

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).

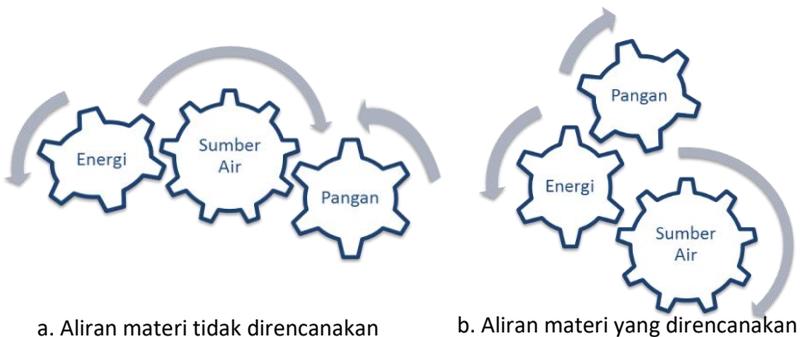
Aliran materi perkotaan ini saling terkait erat antara satu dengan yang lain, dan memiliki hubungan yang saling terikat untuk ruang di dalam wilayah perkotaan. Hubungan antara aliran materi tersebut akan menghasilkan air limbah dan aliran lainnya yang dirangkum dalam Tabel 1, dan Gambar 1. Dalam Gambar 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

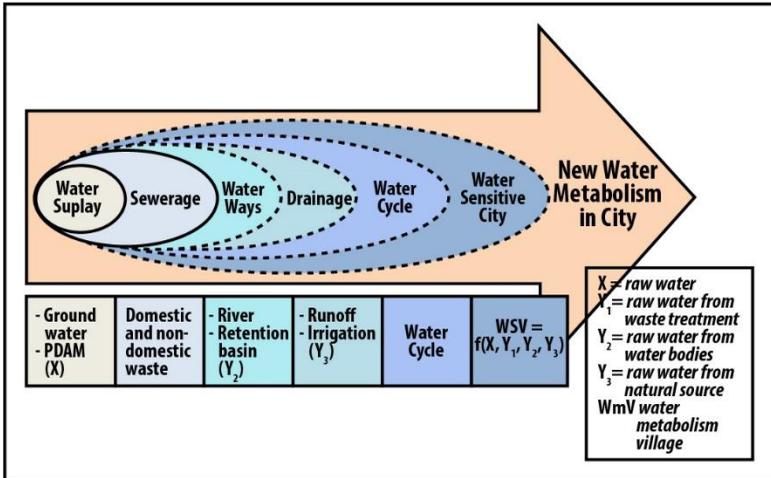
Dari kelima skema tersebut, secara klasik (konvensional) dapat memfasilitasi penyediaan air yang tidak hanya air minum dan pembuangan air (*drainase*) tetapi menyertakan pengolahan limbah. Pendekatan *Water Sensitive City* (WSC) mempunyai paradigma bahwa: kelima skema tersebut tidak hanya sebagai suplai 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

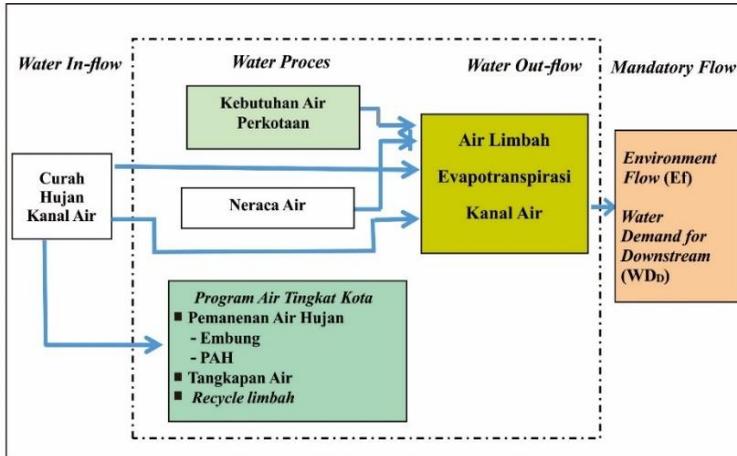
Water sensