bandung Region, Indonesia. *The Asian Mathematical Conference*, Bali.
- Sosrodarsono, S. & Takeda, K. (1993). *Hidrologi untuk pengairan*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- Supranto, J. (2010). *Analisis multivariat, arti dan interpretasi.*, Jakarta: Penerbit Rineka Cipta.
- Ul Haq, M. (2002). *Human Development Reports*. United Nations Development Programme (UNDP).
- Waskito, T.N. (2013). *Evaluasi pengendalian banjir Sungai Cibeet, Kabupaten Bekasi* (Paper). Program Studi Magister Pengelolaan Sumber Daya Air, Institut Teknologi Bandung, Bandung.



Pengembangan Kawasan Permukiman
dan Keberlanjutan Kota
(Bambang Deliyanto & Sumartono)

PENGEMBANGAN KAWASAN PERMUKIMAN DAN KEBERLANJUTAN KOTA

Bambang Deliyanto (deli@ecampus.ut.ac.id)
Sumartono (sumartono@ecampus.ut.ac.id)

PENGANTAR

Fenomena abad 21 ini mayoritas manusia akan meninggalkan lingkungan alam maupun pedesaan dan akan tinggal di kota-kota. Di Indonesia, diperkirakan tidak kurang dari 40% penduduk tinggal di kawasan perkotaan. Untuk pulau Jawa, populasi urban pada tahun 1998 adalah 54,6 juta jiwa. Pada tahun 2018 ini 146,9 juta jiwa dan pada tahun 2035 akan tumbuh 11,82% menjadi 167,3 juta jiwa (Anonim, 2018) atau hampir 3 kali lipat lebih besar dari angka 1998. Populasi Pulau Jawa pada 17 tahun mendatang (2035) setara dengan 54% jumlah penduduk Indonesia, yaitu sebanyak 305,65 juta jiwa. Perserikatan Bangsa-Bangsa (United Nations, 2014) menyatakan, bahwa sebanyak 54% penduduk dunia tinggal di perkotaan. Bahkan, jumlah tersebut akan terus meningkat menjadi 80% di tahun 2050. Tentu tingginya penduduk yang tinggal diperkotaan tidak lepas dari arus urbanisasi. Tingginya angka urbanisasi telah membuat kota-kota besar di Indonesia mengalami penurunan daya dukung. Oleh karena itu Indonesia ikut menyepakati program kota dan komunitas berkelanjutan yang menjadi salah satu tujuan dari *Sustainable Development Goals* (SDGs), yang merupakan tujuan pembangunan bersama sampai tahun 2030 yang disepakati oleh berbagai negara dalam forum resolusi PBB.

SDGs selain untuk mencapai kota dan komunitas berkelanjutan, juga mencakup berbagai isu pembangunan sosial dan ekonomi. Termasuk di dalamnya kemiskinan, kelaparan, kesehatan, pendidikan, perubahan iklim, air, sanitasi, energi, lingkungan dan keadilan sosial. SDGs juga dikenal sebagai *Transforming our World: the 2030 Agenda for Sustainable Development* atau "Transformasi Dunia Kita: Agenda 2030 untuk Pembangunan Berkelanjutan". Konsep SDGs tersebut melanjutkan konsep

pembangunan *Millenium Development Goals* (MDGs) di mana konsep itu sudah berakhir pada tahun 2015. Jadi, kerangka pembangunan yang berkaitan dengan perubahan situasi dunia yang semula menggunakan konsep MGDs sekarang diganti SDGs. Berbeda dengan MDGs, kerangka kerja SDGs tidak membedakan antara negara-negara “maju” dan “berkembang”. Sebaliknya, tujuannya berlaku untuk semua negara.

Indonesia melalui Pemerintahan Pusat telah melakukan upaya sejak 1976 untuk meringankan tekanan penduduk terhadap DKI Jakarta sebagai Ibu Kota Negara Indonesia melalui Instruksi Presiden No. 13 tahun 1976 tentang Pengembangan Wilayah Jabodetabek. Agar menyerasikan perencanaan pengembangan wilayah Jakarta, Bogor, Tangerang, dan Bekasi, selanjutnya disebut Jabotabek, dengan tujuan untuk membina pola permukiman penduduk dan penyebaran kesempatan kerja yang lebih merata. Kebijakan ini mendorong pengembangan kota dengan pola invasi (pembangunan kota baru) oleh Pemda DKI Jakarta dan melahirkan perumahan dan permukiman berskala besar di daerah yang bersinggungan dengan Jakarta. Jumlah perumahan dan pemukiman meliputi 130 di Kabupaten dan Kodya Bogor, 107 di Kabupaten dan Kodya Bekasi, dan 152 di Kabupaten dan Kodya Tangerang. Pembangunan kawasan permukiman di pinggiran Jakarta berhasil menekan pertumbuhan penduduk Jakarta yang turun menjadi 2,4%, namun meningkatkan pertumbuhan penduduk Botabek menjadi 4,9% (Bappeda DKI Jakarta, 1997). Kebijakan pengembangan kota dengan pola invasi ini menyumbang permasalahan yang khas di wilayah pinggiran Jakarta. Sebagai contoh antara lain: kemacetan lalu lintas di jalan arteri yang menghubungkan inti kota Jakarta, belum siapnya daerah Botabek menyiapkan sarana dan prasarana permukiman sehingga menimbulkan ketidaknyamanan warga serta terganggunya fungsi ekosistem sehingga dapat menghambat keberlanjutan lingkungan perkotaan.

Berangkat dari pemahaman bahwa ekosistem adalah contoh sistem berkelanjutan yang terbaik yang kita kenal saat ini, maka diperlukan pembahasan konsep pembangunan permukiman berkelanjutan, baik itu keberlanjutan secara sosial, ekonomi, dan ekologi. Tulisan ini membahas

tentang adanya hubungan antara pengembangan kawasan permukiman dengan keberlanjutan atau tidaknya suatu kota.

PEMBAHASAN

Beberapa Teori Permukiman dan Kota Berkelanjutan

Kawasan permukiman adalah sebidang lahan yang diperuntukkan bagi pengembangan permukiman (Direktorat Jendral Cipta Karya, 1997). Kawasan menurut UU RI No. 26 Tahun 2007 Tentang Penataan Ruang merupakan bagian dari wilayah yang batas dan sistemnya ditentukan berdasarkan aspek fungsional, yang terdiri atas kawasan lindung dan budidaya. **Kawasan lindung** adalah kawasan yang ditetapkan dengan fungsi utama melindungi lingkungan hidup yang mencakup sumberdaya alam dan sumberdaya buatan. Sedangkan yang dimaksud dengan **kawasan budidaya** adalah kawasan yang ditetapkan dengan fungsi utama untuk dibudidayakan atas dasar kondisi dan potensi sumber daya alam, sumber daya manusia, dan sumber daya buatan, seperti hutan produksi, kawasan pertanian, kawasan industri, kawasan berikat, kawasan pariwisata, kawasan tempat beribadah, kawasan pendidikan, kawasan pertahanan keamanan, kawasan perkotaan, kawasan perdesaan dan kawasan permukiman.

Permukiman sendiri menurut UU RI Nomor 1 Tahun 2011 Tentang Perumahan dan Kawasan Permukiman adalah merupakan bagian dari lingkungan hidup di luar kawasan lindung, baik yang berupa kawasan perkotaan maupun perdesaan yang berfungsi sebagai lingkungan tempat tinggal atau lingkungan hunian dan tempat kegiatan yang mendukung kehidupan dan perikehidupan dan penghidupan. Tempat tinggal yang dimaksud disini adalah tempat tinggal untuk seseorang atau satu keluarga yang terdiri atas rumah dan pekarangan. Oleh karena itu salah satu komponen permukiman adalah perumahan.

Perumahan sendiri mempunyai arti kelompok rumah yang berfungsi sebagai lingkungan tempat tinggal atau lingkungan hunian (alami, buatan dan sosial) yang dilengkapi dengan prasarana dan sarana lingkungan, dalam hal ini

adalah sarana dan prasarana lingkungan buatan (Direktorat Jendral Cipta Karya, 1997). Kelengkapan sarana dan prasarana lingkungan inilah yang membedakan antara permukiman di perdesaan dan perkotaan. Kota tidak akan berfungsi baik tanpa ada sarana dan prasarana yang lengkap. Kota yang dimaksud disini adalah suatu daerah yang berpenduduk relatif besar dan pada umumnya bersifat non agraris, cenderung berpola hubungan rasional, ekonomis dan individualis (Direktorat Jendral Cipta Karya, 1997).

Keberlanjutan secara sederhana dapat dipahami sebagai bertahan hidup atau belangsung secara lama. Keberlanjutan dalam konteks lingkungan hidup selain perspektif jangka waktu yang lama juga mempertimbangkan sumberdaya alam bumi. Menurut Salim (2005), keberlanjutan hendaknya dikaitkan dengan keberlanjutan secara ekonomi, sosial dan lingkungan hidup, baik itu lingkungan alami, buatan atau sosial budaya.

1. Pengembangan Permukiman dan Teori Perencanaan Kota

Pengembangan permukiman dalam skala besar tidak dapat dipisahkan dengan perencanaan suatu kota, karena pada hakekatnya kota adalah tempat terkonsentrasinya permukiman penduduk dalam skala besar. Hal ini didukung pendapat Kirmanto (2002) yang menyatakan bahwa pembangunan kota termasuk di dalamnya pengembangan kawasan permukiman atau pembangunan permukiman. Dengan memperhatikan pengertian permukiman, perumahan dan kota tersebut maka untuk merencanakan pembangunan permukiman tidak lepas akan pembahasan tentang teori perencanaan kota. Teori dan praktek perencanaan kota atau permukiman modern berurusan dengan membentuk dan menata lingkungan fisik buatan dan sosial manusia melalui desain maupun kebijakan yang rasional. Perencanaan kota ini merupakan respons terhadap buruk dan kacanya lingkungan buatan fisik dan sosial kota-kota yang *unliveable*, yaitu antara lain lingkungan yang tidak sehat, tidak aman, tidak nyaman, tidak tersedianya lapangan pekerjaan dan perumahan yang layak, tuntutan akan kualitas hidup tetap tidak berubah. Pendekatan perencanaan kota senantiasa mengalami perubahan. Dari sejarah perencanaan kota, kota

dapat diamati sebagai: taman, karya seni, perluasan arsitektur, drama sosial, sistem dan sebagainya.

Pada awalnya, perencanaan kota modern muncul karena gerakan reformasi kota sebagai reaksi terhadap teror fisik dan sosial yang terjadi di kota-kota industri. Dari beberapa literatur ditunjukkan bahwa berbagai gerakan atau aliran pada masa ini adalah: gerakan taman kota (*parks movement*) yang dipelopori oleh Fredrick law Olmsted, "*city beautiful*" dan "*civic art*", kota taman (*garden city*) yang diusulkan pertama-tama oleh Ebenezer Howard, diikuti oleh Patrick Geddes, kemudian dipopulerkan oleh Leis Mumford di Amerika. Pada tahun 1933 CIAM (Kongres Internasional Arsitektur Modern) menetapkan Charter of Athena, yaitu manifesto yang mengecam sakitnya kota-kota industri dan meletakkan dasar-dasar persyaratan fisik bagi lingkungan kota yang indah, manusiawi dan sehat (Uguy, 2001).

Setelah perang dunia berakhir dan keadaan mulai stabil, terjadi perubahan ide-ide perencanaan yang signifikan. Pada tahun 1960-an muncul dua macam teori perencanaan (yang sebelumnya perencanaan dianggap *common sense*), yaitu: cara pandang sistem dan cara pandang rasional. Keduanya dikritik sebagai meletakkan rencana dan keputusan perencanaan lingkungan kota yang ingin diciptakan, tanpa memasukkan aspek manusia, walaupun pendekatan ini sangat mendominasi dunia perencanaan kota. Kritik juga dimunculkan oleh Davidoff (1965) tentang pentingnya muatan nilai dan aspek politik dari perencanaan melalui publikasinya "*Advocacy and Pluralism Planning*".

2. Pola Pertumbuhan dan Perkembangan Kota

Sejalan dengan pertumbuhan populasi dan perkembangan aktifitas manusia, pola tata guna tanah yang merupakan wujud adaptasi manusia terhadap lingkungannya pun berkembang. Dikenal tiga model utama yang menjelaskan struktur keseluruhan kota, yaitu: *cincin konsentris* (Burgess), *Sektor* (Hoyt), dan *inti berganda* (Harris dan Ullman) (Catanese & Snyder 1979).

Tiga model yang menjelaskan struktur kota ini merupakan hasil analisis dengan pendekatan ekologis (*Ecological Approach*) pertama kali dikembangkan oleh masyarakat ilmiah di *Chicago School of Urban* antara 1916-1940, yang diilhami oleh proses persaingan alami yang terjadi pada masyarakat tumbuhan dan binatang (Yunus, 2000). Dalam masyarakat binatang dan tumbuhan ini terlihat adanya interrelasi antara berbagai jenis spesies dan lingkungan, dan proses interrelasi ini telah menimbulkan perimbangan kualitas dan kuantitas spesies yang kemudian pada jangka waktu tertentu akan membentuk pola persebaran spesies yang khas. Ide ini mendorong pengembangan "*human ecology*" yang kemudian, diartikan sebagai studi hubungan spasial dan temporal dari manusia yang dipengaruhi oleh kekuatan, selektif, distributif dan akomodatif dari lingkungan (Kenzi 1925 dalam Yunus, 2000).

Menurut Park (1936) dalam Yunus (2000), masyarakat manusia dalam membentuk permukiman terorganisir ke dalam 2 tingkat yaitu:

- (1) *Natural/biotic level*
- (2) *Novel/cultural level*

Secara novel atau *cultural level* dijelaskan oleh Koentjaraningrat (1980) yang menguraikan tentang asal mula dan perkembangan kota yang berhubungan dengan tiga tingkatan organisasi manusia, yaitu masyarakat tradisional (*folk society*), masyarakat pra industri (*civilized pre industrial society "feudal" society*) dan masyarakat modern industrial (*modern industrial society*). Dikatakan bahwa kota-kota industri mulai muncul pada level masyarakat industri, yang mempunyai ciri surplus makanan, domestikasi binatang, spesialisasi, struktur kelas, peralatan metalurgi, tulisan, dan energi selain otot.

Pada tingkat natural, proses-proses ekologis yang terjadi pada masyarakat manusia mirip dengan apa yang terjadi pada masyarakat tumbuhan dan binatang. Proses ini (perhatikan ciri makhluk hidup) antara lain (Koentjaraningrat (1980):

- (1) Membutuhkan tempat untuk tinggal
- (2) Mengembangkan keturunannya
- (3) Membutuhkan tempat untuk mencari makan

Pada manusia proses tersebut sangat terlihat pada suatu permukiman atau kota melalui sistem sosial yang ada dan kemudian menghasilkan pola-pola diferensiasi sosial dan penggunaan lahan. Pada tingkat novel atau kultural proses interaksi yang terjadi semakin kompleks karena manusia tidak lagi dipandang sebagai makhluk hidup saja tetapi sebagai makhluk hidup yang berbudaya dan beragama yang mempunyai kekuatan mencipta, berkarsa dan berkarya dalam menjalankan tugas yang dibebankan Tuhan dalam mengelola bumi.

Pada kenyataannya jarang sekali perkembangan permukiman atau kota mengikuti sepenuhnya salah satu pola struktur kota tersebut. Zona-zona konsentris berubah sesuai berjalannya waktu menjadi sektor-sektor ketika jalan raya memperpanjang pola-pola tata guna tanah. Inti-inti baru juga berkembang karena pembangunan permukiman baru pada tata guna tanah. Selama dekade terakhir ini, banyak kota-kota dunia makin berkembang dengan pola menyebar. Di Amerika Serikat ini dikenal dengan istilah *urban sprawl* atau di Indonesia dikenal dengan daerah pinggiran kota (*peri urban*). Ada tiga macam pola penyebaran yang berbeda, yaitu (1) perkembangan kontinu berkepadatan rendah, (2) perkembangan pita (*ribbon development*), dan (3) perkembangan lompat katak (*leap frog development*) (Farmer & Gibb dalam Catanese & Snyder, 1979).

Pola perkembangan ini melahirkan komunitas-komunitas sub-urban (dan ex-urban) yang kemudian berkembang pula dengan pola yang menyebar. Meskipun perkembangan permukiman hasil dari perencanaan yang sistemik yang sistematis baik secara ekonomi, politik dan sosial, namun pola penyebaran ini sering digambarkan "kacau dan tak terencana" (*chaos and unplanned*), sehingga keberlanjutan permukiman terganggu. Kondisi ini juga dialami oleh Indonesia baik Jakarta dengan Jabodetabek (Jakarta, Bogor, Depok, Tangerang, Bekasi), maupun Surabaya dengan Gerbangkertosusila (Gresik, Bangkalan, Mojokerto, Surabaya, Sidoarjo, Lamongan).

Dua faktor lain yang mempengaruhi perkembangan kota, pertama adalah adanya organisasi sosial khusus yang ditopang oleh kekuatan politik untuk mengelola surplus pertanian dan mengorganisasikan tenaga kerja. Kedua

adalah adanya lingkungan yang baik, berupa tanah yang subur dan suplai air untuk pertanian dan permukiman kota (Uguy, 2001). Lingkungan seperti ini ada di lembah-lembah sungai di wilayah lintang tengah dan daratan aluvial yang luas. Kota atau permukiman pertama yang dikenal dalam peradaban manusia di lembah sungai Efrat dan Tigris (Mesopotamia), Nil, Indus dan Sungai Kuning.

3. Konsep Keberlanjutan dan Aplikasinya pada Pembangunan Permukiman.

Secara epistemologis, istilah "berkelanjutan" (*sustainable*) berasal dari kata Latin *sub* dan *tenere*, yang berarti *to uphold* atau *to keep*, mengandung makna menopang atau menjaga. Pemakaiannya secara konseptual, dapat ditelusuri pada konsep '*sustainable yield*' yaitu '*renewable resources managed so as not to be depleted overtime*' (Miller, 1975), seperti yang dikembangkan ahli-ahli kehutanan Jerman, yang kemudian juga mempengaruhi Aldo Leopold dalam pengembangan gagasannya tentang etika bumi (*land ethic*) yang memperkenalkan kepada etika lingkungan akademik suatu pendekatan baru yaitu ekosentrisme (Leopold dalam Armstrong & Botzler, 1993).

Penggunaan konsep '*sustainable*' secara spesifik pertama kali dapat ditemukan dalam buku '*Limits to Growth*' oleh Donella Meadows dan peneliti lain dari MIT (Meadows, Meadows, Randers, & Behrens III, 1972). Secara sederhana keberlanjutan dapat dipahami sebagai bertahan hidup atau berlangsung lama. *A sustainable system is one which survives or persists* (Costanza & Patten, 1995). Dalam biologi berarti mencegah kerusakan dan hidup untuk bertahan dan memproduksi. Dalam ekonomi berarti mencegah kerusakan dan kolaps, melindungi terhadap instabilitas dan diskontinuitas. Pada dasarnya keberlanjutan mempertimbangkan *temporality* (kesementaraan) dan khususnya *longevity* (umur panjang).

Dalam penggunaannya ada kesulitan dalam mendefinisikan keberlanjutan karena adanya ketidakpastian ilmiah dan ketidakpastian sosial ekonomi (Bey, 2005), ketidakpastian ilmiah karena adanya keterbatasan

pengetahuan dan prediksi sistem-sistem fisik maupun natural, ketidakpastian sosial ekonomi karena adanya keterbatasan pengetahuan dan prediksi sistem-sistem sosial dan infrastruktur. Misalnya bila suatu sistem dikatakan telah mencapai keberlanjutan, tidak berarti lama hidup bisa tak terbatas (*an infinite life span*), tetapi suatu masa hidup yang konsisten dengan skala ruang dan waktu tertentu. Jadi sistem berkelanjutan dalam konteks ini adalah mencapai masa harapan hidup sepenuhnya (sel, organisme, populasi, ekosistem, ekosfer, planet mempunyai masa harapan hidup yang berbeda-beda).

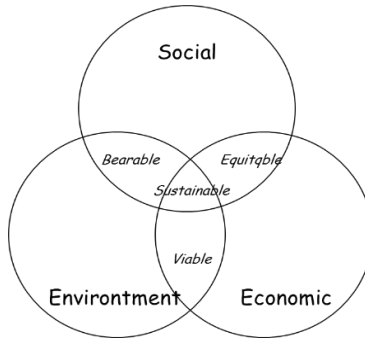
Sejak Laporan komisi Brundtland (1987) *Our Common Future* diluncurkan, dan KTT Bumi (1991) dicanangkan, panggilan untuk melaksanakan pembangunan berkelanjutan bergema secara internasional dan masuk ke berbagai bidang dan lapisan masyarakat. Rumusan komisi untuk pembangunan berkelanjutan adalah "Pembangunan yang memenuhi kebutuhan masa kini tanpa mengurangi kemampuan generasi mendatang untuk memenuhi kebutuhan mereka sendiri". Meskipun rumusan WCED tersebut banyak dikritik, karena antara lain dinilai antroposentris dan memunculkan konsep kebutuhan yang sulit dibatasi, namun telah merangsang pengembangan pemikiran dan penerapan lebih jauh sehubungan dengan interaksi manusia dengan lingkungan hidupnya.

Keberlanjutan dalam bidang permukiman juga telah diamanatkan dalam Agenda 21 yang dicanangkan di Rio de Janeiro tahun 1992 yang mengamanatkan pentingnya pembangunan yang berkelanjutan di sektor permukiman, dituangkan pada Agenda Habitat I. Hasil konferensi tersebut adalah kesepakatan masyarakat internasional tentang kerangka kerja pembangunan permukiman manusia berwawasan lingkungan yang memberi perhatian pada masalah sosial, ekonomi dan lingkungan hidup. Juga Konferensi PBB mengenai Permukiman di Istanbul pada 1996, menghasilkan Agenda Habitat II yang menjadi acuan dalam penanganan lingkungan binaan untuk mewujudkan pembangunan berkelanjutan. Pemerintah RI kemudian merumuskan dalam Rencana Tindak Agenda Habitat II yang disampaikan pada Konferensi Habitat II+5 di New York pada 2001 (Perserikatan Bangsa-bangsa, 2017). Rumusan isu pembangunan

berkelanjutan dan kelestarian lingkungan ini mendorong untuk segera menerapkan pembangunan lingkungan binaan yang bertumpu pada masyarakat (*Community Based Development/CBD*).

Mukadimah Agenda Habitat II 1996, merekomendasikan dua tema, yaitu tempat tinggal yang layak bagi semua orang dan pembangunan permukiman yang berkelanjutan di dunia yang 'meng-kota'. Tema pertama membawa komitmen untuk mencapai tempat tinggal yang layak bagi semua orang, khususnya kelompok miskin yang kurang diperhatikan baik dipertanian maupun perdesaan, melalui pendekatan pemberdayaan pada pembangunan dan peningkatan tempat tinggal dalam lingkungan yang sehat. Tema kedua, pengembangan permukiman berkelanjutan yaitu memadukan pembangunan ekonomi, sosial dan lingkungan hidup. Masyarakat didudukkan sebagai pelaku utama pembangunan baik pembangunan sosial ekonomi dan lingkungan fisiknya maupun dalam pelestarian lingkungan hidup (Perserikatan Bangsa-bangsa, 2017).

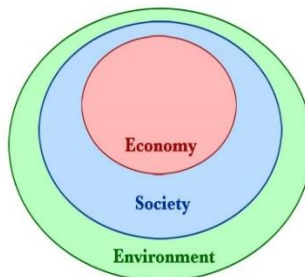
Dalam tulisan Pembangunan Kota Berkelanjutan (Wardhono, 2012), berbagai pandangan tersebut mengisyaratkan pentingnya suatu dialog dalam memaknai keberlanjutan, yaitu untuk memposisikan dimensi ekonomi, sosial, dan lingkungan sebagai tiga pilar utama dalam sistem kehidupan sebagaimana dinyatakan oleh *Brundtland Commission*. Jika dimensi ekonomi dan sosial dianggap dapat mewakili dan merepresentasikan tujuan dan kegiatan pembangunan (*development*), maka keduanya perlu memiliki keterkaitan dengan dimensi lingkungan, termasuk sumberdaya alam. Pada hakekatnya keterkaitan (*overlapping*) ketiga pilar tidak sepenuhnya bersifat *mutually exclusive*, namun mampu menciptakan perkuatan satu dengan lainnya (*mutually reinforcing*) sebagaimana ditunjukkan Gambar 1 berikut (Wardhono, 2012).



Sumber: Wardhono (2012)

Gambar 1. Interaksi Tiga Pilar Pembangunan Berkelanjutan

Lebih lanjut dikatakan (Wardhono, 2012) bahwa Jonathon Porritt, seorang ekolog Inggris menganggap bahwa "ekonomi adalah subsistem kehidupan sosial, dan kehidupan sosial merupakan subsistem biosfer atau sistem total kehidupan di bumi. Tidak satu subsistem pun mampu melampaui kapasitas sistem biosfer". Oleh karena itu Jonathon Porritt tidak sependapat dengan pola ketekaitan ketiga pilar tersebut, dan meyakini bahwa terdapat batas *ultimate* biosfer dalam menopang kehidupan sosial dan ekonomi manusia di bumi sebagaimana digambarkan Porritt seperti pada Gambar 2 berikut.

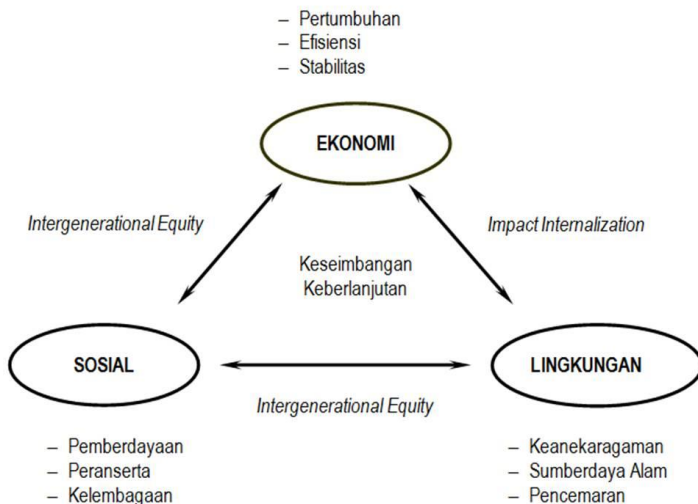


Sumber: Porritt dalam Wardhono (2012)

Gambar 2. Pilar Lingkungan (Biosfer) Membatasi Pilar Ekonomi dan Sosial

Namun pendapat Porrit (dalam Wardhono, 2012) disanggah, bahwa menempatkan keberlanjutan lingkungan diatas kepentingan ekonomi dan sosial dalam kehidupan manusia sulit diwujudkan oleh adanya kendala finansial, teknologi, dan kapasitas sumberdaya manusia.

Dari ulasan-ulasan tersebut dapat disimpulkan bahwa ketiga pilar disepakati sebagai dimensi keberlanjutan, namun keterkaitan ketiganya perlu diintegrasikan dalam posisi tidak absolut, oleh karena dalam kehidupan manusia dihadapkan pada keterbatasan dan kendala. Konsep keberlanjutan yang dipahami sebagai integrasi tiga pilar keberlanjutan ekonomi, keberlanjutan sosial, dan keberlanjutan lingkungan saling memperkuat. Seperti yang dirangkum oleh Munasinghe (2007) yang mengelaborasi elemen pokok ketiga pilar, yakni pilar ekonomi oleh elemen pertumbuhan, efisiensi, dan stabilitas; pilar sosial oleh elemen pemberdayaan, peranserta, dan kelembagaan; dan pilar lingkungan oleh elemen keanekaragaman, sumberdaya alam, dan pencemaran seperti Gambar 3 berikut.



Sumber: Munasinghe (2007)

Gambar 3. Elemen Pokok Pembangunan Berkelanjutan

4. Kota dan Komunitas Berkelanjutan

Batasan pengertian tentang pembangunan berkelanjutan tersebut berkembang terus, dengan berbagai argumentasinya termasuk pembangunan kota berkelanjutan. Dalam URBAN 21 Conference di Berlin pada bulan Juli 2000 telah disepakati rumusan sebagai berikut: *“Sustainable urban development essentially means improving the quality of life in a city, including ecological, cultural, political, institutional, and economic components without leaving a burden on the future generations”* (Budihardjo, 2010).

Pengertian tersebut menurut Budihardjo (2010) dinilai cukup komprehensif, karena telah mencakup segala aspek. Kendati demikian, sebagaimana yang dilontarkan oleh Shakespeare *“What is a city but its people”*, menurut Budihardjo (2010) rumusan tersebut perlu dilengkapi dengan pemahaman tentang keberlanjutan dari komunitas manusia atau warga kotanya. *Institute for Sustainable Communities* memberi batasan pengertian tentang *sustainable urban communities* sebagai warga kota yang memiliki rasa tempat (*sense of place*) dengan landasan visi dan misi yang ditetapkan dan dianut bersama oleh segenap pemangku kepentingan (*stakeholders*), termasuk pihak swasta, badan-badan pemerintah, lembaga swadaya masyarakat, kalangan kampus, organisasi keagamaan, asosiasi profesi, bahkan juga kelompok yang kurang beruntung (*diffabled* atau *disadvantaged*). Komunitas perkotaan semacam itu selalu akan mengawal perkembangan kotanya melalui wacana dan debat publik yang inklusif dan konstruktif, dilandasi semangat kebesamaan, kesukarelaan, kemandirian, dengan penekanan pada pencapaian kesejahteraan dan kebahagiaan segenap warga, tanpa kecuali. Dari kedua batasan pengertian tentang pembangunan kota dan komunitas kota berkelanjutan tersebut, nampak bahwa aspek budaya dan tata kelola menempati posisi yang penting, tidak kalah dibanding dengan aspek tata ruang, ekonomi dan ekologi yang serba terukur dan kasat mata. Budihardjo (2010), menyatakan dalam bidang arsitektur dan perkotaan pun berlaku adagium *“Di balik setiap bangunan dan kota yang Anda lihat, terdapat manusia dengan pernik-pernik budayanya yang acapkali tidak Anda lihat”*.

Mengenai prinsip-prinsip pembangunan kota berkelanjutan, hampir serupa dengan batasan pengertiannya, selalu berkembang terus. Semula, William McDonough memperkenalkan prinsip yang disebutnya dengan '*Triple Top Line*' yaitu *Environment*, *Employment*, dan *Equity* yang dilengkapi dengan '*Triple Bottom Line*' yaitu *People*, *Planet*, dan *Profits* (Yudelson, 2007 dalam Budihardjo. 2010).

PENUTUP

Peningkatan kepadatan penduduk yang begitu cepat sangat mempengaruhi meningkatnya intensitas penggunaan lahan khususnya untuk permukiman. Tanpa perencanaan permukiman yang baik keberlanjutan kota akan terganggu akibat terganggunya ekosistem pendukung kota. Konsep keberlanjutan dipahami sebagai integrasi tiga pilar, yaitu keberlanjutan ekonomi, keberlanjutan sosial, dan keberlanjutan lingkungan saling memperkuat. Dengan demikian, perumusan kota yang berkelanjutan perlu dilengkapi dengan pemahaman tentang keberlanjutan dari komunitas manusia atau warga kotanya seperti aspek budaya dan tata kelola. Konsep pembangunan permukiman berkelanjutan ini, baik itu keberlanjutan secara sosial, ekonomi, dan ekologi dapat menunjang terlaksananya tujuan SDGs.

REFERENSI

- Anonim. (2018). Penduduk Jawa bakal mencapai 167 Juta jiwa. Diakses melalui <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2018/04/06/2035-penduduk-jawa-bakal-mencapai-167-juta-jiwa> pada April 2018.
- Armstrong, S. & Botzler, R.G. (eds). (1993). *Environment ethics divergence and convergence*. New York: McGraw-Hill.
- Bappeda DKI Jakarta. (1997). *Laporan Interim: Pekerjaan studi pepaduserasian tata ruang Jabotabek*. Jakarta: Bappeda DKI.
- Bey, A. (2005). *Integrasi Lingkungan dan Pembangunan*, Materi Kuliah Doktoral Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Brundtland, G.H. (1987). *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future*. Diakses September 2018 dari <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf>.
- Budihardjo, E. (2010). Pembangunan kota berkelanjutan dalam persepektif sosial budaya dan tata kelola. *Workshop Pelestarian Fungsi Barito untuk mendukung Pembangunan Kota Berkelanjutan*, Banjarmasin 25 September 2010.
- Catanese,, A.J. & Snyder, J.C. (eds). (1979). *Introduction to urban planning*. NewYork: McGraw-Hill Book Co.
- Costanza & Patten. (1995). Defining and predicting sustainability. *Elsevier Journal Ecological Economics*, 15, 193-196.
- Davidoff. (1965). Advocacy and pluralism planning. *Journal of the American Institute of Planners*. Diakses melalui http://urbanpolicy.net/wp-content/uploads/2012/11/Davidoff_1965_Advocacy-and-pluralism-in-planning.pdf pada 15 September 2018.

- Direktorat Jendral Cipta Karya (1997). *Kamus Tata Ruang, Edisi 1*. Jakarta: Direktorat Jendral Cipta Karya Departemen Pekerjaan Umum, bekerja sama dengan Ikatan Ahli Perencanaan Indonesia.
- Kirmanto, D. (2002). Pembangunan permukiman berkelanjutan. *Seminar Peduli Banjir "Forest"*. Jakarta.
- Koentjaraningrat. (1980). *Pengantar Ilmu Anthropologi*. Jakarta: Aksara Baru.
- Meadows, D.H., Meadows D.I., Randers, J., & Behrens III, W.W. (1972). *The limits to growth*. Diakses melalui <http://www.ask-force.org/web/Global-Warming/Meadows-Limits-to-Growth-Short-1972.pdf>
- Miller, G.T. (1975). *Living in the environment: Concept, problems, and alternatives*. Belmont, Cal: Wadsworth Publishing Company, Inc.
- Munasinghe, M. (2007). *Sustainable development triangle, 'Sustainable Development'*, edited by Cleveland, C. J.
- Perserikatan Bangsa-bangsa. (2017). *Agenda baru perkotaan*. Diakses melalui <http://habitat3.org/wp-content/uploads/NUA-Bahasa-Indonesia.pdf>
- Salim, E. (2005). Pembangunan berkelanjutan. *Seminar FMIPA Universitas Terbuka Tangerang Selatan*.
- Uguy, M.J.H. (2001). *Pengembangan lingkungan peri-urban dan keberlanjutan kota* (Disertasi). Program Doktor PSL Universitas Indonesia, Jakarta.
- Undang-Undang Republik Indonesia No 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang.

Undang-Undang Republik Indonesia No 1 Tahun 2011 tentang Perumahan dan Kawasan Permukiman.

United Nations. (2014). *World urbanization prospects, the 2014 revision*. Diakses melalui <https://esa.un.org/unpd/wup/publications/files/wup2014-highlights.pdf>

Wardhono, F. (2012). *Pembangunan kota berkelanjutan*. Diakses melalui <https://fitriwardhono.wordpress.com/2012/04/14/pembangunan-kota-berkelanjutan/> pada 6 September 2018.

Yunus, H.S. (2000). *Struktur tata ruang kota*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.



Potensi Mangrove sebagai Karbon Biru Indonesia
bagi Pembangunan Berkelanjutan
(Susi Sulistiana)

Pengelolaan Ekosistem Mangrove Berbasis Masyarakat
secara Berkelanjutan:
Studi Kasus Desa Blanakan, Subang, Jawa Barat
(Yuni Tri Hewindati)

POTENSI MANGROVE SEBAGAI KARBON BIRU INDONESIA BAGI PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN

Susi Sulistiana
(susi@ecampus.ut.ac.id)

PENGANTAR

Sebagai salah satu negara kepulauan paling besar di dunia, Indonesia mempunyai peran yang signifikan dalam aspek pengelolaan potensi kawasan pesisirnya sebagai upaya dalam menangani isu perubahan iklim dan pengelolaan mangrove berkelanjutan (Budiyayu, 2018). Berdasarkan *Conservation International* (CI) Indonesia tahun 2017, bahwa data tahun 2015 menunjukkan Indonesia memiliki 3,1 juta hektar wilayah mangrove. Angka ini setara dengan 22% ekosistem mangrove di seluruh dunia. Wilayah mangrove terluas ada di Provinsi Papua Barat dengan luas 482,029 hektar (Barakalla & Megawanto, 2017).

Mangrove merupakan sumber daya alam yang berperan penting dalam memelihara keseimbangan antara ekosistem darat dan perairan. Ekosistem mangrove merupakan wilayah yang berfungsi sebagai jembatan antara daratan dan lautan (Muhtadi & Sitohang, 2016). Menurut Anang *dalam* Barakalla & Megawanto (2017), mangrove merupakan ekosistem dengan berbagai fungsi serta jasa lingkungan, salah satunya dalam upaya mitigasi dan adaptasi perubahan iklim. Ekosistem ini juga sebagai pendukung kehidupan yang perlu dijaga kelestariannya (Indrayanti, 2015). Indonesia dengan luasan mangrove terluas di dunia, berperan cukup tinggi dalam menekan pemanasan global, dan menahan karbon yang merupakan salah satu penyebab pemanasan tersebut.

Karbon biru merupakan salah satu *term* (batasan) yang digunakan dalam mendeskripsikan jasa lingkungan mangrove ini. Ekosistem lainnya yang juga dapat berkontribusi ke karbon biru, antara lain rawa pasang surut dan padang lamun. Ekosistem karbon biru pesisir merupakan salah satu ekosistem yang paling terancam di bumi, yaitu sekitar 340.000 hingga

980.000 hektar ekosistem ini dihancurkan setiap tahunnya. Diperkirakan sampai dengan 67% dan sedikitnya 35% dan 29 % dari seluruh cakupan global mangrove, rawa pasang surut, dan padang lamun, secara berurutan telah hilang. Jika hal ini berlanjut terus dengan laju yang tetap, maka 30-40% rawa pasang surut, padang lamun, dan hampir semua mangrove yang tidak dilindungi akan hilang dalam waktu kurun waktu 100 tahun ke depan. Saat terdegradasi atau hilang, maka ekosistem ini akan menjadi sumber emisi gas rumah kaca (GRK) karbon dioksida yang besar (Barakalla & Megawanto, 2017).

Karbon biru memberikan peluang baru untuk mendorong dan mendukung pelestarian (pemulihan dan perlindungan) ekosistem pesisir secara global untuk mempertahankan berbagai keuntungan yang diberikan oleh ekosistem ini (Barakalla & Megawanto, 2017). Selain itu pemanfaatan karbon biru, juga sebagai bentuk implementasi dari tujuan pembangunan berkelanjutan (*Sustainable Development Goals/SDGs*, butir 14: *life bellow water* - kehidupan bawah laut, melestarikan dan menjaga keberlangsungan laut dan kehidupan sumber daya laut untuk perkembangan pembangunan yang berkelanjutan).

Tulisan ini berupa studi atau kajian literatur yang menjelaskan tentang potensi mangrove sebagai karbon biru Indonesia bagi pembangunan berkelanjutan termasuk di dalamnya menjelaskan mangrove dan fungsi ekosistemnya, pengelolaan mangrove, dan mangrove sebagai penyerap karbon biru yang didukung dengan hasil-hasil penelitian pengukuran karbon birunya.

PEMBAHASAN

Fungsi Ekosistem Mangrove

Mangrove tumbuh dan berkembang dengan baik pada pantai yang memiliki sungai yang besar dan terlindung. Tumbuhan mangrove memiliki kemampuan khusus untuk beradaptasi dengan kondisi lingkungan yang ekstrim, seperti kondisi tanah yang tergenang, kadar garam yang tinggi,

serta kondisi tanah yang kurang stabil. Dengan kondisi lingkungan seperti itu, beberapa jenis mangrove mengembangkan mekanisme yang memungkinkan secara aktif mengeluarkan garam dari jaringan, sementara yang lainnya mengembangkan sistem akar napas untuk membantu memperoleh oksigen bagi sistem perakarannya (Bengen, 2004). Hutan mangrove sering juga disebut sebagai hutan bakau atau hutan payau (*mangrove forest* atau *mangrove swamp forest*). Menurut Andrianto (2014) hutan mangrove merupakan kelompok tumbuhan berkayu yang tumbuh di sekeliling garis pantai dan memiliki adaptasi yang tinggi terhadap salinitas payau. Keberadaan hutan mangrove dalam ekosistem pantai merupakan suatu ekosistem alam, memiliki fungsi ekologis, dan sosial ekonomi yang memiliki berbagai manfaat (Farimansyah, 2005).

Ekosistem mangrove merupakan ekosistem yang subur, karena degradasi serasah mangrove memasok unsur hara bagi lingkungannya. Unsur hara kemudian dimanfaatkan oleh plankton dalam fotosintesis, sehingga perairan mempunyai produktivitas yang tinggi. Ketersediaan plankton dan benthos di perairan tersebut merupakan makanan bagi ikan. Dengan kondisi tersebut, ikan memanfaatkan ekosistem perairan mangrove sebagai daerah mencari makan, memijah, dan pembesaran. Jadi mangrove mempunyai nilai ekologis yang tinggi untuk menunjang keberlangsungan ekosistem akuatik (Indrayanti, 2015). Ekosistem mangrove mendukung konservasi keanekaragaman hayati, dengan menyediakan tempat tinggal, tempat berkembang biak, tempat pengasuhan anak dan tempat mencari makan berbagai jenis hewan, termasuk beberapa golongan hewan yang terancam kepunahan, mulai dari golongan reptil, amphibi, aves, dan mamalia. Ekosistem mangrove dapat juga melindungi ekosistem terumbu karang (*coral reefs*), dan padang lamun (*sea grass*) (FAO, 2007).

Fungsi lain dari mangrove sebagaimana dikemukakan oleh Hoy (2018), diantaranya adalah kemampuan mangrove dalam menyimpan karbon lebih besar dibandingkan karbon hutan, sehingga mangrove sangat berperan dalam mitigasi perubahan iklim. Selain itu kandungan nutrisi yang baik pada mangrove sangat bermanfaat bagi spesies ikan untuk melakukan pemijahan. Berkaitan dengan konservasi keanekaragaman hayati, ekosistem mangrove

dapat mempertahankan habitat pesisir yang kaya akan keanekaragaman hayati.

Jenis-Jenis Tumbuhan Mangrove

Luasnya areal ekosistem mangrove di Indonesia, menyebabkan Indonesia memiliki keanekaragaman jenis tumbuhan mangrove yang sangat banyak. Jenis-jenis tumbuhan mangrove yang telah teridentifikasi, terdiri atas 202 jenis meliputi 89 jenis pohon, lima jenis palma, 19 jenis pemanjat, 44 jenis herba tanah, 44 jenis epifit, dan satu jenis paku. Dari 202 jenis tersebut, 43 jenis (diantaranya 33 jenis pohon dan beberapa jenis perdu) ditemukan sebagai mangrove sejati (*true mangrove*), sementara jenis lain ditemukan di sekitar mangrove dan dikenal sebagai jenis mangrove ikutan (*associate*) (Noor, Khazali, & Suryadiputra, 2006). Bakau (mangrove) adalah suatu komponen ekosistem yang terdiri atas komponen mayor dan minor. Mangrove yang merupakan komponen mayor disebut juga mangrove sejati, yakni mangrove yang hanya dapat hidup di lingkungan mangrove (pasang surut). Komponen minor merupakan komponen mangrove yang dapat hidup di luar lingkungan mangrove (tidak langsung kena pasang surut air laut) atau dapat disebut mangrove ikutan (Erlin, 2011).

Dari sekian banyak jenis tumbuhan mangrove di Indonesia, jenis yang banyak ditemukan antara lain adalah jenis api-api (*Avicennia sp.*), bakau (*Rhizophora sp.*), tancang (*Bruguiera sp.*), dan bogem atau pedada (*Sonneratia sp.*). Jenis-jenis mangrove tersebut merupakan tumbuhan mangrove yang menangkap, menahan endapan, dan menstabilkan tanah habitatnya (Irawanto, Ariyanti, & Hendrian, 2015).

Kebijakan Pengelolaan Mangrove

Barakalla & Megawanto (2017), menjelaskan terdapat dua payung hukum yang berhimpitan dalam pengelolaan mangrove, yaitu Undang-Undang No. 41 tahun 1999 tentang Kehutanan dan Undang-Undang No. 27 Tahun 2007 jo dan Undang-Undang No. 1 Tahun 2014 (UU 27/2007 jo UU 1/2014) tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil. UU 41/1999

menyebutkan bahwa hutan adalah suatu kesatuan ekosistem berupa hamparan lahan berisi sumber daya alam hayati yang didominasi pepohonan dalam persekutuan alam lingkungannya, yang satu dengan lainnya tidak dapat dipisahkan (Pasal 1 ayat 2). Dengan definisi ini, maka ekosistem mangrove masuk kategori hutan. Sementara UU 27/2007 jo UU 1/2014 menyebutkan bahwa wilayah pesisir adalah daerah peralihan antara ekosistem darat dan laut yang dipengaruhi oleh perubahan di darat dan laut. Berdasarkan definisi ini, ekosistem mangrove termasuk dalam kategori wilayah pesisir. Dengan demikian, ekosistem mangrove adalah sumber daya yang diatur oleh dua Undang-Undang, yaitu UU 41/1999 dan UU 27/2007 jo UU 1/2014.

Dalam pelaksanaannya, terdapat dua kementerian yang bertanggungjawab dalam pengelolaan mangrove berdasarkan kedua Undang-Undang tersebut, yaitu Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) yang merujuk pada UU 41/1999 dan Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) yang berlandaskan pada UU 27/2007 jo UU 1/2014. Dalam hal ini, KLHK mengelola ekosistem mangrove yang masuk kawasan hutan, sementara KKP mengelola mangrove di luar kawasan hutan. Menurut UU 41/1999, kawasan hutan adalah wilayah tertentu yang ditunjuk dan atau ditetapkan oleh pemerintah untuk dipertahankan keberadaannya sebagai hutan tetap. Hal yang dinantikan saat ini adalah pembagian kawasan mangrove yang masuk kawasan hutan dan mangrove yang non-kawasan hutan.

Kebijakan lain untuk menghindari terjadinya dampak negatif dari kewenangan ganda adalah dengan keluarnya Peraturan Presiden No. 73 Tahun 2012 (Perpres 73/2012) tentang Strategi Nasional Pengelolaan Ekosistem Mangrove. Terdapat dua pertimbangan penting dari keluarnya Perpres ini, yaitu:

1. ekosistem mangrove merupakan sumberdaya lahan basah wilayah pesisir dan sistem penyangga kehidupan dan kekayaan alam yang nilainya sangat tinggi, oleh karena itu perlu upaya perlindungan, pelestarian dan pemanfaatan secara lestari untuk kesejahteraan masyarakat;

2. bahwa untuk menyelenggarakan pengelolaan ekosistem mangrove berkelanjutan yang merupakan bagian integral dari pengelolaan wilayah pesisir yang terpadu dengan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai diperlukan koordinasi, integrasi, sinkronisasi dan sinergi lintas sektor, instansi, dan lembaga.

Selain itu, juga terdapat dua mandat penting dari Perpres 73/2012 kepada Tim Koordinasi Nasional Pengelolaan Ekosistem Mangrove, yaitu: (1) menyusun kebijakan, strategi, program, dan indikator kinerja pengelolaan mangrove; dan (2) membentuk Kelompok Kerja Mangrove Tingkat Nasional (KKMTN). Mandat pertama diselesaikan pada tahun 2017 melalui Peraturan Menteri Koordinator Bidang Perekonomian No. 4 Tahun 2017 (Permenko 4/2017) tentang kebijakan, strategi, program, dan indikator kinerja pengelolaan mangrove. Sebagaimana tercantum dalam Perpres 73/2012, Permenko 4/2017, Strategi Nasional Pengelolaan Ekosistem Mangrove (SNPEM) bertujuan untuk mensinergikan kebijakan dan program pengelolaan ekosistem mangrove yang meliputi bidang ekologi, sosial ekonomi, kelembagaan, dan peraturan perundang-undangan untuk menjamin fungsi dan manfaat ekosistem mangrove secara berkelanjutan bagi kesejahteraan masyarakat. Disebutkan juga bahwa SNPEM dilaksanakan secara terkoordinasi sebagai landasan dan pedoman bagi pemerintah, pemerintah daerah, pelaku usaha, dan masyarakat.

Demikian juga dengan arah kebijakan SNPEM dalam Permenko 4/2017 mengacu pada Perpres 73/2012 yang diuraikan sebagai berikut.

1. Pengendalian pemanfaatan dan konversi ekosistem mangrove dengan prinsip kelestarian (*no net lost*).
2. Peningkatan fungsi ekosistem mangrove dalam perlindungan keanekaragaman hayati, perlindungan garis pantai, dan sumber daya pesisir serta peningkatan produk yang dihasilkan sebagai sumber pendapatan bagi negara dan masyarakat.
3. Pengelolaan ekosistem mangrove sebagai bagian integral dari pengelolaan wilayah pesisir terpadu dan pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS).

4. Komitmen politik dan dukungan kuat pemerintah daerah, dan para pihak lainnya.
5. Koordinasi dan kerjasama antar instansi dan para pihak terkait secara vertikal dan horisontal untuk menjamin terlaksananya kebijakan SNPEM.
6. Pengelolaan ekosistem mangrove berbasis masyarakat dengan memperhatikan nilai ekologi, ekonomi, dan sosial budaya yang bertujuan untuk meningkatkan pendapatan masyarakat dan mendukung pembangunan yang berkelanjutan.
7. Peningkatan kapasitas pemerintah daerah dalam melaksanakan kewenangan dan kewajiban pengelolaan ekosistem mangrove sesuai dengan kondisi dan aspirasi lokal.
8. Pengembangan riset, iptek, dan sistem informasi yang diperlukan untuk memperkuat pengelolaan ekosistem mangrove yang berkelanjutan.
9. Pengelolaan ekosistem mangrove melalui pola kemitraan antara pemerintah, pemerintah daerah, dunia usaha, dan masyarakat dengan dukungan lembaga dan masyarakat internasional, sebagai bagian dari upaya mewujudkan komitmen lingkungan global.

Program-program terkait pengelolaan mangrove telah dilakukan oleh berbagai pihak, baik pemerintah pusat yang bekerjasama dengan pemerintah daerah, maupun lembaga dan organisasi pemerhati lingkungan sebagai bentuk dukungan terhadap kebijakan pemerintah. Beberapa program mangrove yang dilakukan oleh pemerintah pusat diantaranya sebagai berikut.

1. Program Rehabilitasi Pantai Entaskan Masyarakat Setempat (Rantai EMAS). Program ini dikelola oleh Deputi Bidang Pengendalian Kerusakan Lingkungan dan Perubahan Iklim, KLHK tahun 2011 – 2014, pada 63 lokasi di 13 kabupaten/kota, 10 provinsi, yakni Sumatera Utara, Banten, Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, Bali, NTT, Sulawesi Tenggara, Gorontalo dan Kalimantan Barat. Program ini bertujuan merehabilitasi ekosistem mangrove bersamaan dengan pengentasan kemiskinan masyarakat pesisir. Hasil dari program ini yaitu tahun 2011 penanaman 550.000 bibit mangrove, tahun 2012 penanaman 1.130.000 bibit mangrove, dan tahun 2013 penanaman 790.000 bibit mangrove.

2. *One Map Program*. Program ini dikelola oleh Badan Informasi Geospasial (BIG) yang dimulai tahun 2013 di seluruh Indonesia, setelah keluarnya Inpres No.10/2011 tentang Penundaan Pemberian Izin Baru dan Penyempurnaan Tata Kelola Hutan Alam Primer dan Lahan Gambut. Program ini bertujuan bahwa BIG bersama dengan KLHK, Kementan, serta BPN menghasilkan satu peta yang mengandung satu referensi, satu standar, satu basis data serta satu geoportal, dan melakukan pembaharuan Peta Moratorium setiap 6 bulan. Produk hasilnya berupa Buku Pemetaan Mangrove (Sumatera), Buku Pemetaan Lahan Garam, dan Buku Pemetaan Karakteristik Perairan Dangkal (Gorontalo, Sulawesi Selatan).

Pemerintah daerah juga melaksanakan program konservasi mangrove. Salah satu contohnya adalah Perdes No.01/2015 tentang Pengelolaan Kawasan Mangrove Desa Wedung, Kecamatan Wedung, Kabupaten Demak, Provinsi Jawa Tengah. Perdes ini dikeluarkan berdasarkan adanya ancaman kerusakan masif kawasan ekosistem mangrove di Desa Wedung sebagai akibat pembukaan lahan untuk tambak dan perumahan penduduk. Kerusakan paling parah terjadi pada kawasan muara sungai dan sepanjang pesisir pantai. Dengan dukungan penuh LSM LPPSP Semarang, di bawah program *Mangroves for the Future* (MFF) *Medium Grant Proejct* (MGF), Perdes dikeluarkan oleh Pemerintah Desa Wedung dengan persetujuan Pemerintah Daerah Kabupaten Demak serta Pemerintah Daerah Provinsi Jawa Tengah pada bulan Maret 2015. Berdasarkan Perdes tersebut, berbagai kegiatan rehabilitasi kawasan pesisir, perikanan budidaya Bandeng dengan metode *silvofishery*, peningkatan kapasitas ekonomi masyarakat (peningkatan usaha skala rumah tangga), serta komunikasi dan pembelajaran dilaksanakan dengan melibatkan seluruh elemen masyarakat (Barakalla & Megawanto, 2017).

Program mangrove yang dilakukan oleh lembaga nonpemerintah dan sektor swasta (program CSR) melalui kerjasama dengan pemerintah dan kelompok masyarakat antara lain adalah sebagai berikut.

1. Program *Mangroves for the Future* (MFF) - Program IUCN dan UNDP yang diinisiasi tahun 2006, sedangkan pelaksanaannya di mulai tahun

2008. Tempat atau lokasi ada 32 proyek skala kecil, menengah maupun besar di 35 desa dari 9 provinsi, yakni DKI Jakarta, Jawa Barat, Banten, Jawa Tengah, DI Jogjakarta, Jawa Timur, Sulawesi Utara, Gorontalo serta Sulawesi Selatan. Adapun tujuan program ini terkait pengelolaan kawasan pesisir, khususnya di daerah terdampak perubahan iklim dan rawan bencana (tsunami, banjir bandang, dan lain-lain), baik pihak pemerintah, LSM, kelompok masyarakat, maupun lembaga pendidikan hingga swasta. Hasilnya adalah penanaman lebih dari 1.500.000 bibit mangrove di kawasan seluas lebih dari 150 ha, pengembangan lebih dari 30 usaha skala kecil oleh kelompok masyarakat dengan mengembangkan kearifan dan sumber daya lokal, pelaksanaan beberapa ujicoba budidaya perikanan di Jawa Barat, Jawa Tengah, dan Jawa Timur.

2. *Partnership for Resilience* (PfR) - Wetlands International Indonesia (WII) pada tahun periode I: 2011-2015 dan periode II: 2016-2021 di 9 (sembilan) negara, antara lain Indonesia (NTT dan Teluk Banten), Etiopia, Guatemala, India, Kenya, dan sebagainya. Tujuan kegiatan ini yakni berkontribusi pada peningkatan resiliensi masyarakat melalui pengelolaan ekosistem yang menggabungkan kegiatan *climate change adaptation* (CCA) dengan *ecosystem management and restoration* (EMR) ke dalam *Disaster Risk Reduction* (DRR), serta penguatan kapasitas masyarakat dalam menghadapi dampak bencana. Hasilnya adalah lebih dari 30 desa yang terdapat di 9 lokasi dari 2 provinsi telah melakukan kegiatan peningkatan kapasitas masyarakat serta penanaman bibit mangrove dengan total penerima manfaat lebih dari 54.000 orang.
3. LESTARI – USAID dimulai pada tahun 2015 di 6 (enam) lokasi strategis di Aceh, Kalimantan Tengah, serta Papua. Tujuannya adalah memberi dukungan kepada pemerintah Indonesia dalam penurunan emisi gas rumah kaca (GRK) serta melakukan konservasi biodiversitas dengan kandungan karbon dan ekosistem mangrove dan hutan. Menggunakan pendekatan bentang darat, hutan terintegrasi, serta konservasi lahan gambut dengan pembangunan rendah emisi pada lahan yang terdegradasi. Hasil dari program ini berupa MoU antara LESTARI dengan Pemprov Aceh, dua MoU lainnya dengan Pemprov Papua dan Kalteng

sedang disiapkan, patroli hutan di taman nasional, kerjasama dengan BRG dalam *rapid hydrological assessment* Blok C, pengembangan mata pencaharian berkelanjutan masyarakat, penandatanganan Cagar Alam Cyclop bersama para pihak terkait, pelatihan gender, serta pemberian hibah proyek pembuatan 5 video terkait kebakaran dan asap di Kalteng.

4. *Restoring Coastal Livelihood (RCL)* – OXFAM tahun 2010 – 2015 di lokasi 60 desa di pesisir barat Sulawesi Selatan. Program ini bertujuan meningkatkan resiliensi ekologi dan ekonomi masyarakat pesisir melalui restorasi hutan mangrove, pertanian tanah salinitas, mendorong pertumbuhan usaha skala kecil, serta mendorong pelibatan perempuan dalam pembangunan. Hasil dari program ini yaitu 1.000 penerima manfaat (umumnya terdiri atas perempuan) dari 60 usaha skala kecil (beberapa diantaranya berkembang lebih baik lagi), 44 pelatihan bisnis skala kecil, dan restorasi lebih dari 300 ha mangrove.

Selain itu, terdapat kegiatan yang dilakukan oleh kelompok masyarakat maupun individu dijumpai di beberapa lokasi di Indonesia terkait pengelolaan mangrove, beberapa diantaranya sebagai berikut.

1. Kelompok Tani Tambak Sido Agung di Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur, yang melakukan pembibitan dan penanaman bibit mangrove di kawasan tambak dan sungai, serta lahan pengolahan garam. Kelompok ini juga melakukan pengembangan usaha pengolahan hasil tangkap nelayan skala rumah tangga. Keunikan kelompok ini adalah adanya inisiasi Bank Garam dimana kelompok petani garam menyisihkan sebagian hasil garam mereka untuk membeli dan menanam bibit mangrove di pematang lahan penggaraman mereka.
2. Kelompok Sadar Lingkungan Paddakauang di Kabupaten Pohuwato, Gorontalo, yang melakukan pembibitan dan penanaman bibit mangrove serta pengembangan usaha kelompok nelayan pembesaran ikan karang. Kelompok ini mengembalikan kondisi ekosistem mangrove dengan berpegang pada kearifan lokal melalui proses belajar mandiri (otodidak) yang dilakukan secara berkelanjutan. Kemampuan Paddakauang tersebut kemudian menarik Universitas Negeri Gorontalo (UNG) untuk bermitra dalam berbagai kegiatan riset terkait ekosistem mangrove di Kabupaten Pohuwato. Untuk itu, UNG dan Paddakauang

telah menandatangani nota perjanjian kerjasama dan kesepakatan (MoU) dalam proses rehabilitasi dan restorasi ekosistem mangrove.

Pengelolaan Mangrove

Bentang mangrove memiliki arti penting bagi iklim global (Sigit, 2014). Dengan menyelamatkan mangrove berarti tiga miliar metrik ton karbon setidaknya tidak terlepas ke udara. Hutan mangrove sendiri memiliki kemampuan empat kali lipat dari hutan biasa sebagai penyimpan cadangan karbon dalam tanah. Dengan demikian mangrove merupakan ekosistem penting dalam mitigasi iklim global. Dengan menyelamatkan mangrove dapat menurunkan emisi karbon Indonesia ke tingkat 26% (41% jika ada komitmen bantuan Internasional) pada tahun 2020. Indonesia sendiri memiliki 3,1 juta ha mangrove atau hampir seperempat kawasan mangrove yang ada di dunia yang sangat berpotensi sebagai penyerap karbon di ekosistem pesisir. Menurut Daniel Murdiyarso, peneliti iklim dari Pusat Penelitian Hutan Internasional (CIFOR, 2014), satu hektar mangrove mampu untuk menyerap antara 600-1800 ton karbon atau jika digunakan rata-rata maka 1.200 ton karbon dapat dipertahankan dalam 1 hektar bentang hutan mangrove. Jika mangrove di Indonesia 3,1 juta ha, sekurang-kurangnya 3 miliar metrik ton karbon dapat diselamatkan untuk tidak terlepas sebagai emisi ke udara. Namun faktanya dari 3,1 juta ha mangrove di Indonesia, hanya 46%-nya yang masih baik.

Rehabilitasi mangrove memakan waktu dan biaya, dalam lima tahun terakhir Kemenhut merestorasi 31.600 ha dari target 40.000 hingga akhir tahun 2014. Kawasan mangrove yang masih baik di Indonesia berada di Papua, khususnya di kabupaten Mimika dan Asmat. Mangrove di Papua meliputi 69% kawasan mangrove yang ada di Indonesia (Sigit, 2014). Sigit (2014) lebih jauh mengemukakan bahwa mangrove juga amat rentan terhadap perubahan bentang ekofisik, sebagai contoh eks daerah tsunami di Aceh tidak semuanya dapat direhabilitasi karena substrat dasar telah berubah dari endapan lumpur berair yang cocok untuk mangrove menjadi bentang pasir yang membuat akar mangrove mudah terbawa arus samudera.

Kerusakan mangrove sendiri paling besar diakibatkan oleh tambak udang. Hal ini tidak dipungkiri oleh Coco Kokarkin Soetrisno dalam Sigit (2014), dari Dirjen Pembudidayaan KKP bahwa Kementerian Kelautan dan Perikanan tidak lagi mengalokasikan dana untuk ekstensifikasi tambak udang, namun lebih ditekankan pada intensifikasi, kecuali tambak yang sudah terlanjur dibuka. Dengan demikian 20% area tambak harus tetap dijadikan area mangrove. Brown dalam Sigit (2014) mengemukakan bahwa di Delta Mahakam Kalimantan Timur, mangrove yang dibuka untuk tambak sudah mencapai lebih dari 60.000 hektar, sekarang rusak karena adanya endapan asam sulfat yang muncul terangkat dari area tersebut yang menyebabkan kematian udang.

Mengelola mangrove berbeda dengan mengelola hutan biasa, karena tidak terdapat kearifan lokal nenek moyang yang diwariskan ke generasi sekarang. Untuk itu mengelola mangrove dan memulihkannya kembali perlu dilakukan dengan metode yang cocok. Sigit (2014) juga mengemukakan, pengelolaan mangrove walaupun secara umum masih ditemukan banyak kendala. Salah satu contoh praktik pengelolaan mangrove yang baik yaitu di daerah Tanakeke, Sulawesi Selatan yang difasilitasi oleh LSM Internasional (Gambar 1). Ratusan hektar tanaman mangrove mengelilingi Kepulauan Tanakeke, yang menjaga pulau dari hantaman ombak, khusus di musim angin kencang. Untuk penyelamatan mangrove dari penebangan liar, warga dan pemerintah desa menginisiasi Peraturan Desa tentang Pengelolaan Mangrove. Saat ini masyarakat telah mendapat manfaat dari pengelolaan mangrove lestari. Kunci dari pengelolaan mangrove oleh masyarakat sebenarnya adalah jika masyarakat mendapat insentif dari pengelolaan mangrove, dan masyarakat akan melestarikan mangrove jika mereka merasa mangrove merupakan kebutuhan. Disisi lain pengelolaan tidak akan berhasil, bila tidak ada kelembagaan yang kuat, baik di tingkat masyarakat maupun di tingkat daerah.



Sumber: Sigit (2014)

Gambar 1. Tanaman Mangrove Mengelilingi Kepulauan Tanakeke

Contoh lainnya adalah pengelolaan mangrove di daerah Lantebung, Makassar, Sulawesi Selatan. Masyarakat (khususnya nelayan) melakukan penanaman bibit mangrove sekitar 20 ribu untuk menambah mangrove yang sudah ada yaitu sekitar 80 ribu pohon yang sudah ditanam sejak 2010 lalu (Gambar 2).



Sumber: Wahyu Chandra dalam Fajar (2016)

**Gambar 2. Penanaman Mangrove di Sepanjang Pesisir Lantebung,
Makassar, Sulawesi Selatan**

Selain itu Sigit (2014) juga melaporkan tentang kondisi mangrove yang tidak dikelola dengan baik, seperti contoh berikut.

1. Di daerah Pohuwato, Gorontalo, ekosistem mangrove yang ada di cagar alam telah dikonversi menjadi tambak (Gambar 3). Kawasan ini telah berubah menjadi tambak ikan bandeng dan udang sejak tahun 1980-an.



Sumber: Chirstopel Paino dalam Sigit (2014)

Gambar 3. Kawasan Cagar Alam Tanjung Panjang di Desa Patuhu, Kecamatan Randangan, Pohuwato, Gorontalo

2. Di daerah Bengkalis Propinsi Riau, mangrove terlanjur dikonversi menjadi perkebunan kelapa dan karet oleh masyarakat, yang saat ini sedang dipulihkan kembali menjadi mangrove seperti sediakala.
3. Di daerah Mimika, Papua. Di tingkat Pemerintah Daerah masih ditemui kendala koordinasi pengelolaan mangrove dengan Pemerintah Pusat. Hal ini dikarenakan adanya rencana pendirian pabrik semen di kawasan yang masuk dalam area mangrove, yang kabarnya mendapat ijin dari Pemerintah Pusat.

Dalam pengelolaan mangrove maka rencana Tata Ruang Wilayah menjadi kata kunci untuk penyelamatan mangrove. Tanpa adanya komitmen dari Pusat dan Daerah, serta tanpa adanya model insentif yang diberikan kepada

Pemerintah Daerah, masyarakat, dan swasta pengelolaan mangrove tidak akan berjalan mulus atau lancar. Untuk itu, faktor ekonomi memegang peran penting untuk mengkonversi mangrove menjadi tetap tinggi.

Karbon Biru (*Blue Carbon*)

Selama ini, kita mengetahui bahwa hutan berfungsi sebagai penyerap dan penyimpan karbon. Degradasi dan alih fungsi lahan hutan merupakan tindakan yang dapat mengemisi karbon ke atmosfer bumi dan menyebabkan GRK di atmosfer bumi semakin padat. Karena itulah kegiatan mitigasi perubahan iklim dititikberatkan pada upaya-upaya perbaikan wilayah hutan. Akan tetapi, ada potensi emitan karbon yang tidak kalah besar dibanding wilayah hutan, yaitu ekosistem pesisir yang meliputi hutan mangrove, tumbuhan laut (*seagrass*), dan rawa-rawa yang merupakan hal penting dalam upaya mitigasi perubahan iklim. Secara alamiah, ekosistem pesisir menyerap karbon dari atmosfer dan lautan lalu menyimpannya. Karbon yang tersimpan dalam ekosistem pesisir dikenal sebagai *Blue Carbon*.

Berdasarkan penelitian, ditemukan fakta bahwa ekosistem pesisir juga merupakan penyerap gas rumah kaca. Ekosistem tersebut diyakini menyerap dan menyimpan karbon 100 kali lebih banyak dan lebih permanen dibandingkan dengan hutan di daratan. Berbeda dengan ekosistem daratan yang cenderung tidak bertambah pada saat tertentu, ekosistem pesisir mampu menyerap dan menyimpan karbon dalam sedimen secara terus-menerus dalam kurun waktu yang lama. Sekitar 50-99% karbon yang diserap oleh ekosistem pantai disimpan dalam tanah di kedalaman 6 meter di bawah permukaan tanah. Karbon yang tersimpan ini dapat tersimpan sampai ribuan tahun. Karena potensi yang besar inilah ekosistem pesisir bisa berperan banyak sebagai solusi adaptasi dan mitigasi dampak perubahan iklim (Direktorat Jenderal Pengendalian Perubahan Iklim, 2018).

Mangrove sebagai Penyerap Karbon Biru

Indonesia mempunyai potensi karbon biru (*blue carbon*) yaitu penyerapan karbon dari ekosistem pesisir dan laut yang luar biasa besar (Fajar, 2016). Kawasan pesisir dan lautan Indonesia berpotensi menyerap karbon sekitar 138 juta ton ekuivalen per tahun atau lima kali lebih besar dibanding potensi penyerapan ekosistem hutan tropis di Indonesia. Potensi penyerapan karbon itu dapat mengurangi 25% emisi karbon global. Jumlah penyimpanan karbon yang tinggi ini menunjukkan bahwa ekosistem mangrove dan laut dapat memainkan peranan penting dalam mitigasi perubahan iklim. Sebagai negara kepulauan tropis terbesar, Indonesia menjadi kawasan segitiga terumbu karang (*coral triangle*) terluas di dunia. Sebesar 52% ekosistem terumbu karang dunia terdapat di Indonesia.

Iklim tropisnya juga membuat kawasan pesisir Indonesia menjadi tempat yang cocok untuk pertumbuhan hutan bakau (mangrove), padang lamun, dan rumput laut. Pada *Conversation International* (CI) Indonesia pada 18 Oktober 2017, menyebutkan bahwa menurut data tahun 2015, Indonesia memiliki 3,1 juta ha wilayah mangrove. Angka ini setara dengan 22% ekosistem mangrove di seluruh dunia dan 30 juta ha padang lamun yang terluas di dunia. Wilayah mangrove terluas di Indonesia ada di Provinsi Papua Barat dengan luas 482,029 ha. Pemerintah Daerah Kaimana di Papua Barat, Universitas Papua, Balai Riset dan Observasi Laut Kementerian Kelautan dan Perikanan, serta *Conversation International* pada 2015 lalu bekerja sama untuk menghitung kemampuan serapan karbon di ekosistem karbon biru yang ada di Teluk Arguni, Buruway, Etna, serta Kaimana kota di Kabupaten Kaimana. Hasilnya adalah jumlah stok karbon pada lahan mangrove seluas 34,329 ha ini setara dengan yang dihasilkan 19,7 juta unit kendaraan bermotor atau sekitar 39,3 miliar liter bensin setiap tahun. Bahkan, 76 ribu ha kawasan mangrove di Kabupaten Kaimana ternyata menyimpan 54 juta Mg Carbon dengan potensi serapan mencapai 168.128 Mg C per tahun. Data ini menegaskan bahwa ekosistem mangrove memiliki peran penting dalam mendukung komitmen pengurangan emisi. Pemerintah Kabupaten Kaimana ternyata menyambut baik usulan untuk menjadikan wilayahnya sebagai laboratorium *Blue Carbon*. Mereka pun

mendukung inisiatif pelestarian ekosistem mangrove dan mengembangkan alternatif mata pencaharian berkelanjutan bagi masyarakat yang kebanyakan berbudidaya kepiting bakau. Studi ini akan menjadi referensi dalam tata kelola pelestarian mangrove Kaimana yang tak hanya mendukung pencapaian komitmen nasional dalam pengurangan emisi, namun juga mendukung ekonomi masyarakat (Inibaru.Id, 2017).

Pada acara *Internasional Blue Carbon Symposium* (IBCS) di Manado *Convention Center* Manado Sulawesi Utara pada 15 Mei 2014, ahli kelautan dari Dewan Nasional Perubahan Iklim (DNPI) Agus Supangat mengatakan, bahwa pemerintah melalui DNPI telah mengembangkan konsep perdagangan karbon di Indonesia bernama Skema Karbon Nusantara (SKN), yang dapat digunakan untuk perdagangan blue carbon. Melalui SKN, upaya penyerapan karbon, dapat didaftarkan, diverifikasi, dan akhirnya mendapat sertifikasi untuk diperdagangkan yang nantinya mendapatkan kompensasi pendanaan. Meski *blue carbon* tidak disebutkan sebagai tujuh prioritas Rencana Aksi Nasional Penurunan Gas Rumah Kaca (RAN GRK), ada delapan aktivitas pendukung yang dimasukkan oleh Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP), antara lain manajemen area konservasi, rehabilitasi area konservasi laut, dan rehabilitasi ekosistem pesisir. Lebih jauh Agus mengatakan, ekosistem pesisir dan laut masih belum menjadi perhatian utama dalam penanganan perubahan iklim di Indonesia, meski berkontribusi dalam emisi GRK. *Blue carbon* juga belum masuk dalam laporan kedua status perubahan iklim Indonesia (*Second National Communication*) kepada Konvensi Perubahan Iklim PBB (UNFCCC) (Fajar, 2016).

Dari berbagai sumber menyebutkan pasar karbon tumbuh mencapai 140 miliar USD per tahun. Sedangkan pasar karbon di Uni Eropa mencapai 107 miliar Euro pada 2011. Agus menyebutkan sudah ada proyek *blue carbon* yang masuk pasar karbon internasional, tetapi jumlahnya masih sangat kecil dibandingkan sektor lain. Sedangkan pada pasar perdagangan karbon sukarela (*voluntary*), nilai tukar satu ton karbon dapat bervariasi antara 5 – 15 USD, meski saat ini di pasar karbon Eropa nilai tukar satu ton karbon berkisar di bawah 1 USD. Apabila potensi *blue carbon* sebesar 138

juta ton setara karbon dapat diperdagangkan pada pasar karbon, misalnya masuk pada pasar karbon *voluntary* dengan kisaran harga 10 USD per ton, maka Indonesia akan mendapatkan 1,38 miliar USD per tahun. Suatu jumlah yang signifikan untuk masyarakat pesisir yang bergantung pada sumber daya lautnya (Fajar, 2016).

Studi Kajian Pengukuran Karbon Biru

Beberapa kajian atau penelitian yang telah dilakukan berkaitan dengan pengukuran karbon biru adalah sebagai berikut:

1. Arrohan (2016) tentang meningkatkan *blue carbon* dengan peran mangrove. Peran mangrove dalam kaitannya dengan *blue carbon* lebih ditekankan pada kemampuan mangrove memanfaatkan CO₂ untuk proses fotosintesis dan menyimpannya dalam stok biomass dan sedimen sebagai upaya mitigasi perubahan iklim. Keberadaan ekosistem mangrove memberikan manfaat bagi ekosistem perairan pesisir antara lain sebagai daerah mencari makan (*Feeding Ground*), pemijahan (*Spawning Ground*), dan pembesaran berbagai biota (*Nursery Ground*). Penelitian tentang stok karbon dan struktur komunitas mangrove sebagai *blue carbon* dilakukan di Tanjung Lesung Banten. Penetapan Teluk Miskam di Tanjung Lesung sebagai salah satu Kawasan Ekonomi Khusus untuk kawasan pertumbuhan pariwisata menjadikan daerah tersebut rentan terhadap pemanfaatan berlebih yang dapat menimbulkan kerusakan lingkungan. Penelitian untuk mengkaji struktur komunitas mangrove dan keberadaan karbon stok kondisi terkini dilakukan pada tahun 2013. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai simpanan karbon pada mangrove di Teluk Miskam adalah sebesar 49,44 – 55,33 MgC/ ha untuk jenis *Avicennia marina* dan 2,50 MgC/ ha untuk jenis *Bruguiera gymnorhiza*. Secara umum, karakteristik sedimen mangrove di Teluk Miskam berlumpur dan berbau. Kandungan karbon dalam sedimen berkisar antara 0,78 – 9,51% atau 4,43 – 27,92 MgC/ ha (Ati et al., 2014).
2. Rahman, Effendi, & Rusmana (2017), tentang estimasi stok dan serapan karbon pada mangrove di sungai Tallo, Makassar. Kota Makassar memiliki Sungai Tallo yang sepanjang banttarannya ditumbuhi oleh

vegetasi mangrove dan sangat potensial untuk dikelola sebagai ruang terbuka hijau. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa Sungai Tallo terletak tepat di tengah Kota Makassar dan sepanjang bantaran sungai didominasi oleh spesies *Nypa fruticans* dengan jumlah 18.514 pohon dan kerapatan 4.256 pohon/ha, menyimpan karbon sebesar 21,82 ton C/ha, menyerap 80,02 ton CO₂/ha. Spesies dominan kedua adalah *Rhizophora mucronata* dengan jumlah 8.492 pohon dan kerapatan 2.352 pohon/ha, menyimpan karbon sebesar 19,94 ton C/ha, menyerap 73,13 ton CO₂/ha. Spesies dominan ketiga yaitu *Avicennia alba* dengan jumlah 2.421 pohon dan kerapatan 3.228 pohon/ha, menyimpan karbon sebesar 53,96 ton C/ha, menyerap 197,87 ton CO₂/ha. Nilai kerapatan dan kemampuan serapan mangrove tersebut sangat sesuai untuk dikelola pada ruang terbuka hijau sebagai penyuplai udara segar dan penyerap CO₂.

3. Irsadi, Martuti, & Nugraha (2017), tentang stok karbon mangrove di Dukuh Tapak Kelurahan Tugurejo Kota Semarang. Hasil penelitian menunjukkan mangrove di Dukuh Tapak memiliki kandungan biomassa sebesar 1507,91 ton/ha, kandungan stok karbon sebesar 708,2 ton C/ha, dan mampu menyerap CO₂ sebesar 2598,65 ton/ha. Pola hubungan antara kerapatan dengan biomassa, biomassa dengan stok karbon, dan stok karbon dengan serapan CO₂ menunjukkan adanya tiga macam persamaan yang memiliki nilai korelasi (R) yang positif masing-masing sebesar 0,67; 1,00 dan 1,00.
4. Barakalla & Megawanto (2017), tentang analisis karbon (biomassa, serpihan, dan tanah) di Teluk Arguni dilakukan pada tahun 2014. Dengan menyatukan stok karbon dari biomassa pohon di atas tanah dan biomassa akar di bawah tanah, didapati stok karbon untuk seluruh daerah Teluk Arguni sebesar 689 Mg C/ha, mirip dengan angka rata-rata stok karbon Indonesia secara umum. Sebagian besar stok karbon berada di bawah tanah (82%) yang merefleksikan tanah gambut dari wilayah ini (>25% OM).

Berdasarkan uraian tersebut bahwa menentukan stok karbon bagi mangrove merupakan hal yang penting untuk memahami potensi layanan ekosistem karbon yang tersedia untuk skema pembiayaan di masa depan.

Kondisi ini sekaligus membantu Indonesia dalam mengukur dan mencapai komitmen penurunan GRK.

PENUTUP

Salah satu cara agar manusia dapat beradaptasi terhadap perubahan iklim adalah dengan cara menjaga ekosistem pantai lebih tangguh dan sehat, tidak hanya untuk saat ini tetapi untuk masa yang akan datang. Pantai yang luas yang dibatasi oleh hutan mangrove, dilindungi oleh hamparan rawa payau dan padang lamun, serta terumbu karang yang sehat, dapat bertahan lebih baik terhadap kenaikan permukaan laut, gelombang badai, dan pengasaman. Habitat pantai terbukti dapat mengembalikan areal ekosistem karbon biru yang telah hilang terutama aspek ekologi. Pemulihan tersebut dapat mengembalikan jasa-jasa penting, seperti kemampuan untuk meningkatkan kadar oksigen terlarut dalam perairan pantai, membantu memulihkan stok ikan global, serta melindungi pesisir dari badai bencana cuaca ekstrim. Saat bersamaan, habitat pantai pun dapat menghentikan penyusutan dan degradasi penyerap karbon alami sehingga berkontribusi terhadap emisi karbondioksida dan mitigasi perubahan iklim jangka panjang. Negara diseluruh penjuru dunia yang memiliki perairan dangkal yang luas, berpeluang mengeksplorasi mitigasi emisi karbondioksida melalui upaya perlindungan dan pemulihan ekosistem penyerap karbon biru yang dimilikinya.

Pemerintah memegang peranan penting dalam pengarusutamaan (*mainstreaming*) karbon biru di Indonesia, mengingat kebijakan karbon biru melibatkan beberapa lembaga pemerintah dengan permangku kepentingan yang beragam. Kebijakan yang terintegrasi dengan pengaturan kelembagaan yang terkoordinasi akan menghasilkan tata kelola karbon biru yang bernilai manfaat bagi masyarakat dan berkontribusi positif bagi lingkungan. Perencanaan tata ruang laut merupakan suatu cara untuk mendistribusikan (spasial dan temporal) aktivitas manusia di wilayah pesisir dan laut yang berguna untuk menjamin ekologi, kehidupan sosial, dan untuk tujuan ekonomi yang berkelanjutan sehingga konservasi ekosistem pesisir dapat terwujud secara nyata.

REFERENSI

- Andrianto, W. (2014). Antara merusak dan memanfaatkan hutan mangrove pada masyarakat pesisir. *Jurnal Ilmiah Kajian Ilmu Sosial dan Budaya*, 15(2), 1-12.
- Arrohman. (2016). *Meningkatkan blue carbon dengan peran mangrove*. Diakses melalui <https://www.biodiversitywarriors.org/meningkatkan-blue-carbon-dengan-peran-mangrove.html> pada 6 Agustus 2018.
- Ati, R.N.A., Rustam, A., Kepel, T.L., Sudirman, N., Astrid, M., Daulat, A., ...Hutahaean, A.A. (2014). Stok karbon dan struktur komunitas mangrove sebagai blue carbon di Tanjung Lesung, Banten. *J. segara*, 10 (2), 119-127. Diakses melalui https://www.researchgate.net/publication/283426823_Stok_Karbon_dan_Struktur_Komunitas_Mangrove_Sebagai_Blue_Carbon_di_Tanjung_Lesung_Banten
- Barakalla & Megawanto, R. (2017). *Sains dan kebijakan karbon biru: referensi khusus untuk Kabupaten Kaimana Papua Barat*. Conservation International Indonesia.
- Bengen, D.G. (2004). Menuju pengelolaan wilayah pesisir terpadu berbasis daerah aliran sungai (DAS), dalam interaksi daratan dan lautan: pengaruhnya terhadap sumber daya dan lingkungan. *Prosiding Simposium Interaksi Daratan dan Lautan*. Diedit oleh W.B. Setyawan, dkk. Jakarta: Kedeputan Ilmu Pengetahuan Kebumian, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Budiayu, A. (2018). *Blue carbon summit 2018*. Jakarta: Pusat Penelitian dan Kehutanan (CIFOR). Diakses melalui <https://www.sayasigap.org/artikel/menjaga-ekosistem-karbon-biru-di-indonesia> pada 23 Agustus 2018.

- Direktorat Jenderal Pengendalian Perubahan Iklim (2017). *Peran blue carbon dalam upaya mitigasi perubahan iklim*. Diakses melalui <http://ditjenppi.menlhk.go.id/kcpi/index.php/inovasi/354-peran-blue-carbon-dalam-upaya-mitigasi-perubahan-iklim> pada 28 Juli 2018.
- Erlin. (2011). *Laporan praktikum mangrove*. Diakses melalui <http://wwwbiotell.blogspot.com> pada 18 Februari 2018.
- Fajar, J. (2016). *Indonesia kembali ungkapkan blue carbon untuk mitigasi dan adaptasi perubahan iklim*. Diakses melalui <http://www.mongabay.co.id/2016/11/20/indonesia-kembali-ungkapkan-blue-carbon-untuk-mitigasi-dan-adaptasi-perubahan-iklim/> pada 28 Juli 2018.
- FAO (Food and Agriculture Organization of The United Nations) (2007). *The world's mangroves 1980–2005*. Forest Resources Assessment Working Paper No. 153. Food and Agriculture Organization of The United Nations, Rome.
- Farimansyah. (2005). *Strategi rehabilitasi hutan mangrove dengan sistem empang parit di Kabupaten Deli Serdang* (Tesis). Pascasarjana Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Hoy, S. (2018). *Karbon biru: memanfaatkan peran ekosistem pesisir dalam menghadapi perubahan iklim*. Diakses melalui <https://www.conservation.org/global/indonesia/kerja/inisiatif/daques/karbon-biru.aspx> pada 28 Juli 2018.
- Indrayanti, D.M. (2015). *Pengelolaan ekosistem mangrove di Teluk Blanakan, Kabupaten Subang, Provinsi Jawa Barat* (Skripsi). Institut Pertanian Bogor (IPB), Bogor.
- Inibaru.id (2017). *Karbon biru Indonesia sangat dibutuhkan untuk menahan laju perubahan iklim*. Diakses melalui <https://www.inibaru.id/techno/karbon-biru-indonesia-sangat->

dibutuhkan-untuk-menahan-laju-perubahan-iklim pada 6 Agustus 2018.

Irawanto, R., Ariyanti, E.E, & Hendrian, R. (2015). Jeruju (*Acanthus ilicifolius*): Biji, perkecambahan dan potensinya. *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiv Indonesia*, 1 (5), 1011-1018.

Irsadi, A., Martuti, N.K.T., & Nugraha, S.B. (2017). Estimasi stok karbon mangrove di Dukuh Tapak Kelurahan Tugurejo. Kota Semarang. *Jurnal Unnes*, 15 (2). Diakses melalui <https://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/saintekno/article/view/12402> pada 23 Agustus 2018.

Muhtadi, A. & Sitohang, P.S. (2016). Kelembagaan pengelolaan ekowisata mangrove di pantai Bali Kabupaten Batu Bara Provinsi Sumatera Utara. *Aquatic Science Journal*, 3 (1), 26-32.

Noor, R.Y., Khazali, M., & Suryadiputra, N.N. (2006). *Panduan pengenalan mangrove di Indonesia*. Bogor: Wetland International Indonesia Programme.

Pemerintah Republik Indonesia. (2012). *Peraturan Presiden tentang Strategi Nasional Pengelolaan Ekosistem Mangrove*. Perpres No. 73 Tahun 2012. Jakarta: Sekretariat Negara.

Rahman, Effendi, & Rusmana. (2017). Estimasi stok dan serapan karbon pada mangrove di Sungai Tallo, Makassar. *Jurnal ilmu kehutanan*: 11(1). Diakses melalui <https://jurnal.ugm.ac.id/jikfkt/article/view/24867> pada 26 Agustus 2018.

Sigit, R.R. (2014). *Lewat mangrove Indonesia bisa bantu selamatkan iklim dunia*. Diakses melalui <http://www.mongabay.co.id/2014/02/20/lewat-mangrove-indonesia-bisa-bantu-selamatkan-iklim-dunia/> pada 28 Juli 2018.

**PENGELOLAAN EKOSISTEM MANGROVE
BERBASIS MASYARAKAT SECARA BERKELANJUTAN:
STUDI KASUS DESA BLANAKAN, SUBANG, JAWA BARAT**

**Yuni Tri Hewindati
(hewindati@ecampus.ut.ac.id)**

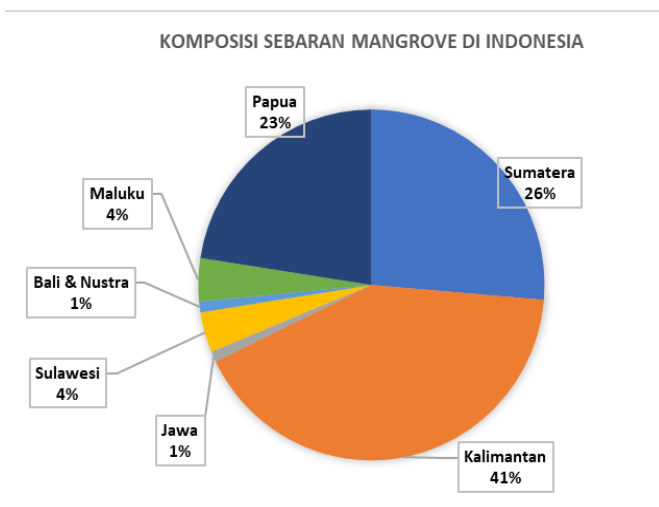
PENGANTAR

Mangrove merupakan ekosistem pantai yang terletak di antara laut lepas dan daratan. Ekosistem ini terdiri atas berbagai tanaman bakau yang hidup pada habitat lumpur. Hutan mangrove memiliki peran yang sangat penting dalam kehidupan masyarakat pantai. Indonesia dengan jumlah kepulauan berkisar 17.000 pulau, menurut Badan Informasi Geospasial (BIG) memiliki panjang garis pantai mencapai 99.093 km². Dari panjang garis pantai tersebut, bentangan hutan mangrove di sepanjang pesisir mencapai 95.000 km². Jumlah tersebut telah mendudukkan Indonesia pada urutan pertama negara yang memiliki hutan mangrove terbesar dari luas mangrove dunia, yaitu 22,6% atau 3,113 juta ha (Giri et al. dalam Basyuni, Bimantara, Siagian, & Leidonald, 2017; Rudra et al., 2014). Dari jumlah tersebut hanya sedikit yang berada dalam kondisi baik, sebagian besar berada dalam kondisi rusak.

Menurut Giri et al. dalam Basyuni et al. (2017), hutan mangrove di Indonesia telah mengalami degradasi dan penurunan luasan secara drastis dari 4,2 juta ha pada tahun 1980 menjadi 3,1 juta ha tahun 2011. Kondisi tersebut juga terjadi pada mangrove di wilayah pantai utara (Pantura). Kuswandono (2017) menyebutkan bahwa pada tahun 2015, hanya 15% luas hutan mangrove Pantura yang berada dalam kondisi baik. Keadaan mangrove di Indonesia sampai saat ini juga terus menerus mengalami tantangan yang berat. Penyusutan hutan mangrove terjadi begitu drastis, sehingga saat ini kemungkinan luas hutan mangrove telah jauh berkurang dari angka tersebut. Laju degradasi mangrove disebabkan terutama karena adanya alih fungsi lahan untuk berbagai kepentingan, seperti penebangan, pengerukan, tambak, pengerukan (reklamasi), pencemaran limbah industri, pembuangan sampah, pencemaran minyak, dan permukiman (Bengen, 2001). Menurut

data dari *Center for International Forestry Research* (CIFOR), ancaman laju degradasi mangrove yang terjadi saat ini mencapai 52.000 ha/tahun (Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian RI, 2018).

Jika kita melihat komposisi sebaran hutan mangrove di Indonesia, jumlah hutan mangrove terluas berada di Kalimantan, diikuti dengan Sumatera, Papua, Maluku, Sulawesi, Jawa, serta Nusatenggara & Bali (Giri et al. dalam Basyuni et al., 2017). Keseluruhan Pulau Jawa, termasuk Pantura, hanya memiliki luasan hutan mangrove sebesar 34.326 ha atau 1% dari seluruh mangrove yang ada di Indonesia (Gambar 1). Namun demikian wilayah Pantura memiliki jumlah penduduk yang sangat padat sehingga permasalahan yang dihadapi mangrove di pesisir Pantura menjadi semakin kompleks. Wilayah yang diharapkan menjadi penyangga ekologi ekosistem (*buffer zone*) dan sumberdaya ekonomi menjadi tidak mampu lagi untuk mendukung kehidupan bahkan meningkatkan kualitas hidup masyarakat nelayan.



Sumber: Diolah dari Data *One Map Mangrove* dan RTK-RHL DAS 2014 dalam Kompas.com (2017)

Gambar 1. Komposisi Sebaran Mangrove di Indonesia

Tanaman mangrove mempunyai habitus yang khas dibandingkan tanaman lainnya. Struktur vegetasi sebagian besar tanaman mangrove, terutama yang hidup di lumpur dan perairan, memperlihatkan ciri khas tanaman peralihan darat dan laut seperti bentuk perakaran dengan akar gantung, akar nafas, dan akar tunggang yang kuat menancap ke dalam lumpur perairan. Selain mampu menahan masuknya air laut ke daratan, perakaran mangrove juga mampu menyerap logam berat dalam jumlah besar sehingga mampu menjadi biofilter bagi lingkungan (Heriyanto & Subiandono, 2011). Bentuk akar yang khas serta tingginya material organik yang merupakan jatuhnya daun mangrove menjadikan ekosistem mangrove kaya akan material organik dan tempat berbagai jenis ikan, udang, dan fauna payau lain untuk mencari makan (*feeding ground*), bertelur dan memijah (*spawning ground*), serta berkembang biak dan membesarkan (*nursery ground*). Kayanya wilayah perairan mangrove menjadikan tempat hidup ideal bagi berbagai jenis fauna lainnya, seperti reptile, burung, orang utan, badak, dan binatang buas lainnya. Fungsi ekologis lainnya dari keberadaan mangrove di pesisir sebagai *buffer zone* kawasan daratan untuk menyaring limbah, mencegah abrasi dan angin kencang, serta masuknya air laut ke daratan, perlu ditingkatkan kepada masyarakat.

Pantura Jawa Barat secara geografi dan iklim, merupakan wilayah pesisir yang potensial untuk berkembangnya tanaman mangrove. Panjang garis pantai Jawa Barat sepanjang 365,059 km, terbentang dari Kabupaten Bekasi, Karawang, Subang, Indramayu, dan Cirebon. Dengan Panjang garis pantai sepanjang 68 km Kabupaten Subang merupakan salah satu wilayah Pantura Jawa Barat yang memiliki wilayah pesisir dengan sumberdaya yang tinggi yang dihasilkan oleh hutan mangrove (Sodikin, 2012). Hutan mangrove Pantura telah mengalami degradasi sejak beberapa dekade silam. Dimulai sekitar tahun 1960 masyarakat mulai berlomba untuk mengubah hutan mangrove yang semula merupakan ekosistem alami berubah menjadi ekosistem tambak yang pada saat itu mendatangkan keuntungan ekonomi lebih besar dibandingkan jika dibiarkan dalam bentuk hutan. Kondisi tersebut kemudian mempunyai dampak terhadap fungsi ekologi yang pada akhirnya juga mempengaruhi tidak hanya masyarakat nelayan tetapi juga masyarakat global. Kondisi ini lebih diperparah dengan tingginya populasi

serta aktivitas perikanan di Pantura sehingga menyebabkan pencemaran yang semakin meningkat. Sejak saat itu daya dukung hutan mangrove di sepanjang Pantura mengalami tekanan yang berat.

Adanya dampak dari degradasi mangrove Pantura, menyadarkan berbagai pihak termasuk pemerintah, para pemerhati, praktisi, dan pencinta lingkungan. Upaya rehabilitasi mangrove oleh pemerintah melalui koordinasi beberapa kementerian (Kementerian Kelautan dan Perikanan, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, dan Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian), bersama-sama pemangku kepentingan dan berbagai LSM terkait juga dilakukan secara sistematis dan terstruktur. Demikian pula kebijakan/aturan; undang-undang/peraturan menteri/peraturan daerah; pembangunan sarana dan prasarana fasilitas infrastruktur yang mendukung aktivitas perikanan (seperti pelabuhan, TPI, kapal, dan modernisasi alat yang digunakan); bantuan keuangan; pinjaman modal dengan kredit lunak; serta berbagai penyuluhan yang diberikan untuk meningkatkan pengetahuan, maupun berbagai strategi untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas pekerjaan nelayan di lapangan terus dilakukan.

Upaya reboisasi serta pelestarian lingkungan wilayah mangrove juga telah banyak dilakukan baik oleh berbagai institusi pendidikan dan aktivis lingkungan. Namun sampai saat ini upaya tersebut belum optimal dan tidak sedikit yang hanya bersifat temporer dan sporadis tanpa ada kelanjutannya. Di sisi lain penurunan daya dukung lingkungan laut dan pesisir, kerusakan ekosistem, dan degradasi mangrove juga terus terjadi. Bahkan terjadinya degradasi ekosistem mangrove lebih besar dibandingkan rehabilitasinya. Daya lenting atau kemampuan ekosistem tersebut untuk memulihkan dirinya sendiri tidak mungkin lagi terjadi jika tidak ada campur tangan semua pihak, terutama kepedulian manusia.

Meskipun sudah banyak upaya dilakukan, namun marilah kita lihat beberapa permasalahan mendasar dalam menangani dan mengelola hutan mangrove. Permasalahan yang dimaksud antara lain: 1) Kompleksnya permasalahan pesisir terkait dengan kemiskinan masyarakat pesisir yang kemudian berdampak kepada pengelolaan ekosistem mangrove; 2) Masih

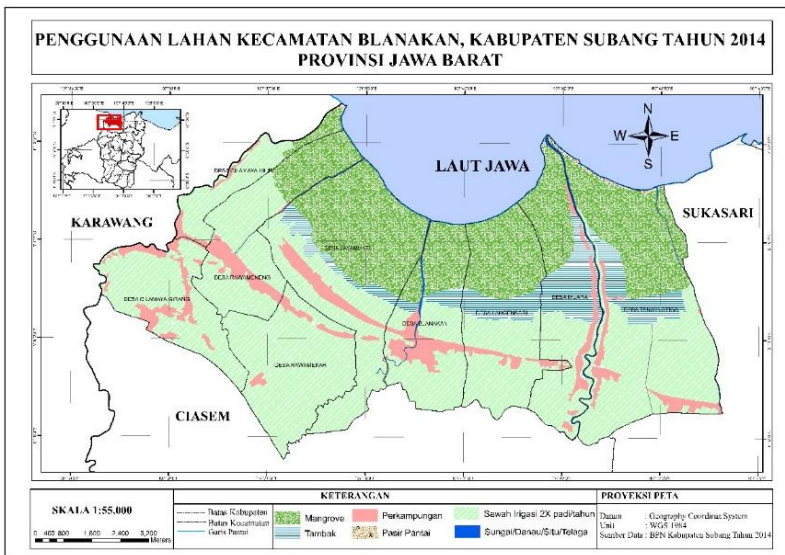
kurangnya pemahaman sebagian besar masyarakat pesisir terhadap manfaat dan jasa ekosistem mangrove; 3) Masih minimnya inovasi pemanfaatan produk mangrove menjadi bahan olahan berkualitas yang siap dipasarkan dan dijual; dan 4) Belum maksimalnya pemanfaatan teknologi informasi di tingkat desa dan kecamatan untuk membantu pengelolaan mangrove secara berkelanjutan.

Tulisan ini berupa kajian literatur yang memaparkan tentang keterlibatan masyarakat Desa Blanakan terkait konservasi hutan mangrove, permasalahan, serta alternatif penyelesaiannya dalam rangka menunjang pembangunan yang berkelanjutan. Survey lapangan dilakukan dalam rangka verifikasi wilayah mangrove, tempat pelelangan ikan (TPI), ekowisata penangkaran buaya, dan mendapatkan data Desa Blanakan sebagai bahan kajian.

PEMBAHASAN

Konservasi Ekosistem Mangrove Desa Blanakan

Blanakan merupakan kecamatan dalam wilayah Kabupaten Subang, Jawa Barat, memiliki luas 10.530 ha (Profil Kecamatan Blanakan, 2016). Meskipun terletak di wilayah Pantura, namun kecamatan yang terdiri atas 9 desa tersebut tidak semua berhubungan dengan laut. Terdapat 7 desa yang berbatasan langsung dengan laut, yaitu Cilamaya Hilir, Rawameneng, Jayamukti, Blanakan, Langensari, Muara, dan Tanjungtiga (Gambar 2). Secara geografis batas wilayah Kecamatan Blanakan di sebelah utara dibatasi oleh Laut Jawa, di sebelah selatan oleh Kecamatan Ciasem, di sebelah timur oleh Kecamatan Sukasari, dan sebelah barat oleh Kecamatan Cilamaya Wetan, Karawang.



Sumber: BPN Kabupaten Subang (2014)

Gambar 2. Peta Penggunaan Lahan Kecamatan Blanakan

Secara umum pemanfaatan lahan di Desa Blanakan terbagi atas wilayah hutan bakau (mangrove) di muara, wilayah tambak, wilayah permukiman, dan wilayah pertanian. Penggunaan lahan di wilayah bagian selatan lebih berkembang daripada wilayah bagian utara. Hal ini dikarenakan di sebelah utara mayoritas penggunaan lahan diperuntukkan sebagai area pertambakan, sedangkan di daerah selatan cenderung diperuntukkan sebagai area permukiman padat penduduk dan pertanian (persawahan).

Berikut adalah berturut-turut dari utara ke selatan pembagian wilayah Blanakan berdasarkan data Desa Blanakan (2017).

- Pada wilayah muara terdapat hutan mangrove yang berbatasan dengan pinggir pantai dengan luas sekitar 159 ha (59 ha dalam kondisi baik dan 100 ha dalam kondisi rusak).
- Areal di belakang hutan terdapat area budidaya tambak dengan luas 494 ha. Pada areal ini dikembangkan sistem budidaya tambak yang pengelolaannya dilakukan bersama-sama dengan masyarakat. Pada

areal tambak masih terdapat hutan mangrove namun sebagian besar 275 ha dalam kondisi rusak dan 219 ha masih dalam kondisi baik.

- c. Permukiman penduduk terletak di belakang pertambakan, merupakan area yang cukup padat penduduk dengan luas 217 ha. Areal permukiman ini terdiri atas 150 ha permukiman dan 67 ha pekarangan.
- d. Di belakang area tambak terdapat areal persawahan. Daerah ini merupakan daerah terluas dibandingkan kawasan mangrove dan tambak, yaitu 516 ha. Areal persawahan tersebutlah yang merupakan andalan mata pencaharian masyarakat sebelum ada areal tambak.

Sejak 4-5 dekade terakhir sebagian besar tanaman mangrove di Pantura telah banyak berubah fungsi menjadi tambak. Dari berbagai pengamatan di lapang terhadap vegetasi hutan mangrove Pantura, terlihat luasnya semakin menyusut. Meskipun sudah ada beberapa upaya untuk pelestarian hutan mangrove Blanakan, namun belum ada hasil yang signifikan. Sebagian besar wilayah muara Blanakan memiliki ekosistem mangrove yang telah dikonversi menjadi tambak.



Sumber: USGS (Agustus 2018)

Gambar 3. Kondisi Hutan Mangrove Blanakan melalui Foto Udara

Menurut informasi dari Kepala KUD Blanakan, dilihat dari sejarahnya, sistem pertanian di Desa Blanakan pada sekitar tahun 1960 didominasi oleh padi sawah yang mempunyai irigasi tergantung pada air Sungai Blanakan. Namun demikian adanya intrusi air laut menyebabkan produksi padi menjadi rendah hanya 1,5 ton/ha dari 4-8 ton/ha. Sejak saat itu sebagian masyarakat mulai mengembangkan tambak yang secara ekonomi memberikan penghasilan lebih tinggi dibandingkan dengan bertani padi. Keberadaan tambak di Desa Blanakan dimulai sejak tahun 1962. Tambak terbukti meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Sebelum ada tambak, Desa Blanakan dikategorikan sebagai desa tertinggal yang ditandai dengan jumlah penderita kelaparan (*Hunger Oedema/HO*) yang tinggi. Keadaan ini disebabkan oleh penghasilan dari hasil panen padi yang kurang mencukupi. Berkembangnya nelayan tambak pada saat itu terbukti dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat yang ditandai dengan meningkatnya sarana dan prasarana pendidikan. Pada tahun 1964, di Desa Blanakan hanya terdapat 1 sekolah dasar (SD). Sedangkan saat ini sudah terdapat 4 unit taman kanak-kanak (TK), 7 unit SD, 2 unit SLTP, dan 1 unit SMA (Data Desa Blanakan, 2017).

Berdasarkan data *time series* luasan mangrove tahun 2018 menunjukkan bahwa telah terjadi peningkatan luasan tutupan mangrove di Desa Blanakan selama kurun waktu 4 tahun (2014-2018), sebesar 172,71 ha (29,0%). Kondisi ini memperlihatkan indikator peningkatan konservasi mangrove yang cukup signifikan. Sementara sebelumnya tahun 2014 kondisi hutan mangrove Blanakan selalu mengalami penurunan. Seperti yang dilaporkan oleh Soraya, Suhara, & Taofiqrohman (2012), bahwa sampai tahun 2012 kondisi mangrove Blanakan memperlihatkan penurunan yang cukup drastis yang disebabkan karena konversi hutan mangrove menjadi tambak sehingga menyebabkan perubahan garis pantai sejauh 360,57 meter selama kurun waktu 15 tahun. Demikian pula hal senada diungkapkan oleh Indrayanti, Fachrudin & Setiobudiandi (2015) dalam penelitiannya yang memperlihatkan penurunan luasan tutupan mangrove Blanakan dari tahun 2005-2012 sebesar 5% atau 700 meter/tahun.

Peningkatan luasan hutan mangrove diduga karena adanya tanah timbul yang ditumbuhi hutan mangrove, dimana sampai tahun 2017 luas tanah timbul di Desa Blanakan mencapai 494 ha. Tanah timbul yang kemudian di klaim oleh warga kemudian dibuat tambak dengan menebang sebagian tanaman mangrove, sehingga dari jumlah tersebut 219 ha dalam kondisi baik dan 275 ha dalam kondisi rusak (Data Desa Blanakan, 2017). Tanah timbul merupakan daratan di sepanjang pantai yang terbentuk karena penumpukan/sedimentasi lumpur yang berasal dari sungai dan lumpur hasil aberasi dari tempat lain. Secara ekologis terbentuknya tanah timbul menguntungkan, karena dengan adanya pembentukan tanah tersebut kemudian dengan sendirinya akan ditumbuhi mangrove secara alami, artinya terjadi reboisasi setiap saat. Rata-rata pembentukan tanah timbul di Pesisir Blanakan mencapai 31,5 ha/tahun (Meriana, 2016).

Lumpur dan tanah organik merupakan media yang baik bagi pertumbuhan mangrove, sehingga setiap terbentuk endapan tanah timbul, akan segera ditumbuhi oleh tanaman mangrove. Belum jelasnya aturan yang mengatur tentang kepemilikan tanah timbul, maka sebagian besar tanah timbul yang baru terbentuk diklaim oleh beberapa warga dan beberapa bulan kemudian dibentuk tambak. Meriana (2016) juga menyebutkan bahwa pemanfaatan tanah timbul sebagai tambak di Blanakan tidak optimal karena seringkali terjadi abrasi dan banjir rob yang merugikan petani tambak. Diduga hal ini pula yang menyebabkan masyarakat membiarkan keberadaan tanah timbul di Muara Blanakan sehingga menambah luas hutan mangrove sebagai salah satu bentuk konservasi alami. Konservasi melalui keberadaan tanah timbul di satu sisi sangat baik bagi ekosistem wilayah Blanakan. Namun demikian agar terus berlangsung secara berkelanjutan maka perlu diberikan himbauan, pengetahuan, dan sosialisasi kepada masyarakat terkait pentingnya jasa ekosistem mangrove. Namun demikian tentunya tidak cukup dengan sosialisasi dan himbauan saja, tindakan nyata dalam bentuk implementasi dan jalan keluar untuk mengatasi perekonomian yang dapat meningkatkan kualitas dan kesejahteraan masyarakat juga perlu diwujudkan, dengan melibatkan semua sektor terkait agar konservasi dapat terus berjalan secara berkelanjutan.

Kepentingan pengelolaan wilayah pesisir harus dilihat dari dua kepentingan. Bagi para ilmuwan dan pengamat lingkungan, ekosistem mangrove merupakan wilayah yang harus dipertahankan kelestariannya. Sementara bagi nelayan, hasil laut dan tambak merupakan tempat bergantung mereka mencari makan. Melihat sudut pandang yang berbeda dari nelayan, termasuk kebiasaan dan budaya yang ada pada masyarakat nelayan merupakan hal yang sangat penting, artinya mempertimbangkan berbagai perspektif yang memadukan antara sains dengan praktik-praktik tradisional petani nelayan yang sudah diwariskan secara turun temurun. Para ilmuwan harus bersama-sama masyarakat membangun pesisir dimana tujuan konservasi tercapai seiring dengan kemajuan ekonomi masyarakat nelayan. Keberhasilan reboisasi dan konservasi dalam mengelola hutan mangrove sangat erat hubungannya dengan keterlibatan masyarakat yang hidup di sekitar mangrove sehingga mereka mendapatkan keuntungan baik langsung maupun tidak langsung dari kegiatan tersebut. Ide dan rencana harus datang dari masyarakat itu sendiri. Saat ini yang banyak terjadi adalah para ilmuwan membawa rencana hasil seminar, konferensi, riset, dsb. yang didapatkan dari diskusi di atas meja untuk diimplementasikan pada kehidupan masyarakat yang belum tentu sesuai dengan tradisi yang sudah mereka bawa dan mereka rasakan manfaatnya dari ekosistem mangrove.

Memang tidak semudah perencanaan di atas kertas ataupun pembicaraan pada pertemuan di seminar dan konferensi untuk mengajak masyarakat memberdayakan mangrove. Namun demikian strategi yang komprehensif serta keterlibatan secara serius berbagai pihak terkait bersama-sama masyarakat perlu dilakukan. Beberapa faktor yang dijadikan pertimbangan dalam membangun wilayah secara berkelanjutan seperti yang dinyatakan oleh Salim (1990), bahwa terdapat lima faktor utama dalam pembangunan yang berwawasan lingkungan, yaitu (1) menumbuhkan sikap kerja berdasarkan kesadaran saling membutuhkan antara satu dengan yang lain, (2) kemampuan menyeraskan kebutuhan dengan kemampuan sumber alam dalam menghasilkan barang dan jasa, (3) mengembangkan sumber daya manusia agar mampu menanggapi tantangan pembangunan tanpa merusak lingkungan, (4) mengembangkan kesadaran lingkungan di kalangan masyarakat sehingga tumbuh menjadi kesadaran berbuat, serta (5)

menumbuhkan lembaga-lembaga swadaya masyarakat yang dapat mendayagunakan dirinya untuk menggalakkan partisipasi masyarakat dalam mencapai tujuan pengelolaan lingkungan hidup.

Faktor yang Dapat Dijadikan Pertimbangan dalam Mengelola Desa Blanakan Secara Berkelanjutan

Pendidikan dan Kesejahteraan Masyarakat Blanakan

Tinggi rendahnya pendidikan sangat berpengaruh terhadap wawasan dan keterampilan yang dimiliki masyarakat Blanakan. Dari data kecamatan tahun 2017 menunjukkan bahwa Blanakan memiliki jumlah penduduk tertinggi di antara 8 desa lain di Kecamatan Blanakan, yaitu 11.402 jiwa yang terdiri atas 4.396 kepala keluarga (KK) serta tersebar di 7 RT dan 34 RW. Masyarakat Blanakan saat ini terdiri atas 4.396 KK. Sebanyak 2.585 KK mengandalkan pertanian sebagai mata pencaharian utama, sementara hanya 1.028 bekerja sebagai nelayan tangkap (Data Desa Blanakan 2017). Meskipun jumlah KK yang bekerja sebagai nelayan lebih kecil dibandingkan jumlah KK petani, namun demikian aktivitas nelayan sangat tinggi dan intensif. Kegiatan nelayan tangkap telah menyebabkan Desa Blanakan maju dengan pesat sehingga lebih menarik untuk dikunjungi oleh masyarakat baik dari desa di sekitar Blanakan maupun luar Kota Blanakan.

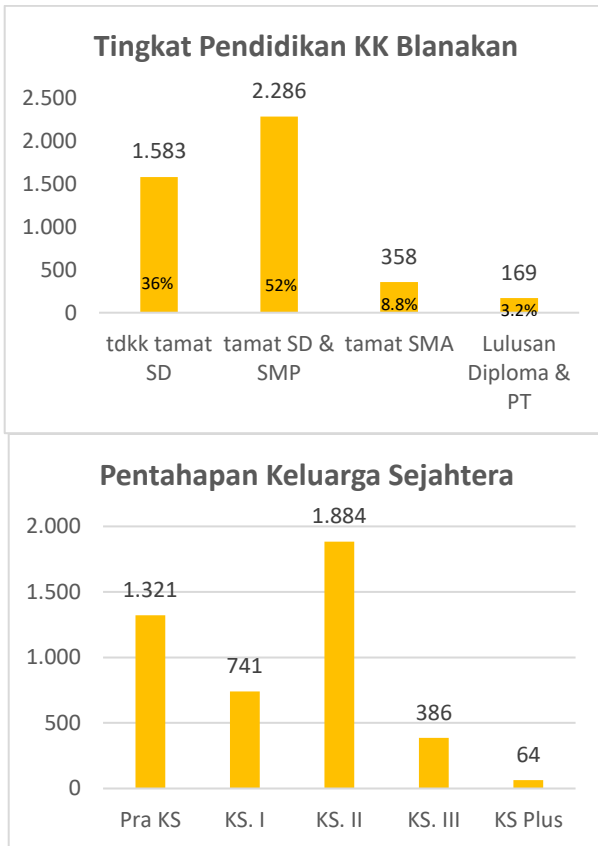
Ramainya kegiatan di Blanakan terutama terpusat pada TPI Mina Fajar Sidik, yang merupakan TPI terbesar di Kabupaten Subang. TPI dengan pelabuhan kapal nelayan ini sangat ramai dengan kegiatan pelelangan hasil tangkapan nelayan dan memiliki daya tarik sendiri untuk melakukan transaksi jual beli hasil perikanan tangkap. TPI yang melayani pembeli skala besar maupun kecil ini merupakan unit usaha utama yang dikelola di bawah pengawasan KUD Blanakan. Produksi perikanan tangkap di Blanakan dari tahun ke tahun semakin meningkat. Menurut Rizal (2004), nilai perikanan yang didaratkan di TPI Mina Fajar Sidik mengalami peningkatan yang sangat drastis dari tahun ke tahun. Pada tahun 2000 aktivitas mencapai nilai 13,3 Milyar yang kemudian meningkat pada tahun 2001 menjadi 26,5 Milyar. Kondisi ini menyebabkan permukiman dan keramaian di Blanakan berkembang

mengikuti sentra perkembangan aktivitas terutama di sekitar TPI sehingga area perkembangan berkumpul menjadi satu. Perkembangan suatu wilayah selalu ada konsekuensi yang dihadapi. Laju pertumbuhan penduduk yang tinggi di Desa Blanakan menyebabkan peningkatan akan permintaan ruang wilayah serta sumber daya alam, yang pada gilirannya jika ini terjadi secara terus menerus dan tidak dikendalikan secara bijaksana dapat semakin mengganggu ketersediaan sumber daya alam dan pada akhirnya mengganggu keseimbangan lingkungan.

Seperti yang dikatakan oleh Salim (1990), bahwa salah satu kunci sukses dalam pembangunan yang berwawasan lingkungan adalah mengembangkan sumber daya manusia yang mampu menanggapi tantangan pembangunan tanpa merusak lingkungan. Untuk itu diperlukan suatu motivasi yang tinggi yang dapat mengubah perilaku nelayan. Prihandoko et al. (2012), mengatakan bahwa perilaku nelayan sangat berpengaruh terhadap niat dari nelayan dalam menyikapi suatu permasalahan.

Jika melihat korelasi antara pendidikan dan kesejahteraan masyarakat Blanakan, terlihat bahwa pendidikan berpengaruh terhadap kesejahteraan masyarakat nelayan. Menurut data Desa Blanakan sebanyak 1.583 KK (36%) tidak pernah mengenyam sekolah. Sebagian besar, yaitu 2.286 KK (52%) berpendidikan SD dan SMP. Sementara yang telah menyelesaikan SLTA hanya 8,8%, bahkan lulusan diploma dan sarjana sangat sedikit, yaitu 3,2% (diolah dari data Desa Blanakan tahun 2017). Besarnya prosentase masyarakat yang masih berpendidikan rendah dan menengah akan berpengaruh pula terhadap wawasan dan keterampilan yang dimiliki. Hal itu akan berpengaruh pula terhadap peluang perolehan penghasilan yang memadai. Sebanyak 3.946 (89,7%) nelayan Desa Blanakan masih tergolong ke dalam keluarga miskin/Pra keluarga Sejahtera sampai Sejahtera II (mengacu kepada standar klasifikasi pentahapan keluarga sejahtera (KS) yang dikeluarkan oleh BKKBN (BKKBN, 2018). Sementara hanya 10,3% yang termasuk ke dalam KS III dan KS Plus, dimana mereka sudah dapat menyisihkan pendapatannya untuk menabung dan bahkan memberikan sumbangan kepada yang membutuhkan (Gambar 4). Kondisi ekonomi

nelayan buruh, keterbatasan alat tangkap yang dimiliki, dan rendahnya pendidikan merupakan faktor penting yang menyebabkan sulitnya memutuskan siklus mata rantai kemiskinan di sebagian besar masyarakat nelayan. Sementara mereka mempunyai kontribusi terbesar sebagai penghasil produk perikanan. Secara keseluruhan gambaran tentang pendidikan masyarakat nelayan Blanakan dapat dilihat pada Gambar 4.



Sumber: diolah dari Data Desa Blanakan 2017

Gambar 4. Pendidikan dan Pentahapan Keluarga Sejahtera Masyarakat Blanakan

Sebetulnya Desa Blanakan merupakan desa yang sangat cepat mengalami perkembangan secara ekonomi. Meningkatnya perekonomian Desa Blanakan terutama disebabkan karena aktivitas nelayan tangkap, terutama dukungan KUD Blanakan dengan adanya TPI Mina Fajar Sidik sebagai wadah transaksi pelelangan ikan. Namun demikian bagi nelayan lokal yang berasal dari Blanakan, penghasilan yang cukup tinggi tersebut tidak dinikmati sepenuhnya oleh mereka karena sebagian besar nelayan yang melakukan aktivitas dan transaksi di TPI Mina Fajar Sidik adalah nelayan pendatang yang berasal dari luar Kota Blanakan. Rizal (2004) mengemukakan bahwa sebanyak 89,6% dari nilai perikanan tangkap di Blanakan disumbangkan oleh nelayan pendatang dan hanya 10,4% dihasilkan oleh nelayan lokal. Hal ini kemungkinan disebabkan karena nelayan Blanakan masih menggunakan peralatan yang tradisional sehingga kemampuan melautnya masih terbatas dibandingkan nelayan yang menggunakan peralatan modern.

Dari 1.028 KK nelayan tangkap, sebanyak 695 orang tidak memiliki perahu. Sementara 333 KK nelayan yang memiliki perahu, sebanyak 147 KK memiliki perahu papan tanpa mesin, 173 memiliki kapal motor tempel, dan 13 KK yang memiliki kapal motor kapasitas 0-5 GT. Sejumlah 695 KK nelayan yang tidak memiliki kapal menggantungkan nasibnya kepada pemilik kapal. Merekalah yang mencari ikan/udang di laut dan kemudian hasilnya dibagi dengan pemilik kapal dan anggota nelayan lain yang bersama-sama dalam satu kapal. Perahu nelayan tradisional dan perahu tanpa mesin hanya memiliki kemampuan untuk melaut paling jauh 3 mil dari pantai. Sementara 186 kk yang telah memiliki kapal motor pun hanya mampu menangkap ikan sampai 3-6 Mil dari garis pantai. Posisi ini menyebabkan rendahnya sebagian besar pendapatan nelayan Blanakan. Keadaan ini sudah berlangsung secara turun temurun tanpa tahu bagaimana memutus rantai tersebut.

Dari data kecamatan terdapat sebanyak 239 anak balita yang belum sekolah dan 1.915 anak di bawah usia 18 tahun yang masih sekolah di berbagai jenjang SD, SMP, dan SMA. Peluang ini merupakan kesempatan untuk dapat menyekolahkan mereka hingga ke tingkat pendidikan tinggi, minimal sampai jenjang SMA. Merekalah yang akan mengelola Desa Blanakan di masa mendatang. Dari hasil wawancara kepada nelayan terungkap ada keinginan

warga untuk menyekolahkan anak mereka ke jenjang yang lebih tinggi, namun hal ini tidak memungkinkan dengan penghasilan mereka yang rendah. Masyarakat tidak memiliki keterampilan dan modal untuk mengembangkan usaha perikanan yang mampu memberikan biaya pendidikan kepada anak-anaknya. Hal ini harus menjadi perhatian pemerintah setempat Kecamatan Blanakan, misalnya dengan mencari beasiswa bagi anak berbakat bekerjasama dengan CSR perusahaan yang terkait dengan perikanan. Bagi mereka yang tidak dapat melanjutkan studi ke pendidikan tinggi diberikan keterampilan yang memadai.

Diversifikasi Produk Perikanan

Menumbuhkan kesadaran untuk berbuat termasuk faktor penting dalam pembangunan yang berwawasan lingkungan. Salah satu alternatif yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat adalah pemanfaatan sumber daya ikan yang berlimpah dan tersedia secara kontinyu. Pada beberapa kalangan masyarakat nelayan, seperti Muara Angke dan Pangandaran, salah satu sumber daya yang memiliki kemampuan sebagai tenaga kerja yang dikenal ulet dan tangguh adalah kaum perempuan, para isteri nelayan. Derman (2017), menyebutkan bahwa kaum perempuan nelayan memiliki peranan penting dalam memenuhi kebutuhan hidup keluarga nelayan. Dari pengamatan yang dilakukan di Desa Blanakan terlihat bahwa meskipun kaum perempuan juga terlibat dalam pekerjaan nelayan namun kegiatan yang dilakukan masih pada sekitar siklus pelelangan ikan di TPI, yaitu mensortir hasil tangkapan nelayan di pelabuhan sebelum dilelang di TPI. Namun demikian belum terlihat kegiatan pascapanen diversifikasi produk perikanan pengolahan hasil tangkapan laut, seperti ikan asin, ikan asap, kerupuk, terasi, otak-otak, dsb.

Dari beberapa isteri nelayan yang dijumpai di Blanakan mengemukakan bahwa mereka harus mengurus anak dan keluarga nelayan di rumah sementara suami menangkap ikan. Meskipun sebetulnya ada kemampuan dan peluang untuk melakukan pekerjaan tambahan, namun demikian mereka merasa bahwa karena kebutuhan minimal sandang, pangan, dan papan untuk hidup sehari-hari sudah terpenuhi maka peningkatan kualitas

hidup dengan melakukan pekerjaan tambahan sudah tidak diperlukan lagi. Salah satu produk perikanan yang ditemui di Blanakan adalah kerupuk ikan yang dibuat oleh isteri nelayan dalam memanfaatkan ikan yang berlimpah dan tersedia secara kontinyu di Blanakan. Namun demikian produk yang dihasilkan masih belum optimal dari kualitas, estetika, dan kebersihan. Kerupuk dibuat dengan pengolahan manual dengan alat yang sederhana sehingga hasilnya layak untuk dipasarkan. Sebetulnya penghasilan ikan yang berlimpah di Blanakan merupakan potensi yang besar untuk lebih memajukan koperasi dengan memanfaatkan ikan hasil tangkapan menjadi produk yang lebih memiliki nilai jual tinggi, seperti kerupuk ikan dan kulit ikan, otak-otak, bakso ikan, dsb.

Kurangnya pengetahuan terkait pemanfaatan produk perikanan hasil tangkapan masih merupakan tantangan. Untuk meningkatkan kemampuan penanganan peningkatan produksi pasca penangkapan ikan perlu adanya pembinaan pelatihan pemanfaatan produk perikanan termasuk penyediaan sarana dan prasarana. Para isteri nelayan dibantu dengan upaya yang dapat meningkatkan motivasi mereka, antara lain diberikan pelatihan membuat makanan yang berkualitas yang berasal dari produk perikanan juga bantuan penyediaan sarana prasarana untuk mengolah produk tersebut. Sebetulnya, menurut Soetrisno dalam Derman (2016), wanita di beberapa daerah miskin, termasuk masyarakat nelayan sudah terbiasa dengan mengerjakan pekerjaan lain selain sebagai ibu rumah tangga. Namun demikian harus ada faktor pemicu dan penggerak untuk melakukannya. Sampai saat ini juga belum pernah dilakukan penyuluhan terkait inovasi baru dari pengelolaan pascapanen produk perikanan instansi terkait termasuk para akademisi dan LSM.

Alternatif lain adalah pemanfaatan produk yang berasal dari tanaman mangrove yang sama sekali belum disentuh di Desa Blanakan. Dengan memanfaatkan tanaman mangrove diharapkan masyarakat mendapatkan nilai tambah dan sekaligus juga menjaga mangrove dari kerusakan. Namun demikian alternatif ini memerlukan kajian lebih dalam mengingat keberadaan mangrove di Desa Blanakan sudah sangat sedikit. Di samping itu

juga belum ada data baik di Desa ataupun di Kecamatan Blanakan terkait jenis tanaman mangrove yang ada di Blanakan.

Pemanfaatan Teknologi Informasi dan Komunikasi

Teknologi informasi dan komunikasi sangat membantu pekerjaan administrasi dan penyediaan data nelayan yang pada akhirnya juga menentukan kesejahteraan kehidupan nelayan. Salah satu strategi peningkatan pelayanan adalah memberikan informasi yang akurat tentang berbagai pengetahuan terkait perikanan, pemanfaatan produk perikanan dan produk mangrove, ekowisata, serta berbagai data informasi tentang Blanakan baik untuk kepentingan pengelolaan manajemen internal (koperasi dan anggota, kecamatan, desa, dsb.) maupun informasi kepada masyarakat luas sebagai sosialisasi dan promosi.

Seperti yang disampaikan oleh Fatmasari (2014), bahwa kesulitan akses terhadap sumber daya perikanan merupakan salah satu faktor yang menyebabkan permasalahan sosial ekonomi di kalangan masyarakat nelayan. Keterbukaan di era teknologi informasi ini memungkinkan masyarakat menjadi lebih mudah bertukar informasi untuk kemudian saling belajar satu sama lain. Saat ini penggunaan dan pemanfaatan TIK belum menjadi *habit* di Desa dan Kecamatan Blanakan. Keperluan data terbaru terkait informasi mangrove (jenis, manfaat, luas, dsb), data penelitian yang pernah dilakukan, masih sulit didapatkan. Data terkait administrasi Desa Blanakan juga masih ada yang dilakukan secara manual. Teknologi informasi telah menjadi gerakan global dan telah banyak dimanfaatkan di berbagai bidang, seperti media komunikasi, sosialisasi, serta penataan administrasi yang dapat membantu pengelolaan manajerial di level kecamatan dan desa dalam menata kearsipan dan berbagai data penting sehingga dapat membantu bekerja lebih efektif dan efisien. Kesulitan akses terutama terhadap data dapat menyebabkan kendala dalam menyampaikan informasi dan permasalahan, terutama kendala yang harus ditangani dengan segera. Pemanfaatan TIK, di samping selain meningkatkan pengelolaan mangrove secara profesional juga akan menciptakan hubungan yang baik serta kerjasama yang harmonis antar instansi terkait.

Meningkatkan Kualitas Layanan Ekowisata

Selain TPI yang menjadi daya tarik di Blanakan juga terdapat ekowisata (*ecotourism*), berupa penangkaran buaya yang jumlahnya mencapai 500 ekor (informasi penduduk setempat). Kulit buaya dijual untuk dijadikan bahan kerajinan yang mendatangkan kontribusi kepada Desa Blanakan. Ekowisata di wilayah mangrove merupakan salah satu bentuk dari implementasi konservasi. Ekowisata tidak dapat dipisahkan dengan konservasi karena dapat mendatangkan keuntungan pendapatan tambahan kepada masyarakat lokal dan secara tidak langsung melestarikan ekosistem mangrove. Aktivitas tersebut akan mengurangi tekanan terhadap kegiatan yang menyebabkan kerusakan wilayah mangrove. Di Pangandaran misalnya, dari tiket masuk pengunjung per hari dihasilkan Rp. 1.000.000 (satu juta rupiah), area parkir Rp. 300.000 (tiga ratus ribu rupiah), dan toilet Rp. 60.000 (enam puluh ribu rupiah) (Kuswandono, 2017). Pemasukan ini semakin meningkat pada hari-hari libur.

Saat ini di Blanakan sudah ada dua kegiatan yang menjadi fokus daya tarik masyarakat untuk datang ke Blanakan, yaitu TPI dan wisata penangkaran buaya. Namun demikian keduanya masih dapat ditingkatkan pengelolaannya agar lebih menarik pengunjung.

- 1) *Peningkatan kualitas sarana dan prasarana TPI.* TPI Mina Fajar Sidik menangani transaksi pelelangan hasil laut ini merupakan TPI terbesar di Subang. Produksi perikanan yang selalu meningkat dari tahun ke tahun mempunyai daya tarik tersendiri bagi masyarakat lokal maupun masyarakat dari luar Desa Blanakan. Namun demikian kebersihan dari kegiatan operasional TPI perlu ditingkatkan untuk menjaga higienitas lingkungan di sekitar pelabuhan dan pelelangan. Adanya pengelolaan limbah hasil lelang seperti, sisa limbah ikan dan darah yang dikelola dengan baik akan menurunkan faktor risiko yang dapat menimbulkan penyakit dan kesehatan lingkungan. Oleh karena itu berbagai fasilitas seperti sumur resapan, sarana pembuangan limbah, dan instalasi pengelolaan limbah (IPAL) perlu ditinjau ulang untuk menjamin kebersihan dan kesehatan TPI.

- 2) Beberapa masukan diharapkan dapat menarik pengunjung lebih banyak pada ekowisata penangkaran buaya, antara lain (a). pengelolaan yang lebih baik dan kebersihan yang terus ditingkatkan di sekitar rumah makan diharapkan akan menarik lebih banyak pengunjung, (b). tersedianya fasilitas penginapan bagi pengunjung/turis yang akan menginap. Memenuhi layanan aktivitas ekoturisme perlu memperhatikan fasilitas dengan kondisi yang baik dan yang layak huni, seperti ketersediaan *furniture*, kebersihan, dan ketersediaan air bersih. Mengingat Blanakan termasuk desa yang banyak digunakan sebagai contoh dan objek penelitian para peneliti, dosen, dan mahasiswa, maka adanya *home stay* (penginapan di rumah penduduk) untuk turis/para peneliti yang akan lama perlu dipertimbangkan. Selain restoran, fasilitas mushola, serta air bersih, tempat sampah yang memadai untuk meningkatkan kebersihan perlu diadakan. Beberapa hal penting ekowisata yang dapat menarik pengunjung antara lain ketersediaan galeri tempat menjual souvenir berupa produk mangrove dan produk perikanan hasil buah tangan masyarakat Blanakan.

PENUTUP

Berbagai program strategis telah banyak dicanangkan oleh pemerintah dalam rangka mengelola kawasan konservasi yang berkelanjutan di wilayah Pantura. Namun penurunan daya dukung lingkungan pesisir, kerusakan ekosistem, dan degradasi mangrove juga terus terjadi. Bahkan terjadinya degradasi lebih besar dibandingkan rehabilitasinya. Tingginya serta bervariasinya permasalahan di wilayah pesisir membutuhkan penanganan sesuai dengan karakteristik yang didapati di setiap wilayah. Hal yang tidak kalah penting selain menanamkan konsep kepada masyarakat tentang pentingnya keberadaan ekosistem mangrove juga tindakan nyata dalam bentuk implementasi dan jalan keluar untuk mengatasi perekonomian yang dapat meningkatkan kualitas dan kesejahteraan masyarakat dengan melibatkan semua sektor terkait agar konservasi dapat terus berjalan secara berkelanjutan. Kerjasama pemerintah daerah dan masyarakat bersama berbagai kementerian terkait serta para pemangku kepentingan dan LSM

harus dilakukan secara sistematis dan terstruktur berdasarkan *roadmap* yang telah dibuat.

Produk perikanan tangkap nelayan Blanakan yang melimpah dan tersedia secara kontinyu sampai saat ini belum dimanfaatkan secara optimal untuk dijadikan produk pasca perikanan yang dapat meningkatkan nilai tambah. Penghasilan ikan yang berlimpah di Blanakan merupakan potensi yang besar untuk lebih memajukan koperasi dengan memanfaatkan ikan hasil tangkapan menjadi produk yang lebih memiliki nilai jual tinggi yang dapat meningkatkan pendapatan dan kualitas hidup masyarakat nelayan. Sementara pengelolaan yang lebih baik dari TPI dan penangkaran buaya sebagai layanan aktivitas ekoturisme perlu dilakukan mengingat Blanakan termasuk desa yang banyak didatangi wisatawan lokal dan luar kota, termasuk digunakan sebagai contoh dan objek penelitian para peneliti, dosen, dan mahasiswa.

Di era global saat ini, pemanfaatan IT sangat diperlukan untuk kelengkapan informasi dan pembaharuan data, termasuk data ekologis flora dan fauna mangrove, kependudukan, geografis, serta berbagai dokumen lainnya. Penyediaan teknologi secara sederhana di setiap desa yang dikoordinasikan oleh kecamatan sangat membantu dalam penataan dan pengelolaan mangrove. Di samping itu data yang dapat diakses oleh masyarakat merupakan bentuk keterbukaan dan akuntabilitas yang dapat meningkatkan kepercayaan masyarakat luas terhadap pengelolaan ekosistem mangrove. Oleh karena itu beberapa alternatif yang dapat dijadikan pertimbangan dalam pengelolaan Blanakan secara berkelanjutan, antara lain (1) diversifikasi produk mangrove yang tersedia secara berlimpah dan kontinyu, (2) pendidikan dan pelatihan keterampilan kepada para nelayan tangkap dan isteri para nelayan untuk mengelola produk mangrove menjadi produk olahan yang lebih mempunyai nilai jual tinggi, (3) pemanfaatan TIK, dan (4) peningkatan kualitas ekowisata TPI dan penangkaran buaya. Dengan demikian, pengelolaan mangrove, khususnya di Desa Blanakan dapat merupakan salah satu contoh menjaga keberlanjutan ekosistem laut yang tertuang dalam pembangunan berkelanjutan.

REFERENSI

- Basyuni, M., Bimantara, Y., Siagian, M., & Leidonald, R. (2017). Developing sustainable mangrove management through community-based ecotourism in North Sumatra, Indonesia. Presentasi pada *International Conference on Sustainable Mangrove Ecosystem*, 18-21 April 2017 di Bali. Diakses melalui <http://www.itto.int/mangrove2017/> pada Agustus 2017.
- Bengen, D. G. (2001). *Sinopsis ekosistem sumberdaya alam pesisir dan laut*. Bogor: Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan IPB.
- BKKBN (2018). *Batasan dan pengertian MDK*. Diakses melalui <http://aplikasi.bkkbn.go.id/mdk/BatasanMDK.aspx> pada 3 September 2018.
- BPN Kabupaten Subang (2014). *Peta Kecamatan Blanakan*. Subang: Badan Pertanahan Nasional Kabupaten Subang Jawa Barat.
- Data Desa Blanakan (2017). *Potensi sumberdaya alam Desa Blanakan*. Kelurahan Blanakan.
- Derman (2016). *Peran wanita nelayan dalam pemenuhan kebutuhan hidup keluarga di Kelurahan Bungkotoko Kecamatan Abeli, Kota Kendari* (Skripsi). Program Studi Agribisnis Fakultas Pertanian Universitas Halu Oleo, Kendari.
- Fatmasari, D. (2014). Analisis sosial ekonomi dan budaya masyarakat pesisir Desa Waruduwur, Kecamatan Mundu, Kabupaten Cirebon. *Al-Amwal, Jurnal Ekonomi dan Perbankan Syari'ah*, 6 (1).
- Heriyanto, N.M. dan Subiandono, E. (2011). Penyerapan polutan logam berat (Hg, Pb, dan Cu) oleh jenis jenis mangrove. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, 8 (2), 177-188.

Indrayanti, M. D., Fachrudin, A., & Setiobudiandi, I. (2015). Penilaian jasa ekosistem mangrove di Teluk Blanakan Kabupaten Subang. *Jurnal Ilmu Pengetahuan Indonesia (JIPI)*, 20 (2), 91-96.

Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian RI. (2018). *Pengelolaan ekosistem mangrove berkelanjutan*. Diakses melalui <https://ekon.go.id/berita/view/pengelolaan-ekosistem.3649.html> pada 9 Agustus 2018.

Kompas.com (2017). *Manfaat lahan kritis: skema perhutanan sosial percepat pemulihan hutan mangrove. Data One Map Mangrove dan RTK-RHL DAS 2014*. Diakses melalui <https://kompas.id/baca/humaniora/ilmu-pengetahuan-teknologi/2017/03/15/manfaatkan-lahan-kritis/>

Kuswandono, A. (2017). Role of Coordinating Ministry of Maritime affairs in sustainable management of Indonesian mangrove and its ecosystem. *International Conference on Mangrove Ecosystems*, Bali, 18 April 2017.

Meriana, G. (2016). *Monitoring perkembangan tanah timbul dan pemanfaatannya di Pesisir Blanakan Kabupaten Subang* (Thesis). Universitas Pendidikan Indonesia.

Prihandoko, Jahi, A., Gani D. S., Purnaba, G. P., Adrianto, L., & Tjitradjaja, I. (2012). Faktor-faktor yang mempengaruhi perilaku nelayan artisanal dalam pemanfaatan sumberdaya perikanan di Pantai Utara Provinsi Jawa Barat. *Jurnal Penyuluhan*, 9 (2).

Profil Kecamatan Blanakan (2016). *Luas Wilayah Kecamatan Blanakan*. Kantor Kecamatan Blanakan.

Rizal, A. (2004). *Analisis strategi pengembangan unit usaha tempat pelelangan ikan KUD Mandiri Inti Mina Fajar Sidik, Kecamatan Blanakan, Kabupaten Subang* (Skripsi). Program Ekstensi Ilmu Sosial Ekonomi Pertanian Fakultas Pertanian, IPB.

- Rudra, T., Pramanick, P., Banerjee, K., Fazli, P., Zaman, S., Bhattacharjee, A. K., Amin, G., and Mitra, A. (2014). Community Structure of Mangrove: A Case Study from Indian Sundarbans. *International Journal of Universal Pharmacy and Biosciences*, 3 (6). Diakses melalui https://www.researchgate.net/publication/269694463_COMMUNITY_STRUCTURE_OF_MANGROVES_A_CASE_STUDY_FROM_INDIAN_SUNDARBANS pada 5 September 2018.
- Salim, E. (1990). *Pembangunan berwawasan lingkungan*. Jakarta: LP3ES.
- Sodikin (2012). *Kerusakan ekosistem mangrove di Pantai Utara Jawa Barat* (Thesis). Program Studi Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro, Semarang.
- Soraya, D., Suhara. O., & Taofiqurohman, A. (2012). Perubahan garis pantai akibat kerusakan mangrove di Kecamatan Blanakan Legonkulon, Kabupaten Subang. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 3 (4).
- USGS (2018). *Peta Blanakan 2018*. Diakses melalui <https://ers.cr.usgs.gov/> pada 6 Agustus 2018.



Pengelolaan Lahan Gambut Berkelanjutan
dengan Budidaya Tanaman Pangan dan Sayuran
(Nurmala Pangaribuan)

PENGELOLAAN LAHAN GAMBUT BERKELANJUTAN DENGAN BUDIDAYA TANAMAN PANGAN DAN SAYURAN

Nurmala Pangaribuan
(nurmala@ecampus.ut.ac.id)

PENGANTAR

Pada peringatan Hari Pangan Sedunia tingkat Provinsi Jawa Barat yang dilaksanakan pada bulan November 2017, Kepala Badan Ketahanan Pangan Kementerian Pertanian menyampaikan bahwa target pemerintah tahun 2045 menjadikan Indonesia lumbung pangan dunia. Target ini difokuskan pada 11 komoditas pangan strategis, tiga diantaranya adalah beras, jagung, dan hortikultura (Badan Ketahanan Pangan, 2018). Target pemerintah ini berpotensi dalam meningkatkan laju degradasi lahan gambut. Konversi gambut menjadi hutan tanaman industri atau perkebunan kelapa sawit akan menurunkan fungsi-fungsi ekosistem yang sangat penting bagi kelangsungan hidup manusia. Ekosistem gambut sangat unik dan memiliki fungsi hidrologis yang sangat penting. Apabila lahan gambut dibuka dan didrainase tanpa aturan yang bijaksana akan menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan, diantaranya terjadi *subsiden* (penurunan muka tanah), kebakaran, emisi CO₂, hilangnya *biodiversitas* dan banjir. Permasalahan sosial juga kerap terjadi seperti konflik antara masyarakat dengan pelaku industri yang biasanya berhubungan dengan status lahan.

Pemerintah sudah memberi perhatian serius pada upaya untuk mencegah terjadi kerusakan gambut, diantaranya dengan mengeluarkan Instruksi Presiden (Inpres) tentang Penundaan Izin Baru Pembukaan Hutan Alami dan Lahan Gambut melalui Inpres No. 10/2011, yang diperbaharui dengan Inpres No. 6/2013 dan Inpres No. 8/2015 yang berlaku hingga tahun 2017. Selain itu, pemerintah juga telah mengesahkan Perpres No. 71/2014 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Ekosistem Gambut. Namun hingga kini peraturan tersebut masih terhambat oleh polemik yang terjadi diantara

para pemangku kepentingan. Hal ini menjadi kendala dalam pelaksanaannya di lapangan. Permasalahan pemanfaatan lahan gambut masih terus berlangsung. Untuk itu masih perlu dilakukan kajian tentang pengelolaan gambut sebagai lahan budidaya tanaman pangan dan sayuran yang berkelanjutan dengan memperhatikan kondisi lingkungan yang sesuai bagi tanaman tersebut dan tata kelola yang tidak menimbulkan kerusakan gambut. Hal ini dirasa sangat penting agar upaya mewujudkan Ketahanan Pangan Indonesia dapat terwujud tanpa merusak ekosistem gambut.

PEMBAHASAN

Permasalahan Gambut Sebagai Lahan Budidaya

Lahan gambut tropis memiliki sifat fisik dan kimia yang sangat beragam. Karakteristiknya sangat ditentukan oleh ketebalan gambut, substratum, tanah mineral yang ada di bawahnya, kematangannya, dan ada atau tidak pengayaan yang berasal dari luapan sungai yang ada di sekitarnya. Karakteristik lahan gambut biasanya dijadikan acuan dalam pemanfaatannya untuk mencapai produktivitas yang tinggi dan berkelanjutan. Sesuai dengan Keppres No. 32/1990 tentang pengelolaan kawasan lindung, gambut dengan ketebalan >3 m diperuntukkan sebagai kawasan konservasi. Hal ini disebabkan semakin tebal lapisan gambut, maka gambut tersebut akan semakin rapuh (*fragile*). Gambut dengan kedalaman <3 m dapat dimanfaatkan untuk pertanian dengan syarat lapisan mineral yang ada di bawah gambut bukan pasir kuarsa atau liat berpirit, dan tingkat kematangan gambut bukan fibrik. Departemen Pertanian merekomendasikan bahwa gambut yang dapat digunakan untuk tanaman pangan dan hortikultura adalah gambut dangkal (<100 cm) dan gambut yang direkomendasikan untuk tanaman tahunan adalah gambut yang memiliki ketebalan 2–3 m (Sabiham, Wahyunto, Nugroho, Subiksa, & Sukarman, 2009). Hal ini karena gambut dangkal memiliki tingkat kesuburan relatif lebih tinggi dan risiko lingkungan lebih rendah dibandingkan gambut dalam (Subiksa, Hartatik, & Fahmuddin, 2011). Tabel 1. berikut adalah kriteria pemanfaatan gambut berdasarkan ketebalan lapisan bagian bawah dan kaitannya dengan hidrologi (Limin et al., 2000).

Tabel 1. Kriteria Pemanfaatan Gambut Berdasarkan Ketebalan Lapisan, Bahan di Bagian Bawah Gambut dan Hidrologi

No.	Ketebalan (cm)	Bahan di Bawah Lapisan Gambut	Hidrologi	Peruntukan
1.	≤50	Mineral liat	Tidak bermasalah	Padi/palawija/usaha tambak/beje
		Pasir/granit	Bemasalah/tidak bermasalah	Konservasi
2.	(50–100)	Mineral liat	Tidak bermasalah	Padi/palawija, komoditi perkebunan
		Pasir/granit	Bemasalah/tidak bermasalah	Konservasi
3.	(100–200)	Mineral liat	Tidak bermasalah	Komoditi perkebunan
		Pasir/granit	Bemasalah/tidak bermasalah	Konservasi
4.	>200	Mineral liat/pasir/granit	Bemasalah/tidak bermasalah	Konservasi

Sumber: Limin et al. (2000)

Tabel 1. menunjukkan bahwa pada gambut dangkal (≤50 cm) hingga gambut dalam (>200 cm), apabila bagian bawah gambut berupa lapisan mineral, maka hidrologi menjadi tidak bermasalah. Sehingga gambut dapat dimanfaatkan untuk peruntukkan tertentu, misalnya padi, palawija, usaha tambak, beje atau perkebunan. Tetapi, jika bagian bawah lapisan gambut berupa pasir atau granit, maka hidrologi akan menjadi masalah sehingga diperuntukkan hanya untuk konservasi.

Beberapa hal lainnya yang harus mendapatkan perhatian dalam pemanfaatan gambut sebagai lahan budidaya adalah: drainase, pengelolaan air, muka air tanah, pH gambut, dan pemupukan. Pengaruh aspek-aspek

tersebut terhadap fungsi gambut sebagai lahan budidaya dan kelestarian gambut sebagai berikut.

Drainase

Di Indonesia, pembuatan saluran drainase di lahan gambut sebenarnya sudah dipraktikkan sejak lama, namun dalam jumlah sedikit dan ukuran yang kecil. Seiring dengan alih fungsi lahan gambut menjadi perkebunan sawit, jumlah saluran drainase semakin bertambah. Hal ini dapat memicu terjadi subsiden. Dalam kondisi alami, lahan gambut selalu dalam keadaan jenuh air (anaerob). Sebaliknya, sebagian besar tanaman yang dibudiyakan memerlukan kondisi yang aerob. Upaya untuk mengatasi hal yang kontradiktif ini, maka dilakukan pembuatan saluran drainase untuk menurunkan permukaan air tanah hanya sebatas untuk menciptakan kondisi aerob di zona perakaran tanaman agar akar tanaman tidak terendam dan tanaman dapat tumbuh secara optimal.

Pembuatan saluran drainase atau kanal-kanal yang melintasi lapisan gambut tebal, akan berdampak negatif dalam jangka panjang. Contoh nyata adalah Proyek Lahan Gambut Sejuta Hektar yang dibangun pada tahun 1996, dengan program kanalisasi dan mencincang habis hamparan gambut diantara sungai besar Sabangau, Kahayan, Kapuas dan Barito. Kondisi ini berakibat pada perubahan drastis neraca air pada daerah aliran sungai (DAS) tersebut, sehingga kawasan eks Proyek Lahan Gambut Sejuta Hektar menjadi penghasil asap terbesar di Kalimantan Tengah. Ditambah lagi, akibat hal tersebut ternyata terjadi perubahan ekosistem di area tersebut yang menyebabkan usaha tradisional yang sudah ditekuni petani secara turun-temurun sebagai sumber pendapatan menjadi terganggu akibat produktivitas lahannya mengalami penurunan hingga tidak dapat diusahakan lagi (Suwido & Limin, 2006).

Pengelolaan Air

Pembuatan saluran drainase pada lahan gambut bertujuan untuk menurunkan permukaan air tanah, menciptakan kondisi aerob di zona perakaran tanaman, dan mengurangi konsentrasi asam-asam organik. Namun demikian, gambut tidak boleh terlalu kering karena apabila gambut mengalami kekeringan, maka gambut akan rusak dan menimbulkan emisi gas rumah kaca (GRK) yang tinggi. Oleh karena itu, untuk kebutuhan budidaya perlu dibuat *canal blocking* yang dilengkapi dengan pintu air guna menyalurkan kelebihan air hingga batas yang tidak membuat gambut mengalami degradasi akibat terjadi kekeringan. Gambar 1. menunjukkan pintu air yang berfungsi sebagai *canal blocking*.



Sumber: Subiksa et al. (2011)

Gambar 1. Pintu Air untuk Menjaga Muka Air Tanah Tetap Stabil pada Kisaran yang Dikehendaki

Pembuatan *canal blocking* pada gambut yang dijadikan areal budidaya merupakan hal yang sangat penting karena gambut berbeda dengan tanah mineral. Pada tanah mineral bagian aktifnya berupa bahan padatan. Tetapi pada gambut, bagian aktifnya adalah fase cairnya sehingga apabila gambut kering maka gambut akan kehilangan fungsinya sebagai tanah dan menjadi

bersifat hidrofobik. Oleh karena itu, untuk mencegah gambut terlalu kering, maka pada saluran drainase dibuat pintu-pintu air yang berfungsi sebagai *canal blocking* sehingga dapat menjaga muka air tanah tetap stabil pada kisaran yang dikehendaki.

Pengaturan Muka Air Tanah

Upaya untuk menurunkan muka air tanah sangat diperlukan untuk menjaga kondisi media perakaran tetap dalam kondisi aerob sehingga akar tanaman cukup mendapatkan oksigen. Tetapi upaya ini harus membuat gambut tetap lembab untuk menghindari emisi yang besar akibat gambut mengering. Pengaturan pintu air merupakan tindakan mitigasi emisi CO₂ yang terjadi. Wosten dalam Hooijer, Silviu, Wösten, & Page (2006) mengemukakan bahwa laju emisi berbanding lurus dengan kedalaman saluran drainase. Hal ini diperkuat oleh pernyataan Rieley & Page (2005) bahwa ada hubungan yang bersifat linier antara kedalaman muka air tanah dengan emisi gas rumah kaca. Upaya mengatur muka air tanah pada tingkat yang aman merupakan tindakan yang paling efektif dalam mencegah kerusakan lahan gambut dan menjaga agar tanaman tetap berproduksi dalam kondisi optimal.

Noor (2010) mengemukakan bahwa ada hubungan antara penggunaan jenis tanaman dengan emisi. Hal ini disebabkan masing-masing tanaman membutuhkan kedalaman air tanah yang berbeda. Salah satu komponen penting dalam pengaturan tata air lahan gambut adalah pembuatan pintu air atau *canal blocking* di setiap saluran. Pembuatan saluran, pintu air, dan *canal blocking* di lahan gambut ditujukan untuk menghindari perubahan kondisi lahan yang drastis, seperti pengeringan. Pintu air berfungsi untuk mengatur muka air tanah yang disesuaikan dengan kebutuhan tanaman. Namun demikian, pada lahan gambut yang difungsikan untuk transmigrasi, jaringan saluran drainasenya tidak terawat, terjadi pendangkalan saluran dan tertutup rumput. Akibatnya, pintu air mengalami kerusakan sehingga air akan mengalir melalui pinggir pintu air. Padahal selayaknya hal ini tidak terjadi, pintu air harus tetap berfungsi secara optimal agar permukaan air tanah tidak dangkal dan kering.

pH Gambut

Gambut bersifat sangat masam dengan pH sangat rendah. Kemasaman tanah yang tinggi, merupakan kendala utama bagi ketersediaan fosfor, karena fosfor terikat dalam bentuk fosfolipida pada bahan organik tanah. Sebagian dari asam-asam organik yang terikat pada gambut berasal dari golongan asam fenolat. Asam ini bersifat racun bagi tanaman. Ameliorasi lahan gambut dapat dilakukan dengan menggunakan amelioran atau pembenah tanah. Bahan-bahan tersebut dapat *berupa soil conditioner* untuk memperbaiki struktur tanah, kapur pertanian atau abu cangkang sawit (ACS) untuk memperbaiki sifat kimia/fisik gambut. Penggunaan amelioran pada lahan gambut diharapkan dapat mengelola kemasaman tanah, asam-asam organik beracun, kapasitas tukar kation (KTK) tinggi, hara makro NPK rendah dan kejenuhan basa rendah. Melalui upaya perbaikan terhadap hal-hal tersebut dengan menggunakan amelioran diharapkan dapat membuat media perakaran tanaman menjadi lebih baik.

Amelioran adalah bahan yang dapat digunakan untuk memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah gambut. Contoh dari bahan amelioran adalah kapur Dolomit, pupuk kandang dan ACS. Ketiga jenis amelioran ini dapat meningkatkan pH dan basa-basa tanah. Penggunaan bahan-bahan ini dapat membuat kemasaman gambut dapat dinaikkan sampai dengan pH 5,0 (Mario, 2002; Pangaribuan, 2015). Kapur Dolomit seringkali digunakan sebagai bahan amelioran. Beberapa kelebihan Dolomit diantaranya: mengandung CaO 30 %, MgO sebesar 18-22 %, kadar air maksimum 5%, berbentuk bubuk (*powder*), ukuran butir seragam, dan minimal 95% lolos ayakan 100 mesh ($\pm 0,15$ mm), daya larut dalam air cepat, sehingga mudah tersedia bagi tanaman, efektifitas tinggi, dan daya tangkal pengasaman cepat. Makin halus kapur, makin cepat bereaksi dengan tanah. Kebutuhan kapur bagi tanah masam ditentukan oleh pH dan kadar bahan organik tanah. Kandungan bahan organik akan menentukan kapasitas adsorpsi dan daya penyangga tanah. Kandungan bahan organik tinggi menyebabkan daya penyangga besar sehingga diperlukan lebih banyak kapur.

Selain kapur, ACS merupakan salah satu bahan amelioran yang berbentuk limbah padat berupa abu yang dihasilkan dari proses pembakaran cangkang sawit di boiler pada pabrik kelapa sawit (Direktorat Pengolahan Hasil Pertanian, 2006). ACS dapat menjadi alternatif sebagai pembenah tanah, karena mengandung unsur hara makro dan mikro. Abu cangkang sawit memiliki pH 10,43 sehingga dapat mengurangi kandungan asam organik tanah yang dapat mempengaruhi kualitas kimia/fisik dan mempercepat pembentukan lapis olah gambut (Pangaribuan, 2015). Formula berbagai amelioran dan pupuk gambut (Pugam) yang dikembangkan Balai Penelitian Tanah juga efektif meningkatkan produktivitas lahan gambut. Pugam mengandung kation polivalen dengan konsentrasi tinggi sehingga takaran amelioran yang diperlukan tidak terlalu besar yaitu hanya 750 kg/ha (Subiksa et al., 2011). Pemberian Dolomit 3 ton/ha dengan ACS 15 ton/ha dapat meningkatkan pH, KTK tanah, kandungan NPK, kation yang dapat dipertukarkan seperti Ca, Mg, K, Na. Selain itu juga dapat meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman kedelai meliputi tinggi tanaman, jumlah cabang, jumlah bintil akar, jumlah polong, dan bobot biji (Pangaribuan, 2015).

Pemupukan

Pemupukan pada lahan gambut diperlukan karena gambut sangat miskin mineral dan hara yang diperlukan tanaman. Jenis pupuk yang diperlukan pada lahan gambut adalah pupuk lengkap terutama yang mengandung N, P, K, Ca, Mg dan unsur mikro Cu, Zn dan B. Daya pegang (*sorption power*) hara tanah gambut rendah. Oleh karenanya, pemupukan pada lahan gambut harus dilakukan secara bertahap pada takaran rendah agar pupuk tidak terbuang percuma akibat tercuci. Penggunaan pupuk fosfat alam dan Pugam secara *slow release* akan lebih efektif dan efisien dibandingkan dengan SP-36, karena selain harganya murah juga dapat meningkatkan pH tanah (Subiksa, Suganda, & Purnomo, 2009). Pugam dengan kandungan hara utama P, juga tergolong pupuk *slow release* yang mampu meningkatkan serapan hara, mengurangi pencucian hara P, dan meningkatkan pertumbuhan tanaman.

Tanah gambut kahat unsur mikro karena dikhelat (diikat) oleh bahan organik. Kekurangan unsur mikro dapat menyebabkan bunga jantan steril sehingga terjadi kehampaan pada tanaman padi, tongkol jagung kosong, dan kehampaan pada polong kacang tanah. Pugam sebagai amelioran dan pupuk, juga mengandung unsur mikro yang diperlukan tanaman. Melalui pemberian Pugam diharapkan pemberian unsur mikro yang berasal dari pupuk anorganik tidak diperlukan lagi. Hasil penelitian Subiksa et al. (2009) menunjukkan bahwa pemupukan dengan Pugam mampu menurunkan emisi GRK hingga 47% dan meningkatkan produksi biomassa lebih dari 30 kali lipat. Mario (2002) dan Hartatik (2003) mendapatkan dari hasil penelitiannya bahwa penambahan senyawa berkadar besi tinggi mampu menekan pengaruh buruk asam-asam fenolat yang beracun sehingga pertumbuhan tanaman menjadi lebih baik. Senyawa kompleks yang terbentuk oleh pemupukan, ditambah bahan amelioran mampu memecahkan beberapa permasalahan yang dihadapi dalam usahatani di lahan gambut, yaitu: (1) mengurangi emisi GRK karena stabilitas gambut meningkat, (2) menetralsir asam-asam fenolat beracun sehingga perkembangan akar tanaman tidak terganggu, dan (3) mengurangi pencucian hara karena ada tapak jerapan positif yang terbentuk dari kation polivalen. Dalam rangka mitigasi emisi CO₂ secara massal, sangat penting untuk memberlakukan kebijakan subsidi pupuk dan amelioran yang mampu menekan emisi GRK. Kebijakan melarang penggunaan lahan gambut secara total kurang tepat, karena masyarakat di lahan gambut memiliki ketergantungan tinggi terhadap lahan tersebut. Bahkan di beberapa tempat, petani berhasil menjadikan lahan gambut sebagai sumber pendapatan utama secara turun temurun.

Pengelolaan Lahan Gambut sebagai Lahan Budidaya secara Berkelanjutan

Lahan gambut dapat dijadikan sebagai lahan budidaya. Ada beberapa hal yang harus mendapatkan perhatian agar kegiatan budidaya di lahan gambut dapat memberikan hasil yang maksimal tanpa merusak gambutnya, yakni: (1) gambut harus senantiasa tertutup vegetasi, (2) persiapan pembukaan lahan diupayakan tanpa bakar, dan (3) pengaturan pola tanam dengan

menyesuaikan penempatan tanaman sesuai toleransinya terhadap kelebihan air. Penjelasan tentang hal ini sebagai berikut.

Pentingnya Penutup Tanah dalam Mengantisipasi Kerusakan Lahan Gambut

Emisi GRK berkorelasi positif dengan suhu. Semakin tinggi suhu udara dan tanah dapat menyebabkan emisi GRK akan semakin tinggi. Warna gambut yang gelap cenderung menyerap suhu, sehingga gambut yang terekspos akan terasa sangat panas. Suhu yang panas menyebabkan gambut cepat kering dan rawan kebakaran. Oleh karenanya, untuk mengurangi emisi GRK dari lahan gambut, maka gambut harus diusahakan tertutup vegetasi. Upaya menanam tanaman penutup tanah, selain mengurangi emisi, juga meningkatkan sequestrasi karbon sehingga emisi menjadi lebih kecil lagi. Tanaman penutup tanah sebagai tanaman sela di perkebunan akan sangat membantu mempertahankan kelembaban tanah dan mitigasi kebakaran lahan gambut. Tanaman penutup tanah penghasil biomassa tinggi seperti *mucuna* atau *calopogonium* sangat dianjurkan karena bisa meningkatkan sequestrasi karbon dan fiksasi N dari udara dan sekaligus dapat menambah kesuburan tanaman pokok. Tanaman *in situ* seperti pakis (*Stenochiaena palustris*) juga bisa dimanfaatkan sebagai tanaman penutup dan bahkan penggunaan tanaman ini dapat menjadikan lebih efisien karena biaya menjadi lebih murah. Penutup tanah pada gambut juga dapat berfungsi untuk menghindari penurunan permukaan tanah (*subsidence*). Permukaan tanah harus dipertahankan agar gambut tidak gundul. Beberapa vegetasi seperti rumput-rumputan atau leguminose dapat dibiarkan tumbuh di sekeliling tanaman kecuali pada lubang tanam utama. Beberapa jenis legume menjalar seperti *Canavalia maritima* dapat tumbuh pada lahan dengan unsur hara minimum dan memiliki toleransi yang tinggi terhadap kemasaman.

Persiapan Pembukaan Lahan

Emisi karbon paling masif terjadi saat kebakaran gambut, baik karena kesengajaan maupun tidak sengaja. Penyiapan lahan dengan sistem

membakar menyebabkan cadangan karbon hilang, terjadi subsiden, dan pada akhirnya mengarah pada habisnya lapisan gambut. Petani di Kalimantan Barat selalu melakukan pembakaran lahan sebelum menanam tanaman pangan, khususnya jagung. Setiap musim, lapisan gambut yang terbakar sekitar 3-5 cm. Subiksa et al. (2011) dan Afni (2017) mengukur besarnya emisi karbon, dalam satu tahun dengan dua kali musim tanam sekitar 110,1 ton CO₂/ha/tahun (dengan asumsi *density* gambut sekitar 50 kg/m³ atau 0.05 ton/ m³).

Kebakaran lahan, biasanya terjadi diantara bulan Januari – Mei. Daerah yang paling banyak memiliki titik api antara lain Riau dan Kalimantan Timur, puncaknya terjadi pada bulan Februari - Maret. Aktivitas pembakaran untuk pembukaan lahan masih menjadi pilihan masyarakat. Budaya seperti ini harus diubah dengan melakukan sosialisasi persiapan lahan tanpa bakar (PLTB) dan penerapan peraturan perundang-undangan. Para akademisi dan pemerintah harus secara bersama-sama mengawal upaya ini agar gambut lestari.

Pembakaran lahan dapat menyebabkan hilangnya cadangan karbon sehingga lapisan gambut semakin tipis bahkan habis. Bila yang tertinggal adalah lapisan substratum yang mengandung mineral berpirit atau pasir kuarsa, maka pada lahan tersebut akan terjadi kemerosotan kesuburan tanah. Para akademisi harus dapat mengedukasi petani bahwa tindakan membakar gambut untuk memperoleh abu hanya untuk sementara dapat memperbaiki kesuburan tanah. Petani harus diarahkan agar membakar serasah tanaman dilakukan secara terkendali dengan melokalisir tempat pembakaran serasah. Cara ini dapat mencegah kebakaran gambut yang semakin meluas. Abu sisa pembakaran akan memberikan efek ameliorasi yang dapat meningkatkan pH dan kandungan basa-basa tanah sehingga tanaman dapat tumbuh lebih baik. Bila pembakaran serasah harus dilakukan langsung di lapangan, maka harus dipastikan bahwa gambut di bawahnya jenuh air supaya gambutnya tidak ikut terbakar.

Upaya alternatif pengalihan cara tradisional pembukaan lahan dari membakar kepada metode tanpa membakar harus tetap diupayakan untuk

menjaga kelestarian lahan gambut. Penggunaan *mulcher* atau *bio-harvester* dapat dijadikan sebagai alternatif untuk pembukaan lahan, namun alatnya masih tergolong mahal. Sementara ini, upaya menjaga kelestarian lahan gambut yang digunakan untuk lahan pertanian yang sudah eksis dapat dilakukan dengan metode ameliorasi dan pemupukan. Guna mendukung hal ini, pemerintah bersama-sama dengan unit terkait dapat menyusun kebijakan subsidi pupuk dan amelioran untuk petani.

Pengaturan Pola Tanam

Pengaturan pola tanam dengan menggunakan tanaman pangan dan sayuran, dapat mengurangi emisi CO₂. Pengaturan pola tanam di lahan gambut ditujukan untuk mencegah lahan terbuka dalam waktu lama sehingga dapat mencegah terjadi emisi GRK. Perlakuan *replanting* merupakan salah satu contoh penerapan pola tanam yang memungkinkan tanah gambut tidak terbuka. Penanaman tanaman sela diantara tanaman inang dapat mengurangi emisi GRK sekaligus meningkatkan sekuestrasi karbon.

Beberapa faktor pembatas lahan gambut sebagai media tanam tanaman pangan dan sayuran adalah kondisi lahan yang jenuh air, bereaksi masam dan mengandung asam organik yang beracun serta status hara rendah. Berbagai upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan produktivitas lahan gambut, diantaranya melalui: penerapan teknologi pengelolaan air, ameliorasi, pemupukan dan pemilihan tanaman dengan menggunakan komoditas yang toleran. Pemanfaatan lahan gambut untuk pertanian berkelanjutan dimulai dengan perencanaan dan penataan lahan yang disesuaikan dengan karakteristik lahan gambut setempat dan pemilihan komoditas yang akan dikembangkan. Pengaturan pola tanam harus juga memperhatikan jaringan saluran drainase, perataan tanah (*leveling*), pembersihan tunggul, pembuatan surjan, guludan, dan pembuatan drainase dangkal intensif.

Pemanfaatan Lahan Gambut untuk Budidaya Tanaman Pangan dan Sayuran

Pengembangan lahan gambut untuk tanaman pangan dan sayuran harus memperhatikan komoditas tanaman yang akan dibudidayakan. Hal ini sangat penting untuk mendapatkan produktivitas tanaman yang tinggi. Pemilihan komoditas disesuaikan dengan daya adaptasi tanaman terhadap karakteristik lahan gambut yang akan digunakan sebagai media tanam, nilai ekonomi, kemampuan modal, keterampilan, dan skala usaha. Berikut adalah hal-hal yang harus diperhatikan dalam memanfaatkan lahan gambut sebagai lahan budidaya tanaman pangan dan sayuran.

Budidaya Tanaman Pangan di Lahan Gambut

Tanaman pangan memerlukan drainase dangkal (sekitar 20–30 cm). Tanaman padi tidak memerlukan drainase, tetapi tetap memerlukan sirkulasi air. Usahatani padi pada lahan gambut dapat ditata dengan sistem surjan yang merupakan teknologi kearifan lokal yang sudah turun menurun dan ramah lingkungan. Bagian tabukan surjan (*sunken bed* atau bagian sawahnya) ditanami padi dengan pola tanam padi-padi atau padi-bera, sedangkan bagian guludannya (*raised bed* atau bagian lahan keringnya) ditanami palawija/hortikultura.



Sumber: Balai Penelitian Lahan Rawa (2018)

Gambar 2. Sistem Surjan pada Lahan Gambut di Kalimantan Selatan

Gambar 2 menunjukkan budidaya tanaman pangan dengan sistem surjan yang dilakukan petani di Kalimantan Selatan. Bagian atas (guludan) ditanami jeruk, sedangkan bagian bawahnya ditanami padi. Jeruk ditanam di bagian atas karena akar tanaman jeruk kurang toleran terhadap kelebihan air. Sementara di bagian lembah ditanam tanaman padi yang toleran terhadap kelebihan air. Sistem surjan dibuat pada lahan yang tidak terluapi air atau pasokan air terbatas sehingga petani tidak bisa membuat sawah pada seluruh bagian lahannya. Salah satu keuntungan sistem surjan adalah petani dapat menganekaragamkan jenis komoditas (padi dan palawija/sayuran) yang diusahakannya sehingga mengurangi risiko kegagalan, baik gagal panen akibat budidaya dan kondisi iklim maupun gagal akibat harga jual hasil usahatani yang jatuh akibat kesalahan dalam mekanisme pasar.

Lahan gambut dapat dibuat menjadi areal persawahan. Ada tiga tahapan yang harus dilakukan untuk membuat atau mencetak sawah pada lahan gambut, yakni: (a) membersihkan tanah dari tunggul kayu, (b) melakukan pelumpuran, dan (c) membuat saluran drainase dan irigasi yang seimbang di dalam petakan sawah. Guna mendapatkan hasil panen yang maksimal, maka budidaya tanaman pangan di lahan gambut juga memerlukan tambahan hara dari luar melalui pemberian pupuk. Salah satunya yang disarankan adalah pemberian pupuk kandang. Hal ini karena pupuk kandang memiliki kejenuhan basa (KB) tinggi, namun demikian pupuk ini memiliki KTK yang rendah. Salah satu jenis pupuk kandang yang dapat digunakan adalah pupuk dari kotoran ayam. Pupuk kandang kotoran ayam mengandung beberapa unsur hara makro dan mikro dalam jumlah banyak. Di samping itu, pupuk ini dapat melepaskan haranya secara bertahap dan lama (*slow release*). Atas dasar sifat-sifat tersebut, maka pupuk kandang dari kotoran ayam dapat digunakan untuk memperbaiki sifat fisik dan kimia gambut. Oleh karena itu, pupuk kandang dari kotoran ayam dapat dijadikan bahan amelioran. Hasil penelitian pada gambut pedalaman Bereng Bengkel menunjukkan bahwa pemberian kotoran ayam sampai 14 ton/ha dapat meningkatkan jumlah tongkol jagung manis (Noor, 2010).

Lumpur laut cair juga dapat digunakan sebagai amelioran untuk memperbaiki sifat gambut. Hasil penelitian Abdulrachman (2013)

menunjukkan pemberian amelioran berupa lumpur laut cair (LLC) dan kotoran sapi dengan dosis berturut-turut 74,7 kl/ha dan 14,6 ton/ha dapat meningkatkan produksi jagung di lahan gambut Siantan Kalimantan Barat. Perbaikan tanah dengan penggunaan input yang terjangkau oleh petani seperti pengolahan tanah, perbaikan tata air, pemupukan, pengapuran dan pemberantasan hama dan penyakit dapat membuat gambut berpotensi untuk dikembangkan sebagai lahan pertanian. Widodo dan Suliansah (2009) mendapatkan dari hasil penelitiannya bahwa perlakuan pemberian kombinasi kapur 2,5 ton/ha, 3,75 ton/ha dan 5 ton/ha dengan campuran unsur mikro 50 kg/ha membuat tiga varietas padi yang berasal dari Bungo Suntieng Durian, Randah Kuniang dan Lampung, toleran terhadap lingkungan gambut. Paiman (2017) mendapatkan dari penelitiannya bahwa pemberian berbagai kombinasi tanah beralofan dan abu sekam padi menghasilkan produksi kedelai mencapai 1,38 ton/ha. Hal ini disebabkan tanah beralofan dan abu sekam padi dapat menyumbangkan unsur hara fosfor cukup banyak bagi tanah dan tanaman. Pupuk kandang dapat juga digunakan sebagai amelioran. Tingkat dekomposisi tanah gambut sangat menentukan efektifitas pupuk kandang. Mawardi (2017) mendapatkan dari hasil penelitiannya bahwa pemberian pupuk kandang pada tanaman jagung akan lebih efektif apabila digunakan pada gambut hemik dan fibrik.

Pengembangan lahan gambut untuk ditanami tanaman pangan ditujukan untuk keamanan pangan. Tanaman yang ditanam umumnya adalah tanaman jagung untuk gambut yang kering dan padi untuk gambut dangkal dan basah.

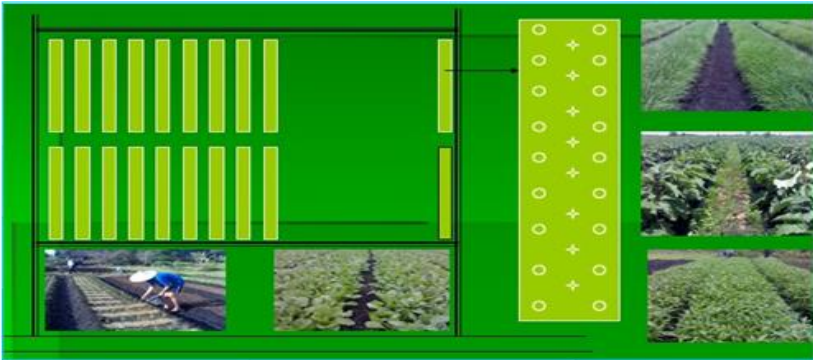
Budidaya Tanaman Sayuran di Lahan Gambut

Tanaman sayuran pada lahan gambut ditanam pada lahan pekarangan dan tegalan. Pengaturan jenis tanaman dan pola tanam tanaman sayuran dapat berupa monokultur, tumpang sari, dan tumpang gilir (Irawan dan Maftu'ah, 2018). Monokultur merupakan sistem pertanaman dalam suatu lahan dengan satu jenis tanaman. Tanaman yang ditanam dapat berupa tanaman semusim atau tanaman tahunan. Kelebihan sistem pertanaman monokultur, diantaranya mudah atau praktis dalam budidaya dan kebutuhan tenaga

kerja per satuan luas lahan relatif lebih sedikit. Sedangkan kelemahan dari sistem monokultur, antara lain: risiko kegagalannya cukup tinggi dan ada penumpukan hasil.

Kegiatan penanaman tanaman sayuran di lahan gambut dimulai dari pembersihan tunggul yang dilanjutkan dengan perataan permukaan gambut. Tunggul harus dibersihkan karena keberadaan tunggul selain akan membatasi area yang bisa ditanami, juga dapat menjadi sarang hama. Penanaman dengan sistem surjan juga dapat dilakukan untuk usahani tanaman sayuran pada lahan gambut dangkal dan lahan bergambut. Tanaman sayuran pada umumnya memerlukan drainase yang dangkal (sekitar 20–30 cm). Pengembangan tanaman sayuran di lahan gambut dengan sistem surjan (guludan dan lembah) memerlukan drainase dangkal yang intensif. Melalui sistem surjan, jenis tanaman sayuran yang akarnya memerlukan kondisi aerob ditanam di guludan. Sementara jenis tanaman sayuran yang dapat tumbuh dalam kondisi anaerob ditanam di bagian bawah guludan (lembah) yang berkondisi anaerob. Hal ini dilakukan karena dalam kondisi alami, lahan gambut selalu dalam keadaan jenuh air (anaerob), sementara itu sebagian besar komoditi sayuran, akarnya memerlukan kondisi yang aerob.

Pengelolaan air dimulai dengan pembuatan saluran drainase yang bertujuan untuk menurunkan permukaan air tanah, menciptakan kondisi aerob di zona perakaran tanaman, dan mengurangi konsentrasi asam-asam organik. Hal yang penting harus diperhatikan adalah gambut tidak boleh terlalu kering karena gambut akan mengalami kerusakan (hidrofobik) dan menimbulkan emisi Gas Rumah Kaca yang tinggi. Berbeda dengan tanah yang bagian aktifnya berada dalam bentuk padatnya, bagian aktif dari gambut adalah fase cairnya. Oleh karenanya, apabila gambut mengering, maka gambut akan kehilangan fungsinya sebagai tanah dan menjadi bersifat hidrofobik. Contoh penataan lahan gambut dengan sistem surjan yang dilengkapi dengan saluran drainase seperti yang disajikan pada Gambar 3.



Sumber: Subiksa et al. (2011)

Keterangan: (o = cabai dan + = kacang)

Gambar 3. Penataan Lahan dan Saluran Drainase

Pemilihan jenis sayuran disesuaikan dengan sifat dan keadaan media tanam. Di Desa Tunggal Bhakti, Kecamatan Kemayan, Kabupaten Sanggau, Kalimantan Barat, gambutnya banyak mengandung besi dan petani menanam sayuran yang dipanen daunnya seperti sawi dan bayam. Sawi dan bayam paling toleran terhadap keracunan besi (Afni, 2017). Petani di daerah ini sudah memanfaatkan lahan gambut dengan ramah lingkungan dengan tidak melakukan pembakaran lahan, dan menjaga tinggi permukaan air ke permukaan tanah dengan jarak 50 cm. Petani sayur di lahan gambut Pontianak, membakar serasah dengan membangun tempat khusus berupa lubang yang dilapisi dengan tanah mineral sehingga api tidak sampai membakar gambut. Pembakaran sisa akar, tunggul pohon, sisa semak, serta limbah tanaman sayuran dilakukan di dalam pondok sehingga tidak memicu kebakaran lahan. Petani menggunakan abu hasil pembakaran serasah sebagai bahan amelioran untuk memperbaiki pH tanah dan menyediakan hara bagi tanaman. Petani di Kabupaten Sanggau menggunakan abu janjang sawit atau abu cangkang sawit sebagai bahan amelioran. Kedua jenis abu ini merupakan limbah dari pabrik pengolahan kelapa sawit. Sayur organik dari daerah ini sangat diminati konsumen dari Malaysia. Jenis tanaman sayuran (selada, kucai, kangkung, bayam, cabai, tomat, terong, dan paria) adalah tanaman hortikultura yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan beradaptasi

sangat baik di lahan gambut. Sebagai contoh, petani sayuran di daerah Siantan Kalimantan Barat sukses mengembangkan tanaman sayuran dengan tingkat keuntungan yang tinggi. Seorang petani dengan lahan 0,5 ha bisa panen kucai 200 kg/hari terus-menerus dan dijual dengan harga Rp 3.000–Rp 8.000/kg.

PENUTUP

Lahan gambut adalah lahan dengan kondisi anaerob atau kondisi lahan yang tergenang air. Lahan gambut banyak mengandung serasah dan kaya akan bahan organik tapi belum terdekomposisi secara sempurna. Gambut berpotensi untuk dikelola menjadi lahan budidaya tanaman pangan dan sayuran. Pengelolaan gambut sebagai lahan budidaya secara berkelanjutan dapat dilakukan dengan: (1) menjaga agar gambut tetap lembab, (2) penggunaan bahan amelioran, (3) mengatur pola tanam, (4) menjaga agar gambut tetap tertutup dengan menggunakan tanaman penutup, dan (5) menggunakan jenis tanaman yang toleran dengan kondisi gambut. Pemanfaatan gambut sebagai lahan budidaya tanaman pangan atau sayuran dapat dilakukan dengan sistem surjan, bagian guludan ditanami tanaman yang tidak toleran dengan kelebihan air misalnya jeruk dan bagian lembah ditanam dengan tanaman yang toleran dengan kelebihan air misalnya padi.

Pengaturan pola tanam harus disesuaikan dengan kondisi gambut. Agar budidaya tanaman pangan dan sayuran dapat dilakukan secara berkelanjutan, maka jenis tanaman yang ditanam adalah tanaman yang mampu beradaptasi dengan kondisi gambut. Bukan sebaliknya, gambut dipaksa mengikuti keinginan hati yang menggunakan lahan. Pengelolaan gambut harus berorientasi pada upaya tetap menjaga ekosistem alami gambut.

Ekosistem gambut dapat dipelihara dengan cara mempertahankan kelembaban gambut. Gambut jangan diberikan perlakuan yang membuatnya mengalami kekeringan karena dapat berdampak pada terjadinya emisi Gas Rumah Kaca, gambut menjadi hidrofobik dan rawan terjadi kebakaran lahan. Pembangunan pertanian berbasis kesesuaian lahan

di lahan gambut harus melibatkan partisipasi masyarakat. Dalam hal ini, gambut harus dijadikan “kawan bukan lawan” dan dalam pelaksanaan pengembangannya harus bersifat koeksistensi. Pemanfaatan lahan gambut sangat penting agar supaya mewujudkan Ketahanan Pangan Indonesia dapat terwujud tanpa merusak ekosistem gambut. Hal ini sesuai dengan tujuan SDGs ke 15, yaitu memelihara ekosistem darat.

REFERENSI

Abdulrachman, T. (2013). Penggunaan lumpur laut cair dan pupuk kotoran sapi dalam meningkatkan pertumbuhan dan hasil jagung di gambut. *Indonesian Journal of Applied Sciences*, 3(3), 78-83.

Afni, A.N. (2017). *Pengembangan sayuran di lahan gambut*. Diakses melalui industri.bisnis.com/read/20171026/99/703444/ pada 14 September 2018.

Badan Ketahanan Pangan (2018). *Indonesia menuju lumbung pangan dunia*. Diakses melalui <http://bkp.pertanian.go.id/blog/post/indonesia-menusju-lumbung-pangan-dunia> pada 19 September 2018.

Balai Penelitian Lahan Rawa. (2018). Sistem surjan di rawa untungkan petani. Diakses melalui http://balittra.litbang.pertanian.go.id/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=69&limitstart=65

Direktorat Pengolahan Hasil Pertanian (2006). *Pedoman pengelolaan limbah industri kelapa sawit*. Jakarta: Ditjen Pengolahan Hasil Pertanian, Departemen Pertanian.

Hartatik, W. (2003). *Pemanfaatan beberapa jenis fosfat alam dan SP-36 pada tanah gambut yang diberi bahan amelioran tanah mineral dalam kaitannya dengan pertumbuhan tanaman padi* (Disertasi). Institut Pertanian Bogor, Bogor.

Hooijer, A., Silviu, M., Wösten, H. & Page, S. (2006). *Peat-CO₂ Assessment of CO₂ emissions from drained peatlands in SE Asia*. Delft Hydraulics Report Q3943 2006.

- Irawan, P. & Maftu'ah, E. (2018). *Panduan pengelolaan berkelanjutan lahan gambut terdegradasi. Model usahatani pada lahan gambut*. Bogor: Balai Penelitian Tanah Cimanggu. Diakses melalui balittan.litbang.pertanian.go.id/2018
- Limin, S.H., Tampung, N., Saman., Patricia, E., Putir, Untung, D., & Layuniyati (2000). Konsep pemanfaatan hutan rawa gambut di Kalimantan Tengah. *Seminar Nasional pengelolaan hutan rawa gambut dan ekspose hasil penelitian di lahan basah*, 9 Maret 2000. Banjarmasin, Kalimantan Selatan: Penyelenggara Balai Teknologi Reboisasi Banjarbaru.
- Mario, M.D. (2002). *Peningkatan produktivitas dan stabilitas tanah gambut dengan pemberian tanah mineral yang diperkaya oleh bahan berkadarnya besi tinggi* (Disertasi). Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Mawardi, E. (2017). *Pemanfaatan pupuk kandang sebagai bahan amelioran lahan gambut*. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian.
- Noor, M. (2010). Hubungan nilai emisi gas rumah kaca dengan teknologi pengelolaan lahan gambut. *Seminar Workshop Pelaksanaan Perhitungan dan Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca pada Lahan Gambut*, 4 Mei 2010 di Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia. Jakarta.
- Paiman, A. (2017). Efek pemberian berbagai jenis amelioran dan abu terhadap pertumbuhan dan produksi kedelai pada lahan gambut. *Jurnal Agronomi*, 10(2), 85-92.
- Pangaribuan, N. (2015). *Soil chemical properties of histosols and soybean (glycine max l. merr) growth and productivity due applications biofertilizer indigenous and ameliorant* (Dissertation). University of Padjajaran Bandung, Bandung.

- Rieley, J.O. & Page, S.E. (2005). *Wise use of tropical peatlands: focus on Southeast Asia*. Nottingham, UK. 168 p.
- Suwido H. & Limin (2006). Pemanfaatan lahan gambut dan permasalahannya. *Centre for International Cooperation in Management of Tropical Peatland (CIMTROP)*. Universitas Palangka Raya.
- Sabiham, S., Wahyunto, Nugroho, Subiksa, I.G.M. & Sukarman (2009). *Laporan tahunan 2008*. Bogor: Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian.
- Subiksa, I.G.M., Hartatik W., & Fahmuddin A. (2011). *Pengelolaan lahan gambut berkelanjutan*. Jakarta: Balai Penelitian Tanah, Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian.
- Subiksa, I.G.M., Suganda, H. & Purnomo, J. (2009). *Pengembangan formula pupuk untuk lahan gambut sebagai penyedia hara dan menekan emisi gas rumah kaca (GRK)*. Laporan Penelitian Kerjasama antara Balai Penelitian Tanah dengan Departemen Pendidikan Nasional.
- Widodo. T. B. P. & Suliansah, I. (2009). *Eksplorasi, seleksi, karakterisasi varietas padi toleran asam-asam organik, dan ameliorasi sebagai upaya meningkatkan produktivitas sawah gambut*. Laporan Penelitian. Fakultas Pertanian Universitas Taman Siswa Padang.

RIWAYAT HIDUP PENULIS



Dr. Malta, S.T., M.Si., lahir di Indrapura pada 7 Agustus 1975. Pendidikan Strata 1 diperoleh di Teknik Industri Universitas Bung Hatta Padang pada tahun 1999. Gelar Magister di bidang Ilmu Penyuluhan Pembangunan diperoleh dari Institut Pertanian Bogor pada tahun 2008, dan gelar Doktor diperoleh di instansi yang sama pada tahun 2018. Saat ini menjadi dosen pada Program Studi Agribisnis, Universitas Terbuka (UT). Mata kuliah yang diampu adalah Program dan Evaluasi Penyuluhan Pertanian, Metode dan Teknik Penyuluhan Pertanian, serta Pendidikan Orang Dewasa. Alamat email yang dapat dihubungi adalah malta@ecampus.ut.ac.id

Dra. Dina Mustafa, M.Sc., lahir di Jakarta pada 11 Maret 1956. Pendidikan S1 Jurusan Kimia ditempuh di 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. Saat ini mengajar di Program Studi Teknologi Pangan Universitas Terbuka. Mata kuliah yang diampu adalah Kimia Dasar, Kimia Organik, Kimia Fisika, dan Biokimia Pangan. Alamat email yang dapat dihubungi adalah dinamustafa@ecampus.ut.ac.id





Ir. Sri Yuniati Putri Koes Hardini, M.P., lahir di Solo 12 Juni 1959. Pendidikan S1 ditempuh di Fakultas Peternakan Institut Pertanian Bogor pada tahun 1982. Gelar Master jurusan Manajemen Pembangunan Daerah diperoleh dari Institut Pertanian Bogor pada tahun 2008. Saat ini bertugas sebagai staf dosen di Program Studi Agribisnis, FMIPA, Universitas Terbuka. Mata kuliah yang menjadi ampunan adalah Pengolahan Hasil Ternak, Pengolahan Limbah Ternak, Lingkungan Ternak, dan Pemuliaan Ternak. Alamat email yang dapat dihubungi adalah yuniati@ecampus.ut.ac.id

Dr. Ir. Maya Dewi Dyah-Maharani, M.AP., lahir tanggal 20 Mei 1961, menyelesaikan S1 Jurusan Mekanisasi Pertanian di Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta pada tahun 1980. Pendidikan S2 Manajemen Pembangunan Daerah di Sekolah Tinggi Ilmu Administrasi-Lembaga Administrasi Negara Jakarta pada tahun 2009. Pendidikan S3 bidang Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan ditempuh di Institut Pertanian Bogor. Saat ini bekerja sebagai staf di Pemerintah Kota Bogor, tutor di Universitas Terbuka, mengajar di USAHID Jakarta, IPB, & UBHARA Bekasi. Bidang minat yang digeluti adalah Manajemen Pembangunan Daerah khususnya Agroekologi. Alamat email yang dapat dihubungi adalah mayasudarsono@gmail.com





Drh. Dem Vi Sara, M.Ed., lahir di Sei Asam, Padang, pada 9 April 1958. Pendidikan S1 adalah Dokter Hewan yang diperoleh dari Institut Pertanian Bogor pada tahun 1980. Pendidikan S2 diperoleh dari Simon Fraser University, Canada pada tahun 1989. Saat ini bertugas sebagai Dosen di Program Studi Agribisnis, pada Unit Pelaksana Teknis Unit Program Belajar Jarak Jauh Universitas Terbuka Bogor. Mata kuliah yang menjadi ampuan adalah mata kuliah Lingkungan Ternak dan Pengolahan Limbah Ternak. Alamat email yang dapat dihubungi adalah **demvisara@ecampus.ut.ac.id**

Diki, S.Si., M.Ed., Ph.D., 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. Saat ini bertugas sebagai dosen di Program Studi Biologi, dengan mata kuliah ampuan adalah Genetika, Parasitologi, dan Biologi Sel. Alamat email yang dapat dihubungi **dikinian@ecampus.ut.ac.id**



Sri Utami, S.ST., M.Kes., lahir di Banyuwangi 02 Desember 1987. Pendidikan Diploma IV Bidan Pendidik diperoleh dari Universitas Kadiri di Kediri pada tahun 2010. Gelar Magister Kesehatan, peminatan kesehatan ibu anak dan kesehatan reproduksi diperoleh dari Universitas Udayana pada tahun 2015. Tahun 2014-2015 menjadi trainee pada

program beasiswa Field Research Training Program (F RTP), kolaborasi The Kirby Institute, UNSW Australia dengan Universitas Udayana. Saat ini bertugas sebagai staf pengajar di Program Studi Biologi Universitas Terbuka, dengan mata kuliah yang diampu adalah Genetika, Biologi Umum, Ilmu Alamiah Dasar, dan Ekologi Manusia. Alamat email yang dapat dihubungi adalah sri-utami@ecampus.ut.ac.id

Dr. Agus Santoso, M.Si., lahir di Indramayu tanggal 17 Februari 1964. Pendidikan Strata 1 statistika diperoleh dari Universitas Terbuka pada tahun 1992. Gelar Magister Sains diperoleh dari Program Studi Statistika di Institut Pertanian Bogor pada tahun 2002. Pendidikan Doktor ditempuh di Universitas Negeri Yogyakarta pada tahun 2009. Saat ini mengajar di



Program Studi Statistika, FMIPA Universitas Terbuka dan mendapat tugas tambahan sebagai Dekan FMIPA. Mata kuliah yang menjadi ampunan adalah Pengantar Statistik Matematis I, Rancangan Percobaan, dan Inferensi Bayesians. Alamat email yang dapat dihubungi adalah aguss@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. Saat ini menjadi dosen pada Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota, FMIPA, Universitas Terbuka. Mata kuliah yang diampu adalah Perencanaan Wilayah, Studio Proses Perencanaan, Hukum dan Administrasi Perencanaan, dan Studio Perencanaan Kota. Email yang dapat dihubungi adalah vita@ecampus.ut.ac.id

Dr. 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, dan meraih gelar Doktor di bidang yang sama dari Institut Pertanian Bogor (IPB) pada tahun 2018. Mata pengajaran yang menjadi ampunan adalah Ekonomi Lingkungan, Sistem Pelaporan Lingkungan, Pengelolaan Sumber Daya Air, dan Studio Perencanaan Wilayah pada Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota (PWK) untuk Program Sarjana S1, FMIPA, Universitas Terbuka. Email yang dapat dihubungi adalah sugus@ecampus.ut.ac.id



Dr. Fatia Fatimah, S.Si. M.Pd., lahir di Pinagar 25 Januari 1980. Pendidikan S1 Matematika diperoleh dari Universitas Andalas, tahun 2002. Pendidikan S2 ditempuh pada Program Studi Teknologi Pendidikan Konsentrasi Matematika di Universitas Negeri Padang pada tahun 2009; dan pendidikan terakhir meraih gelar Doktor bidang matematika di Universitas Gadjah Mada pada tahun 2018. Saat ini bertugas sebagai dosen Program Studi Matematika, FMIPA, Universitas Terbuka yang ditempatkan pada UPT UPBJJ-UT Padang. Mata kuliah yang menjadi ampunan adalah Komputer I, Komputer II, dan Pengantar Matematika. Email yang dapat dihubungi adalah fatia@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. Sedang menyelesaikan program Doktorat di Universiti Sultan Zainal Abidin Terengganu, Malaysia. Bidang minat yang digeluti adalah Matematika Finansial dan Matematika Aktuaria. Email yang dapat dihubungi yaitu pram@ecampus.ut.ac.id





Dr. Bambang Deliyanto, M.Si., lahir di Medan 27 Januari 1956. Pendidikan S1 diperoleh dari Universitas Trisakti pada tahun 1985; gelar Magister Ilmu Lingkungan diperoleh di Universitas Indonesia pada tahun 1993; dan Pendidikan Doktor diperoleh dari Institut Pertanian Bogor pada tahun 2011. Saat ini bertugas sebagai dosen di Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota, FMIPA, Universitas Terbuka. Mata kuliah yang menjadi ampunan adalah Perencanaan Tapak, Studio Proses Perencanaan, Studio Perencanaan Kota, dan Prasarana Wilayah dan Kota. Email yang dapat dihubungi adalah deli@ecampus.ut.ac.id

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. Saat ini bertugas sebagai staf dosen pada Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota (PWK), Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA), Universitas Terbuka. Mata kuliah yang menjadi ampunan antara lain mata kuliah Kependudukan, Dasar-dasar Geografi, Analisis Lokasi dan Penataan Ruang, Perencanaan Transportasi dan Ekonomi Wilayah dan Kota. Alamat email yang dapat dihubungi adalah sumartono@ecampus.ut.ac.id





Dra. Susi Sulistiana, M.Si., lahir di Sukabumi, 2 Oktober 1964. Pendidikan sarjana Strata 1 Biologi diperoleh dari Universitas Nasional (UNAS) Jakarta pada tahun 1990. Gelar Master of Science di bidang Biologi bidang fokus Botani, diperoleh dari Institut Pertanian Bogor (IPB), pada tahun 2000 dengan Beasiswa BPPS. Saat ini bertugas sebagai dosen di

Program Studi Biologi, FMIPA, Universitas Terbuka, dan mendapat tugas tambahan di Pusat Pengujian LPPMP UT. Mata kuliah yang menjadi ampuan utama adalah Fisiologi Tumbuhan, Struktur Tumbuhan, Embriologi Tumbuhan, dan Hortikultura. Email yang dapat dihubungi yaitu **susi@ecampus.ut.ac.id**

Dr. Yuni Tri Hewindati, lahir di Bandung 17 Juni 1959. Pendidikan Strata 1 Biologi diperoleh dari Universitas Gadjah Mada pada tahun 1983. Pendidikan S2 diperoleh dari Universite Montpellier, France pada tahun 1991, dan dilanjutkan pendidikan Doktor di universitas yang sama, lulus pada tahun 1995. Saat ini bertugas sebagai dosen pada Program Studi Biologi, FMIPA, Universitas Terbuka. Mata kuliah yang menjadi ampuan adalah Ekologi dan Dasar-dasar Konservasi. Email yang dapat dihubungi adalah **hewindati@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 meraih gelar Doktor di bidang Agroteknologi dari Universitas Padjadjaran Bandung (UNPAD), pada tahun 2015 dengan Beasiswa BPPS. Ditugaskan sebagai dosen pada Program Studi Agribisnis, FMIPA, UT; dan saat ini mendapat tugas tambahan sebagai Staf Ahli Wakil Rektor Bidang Kerjasama dan Pembinaan Alumni. Mata kuliah yang menjadi ampunan adalah Budidaya Tanaman Pangan Utama, Budidaya Tanaman Perkebunan Utama, dan Pemanfaatan Limbah Pertanian. Email dapat dihubungi pada **nurmala@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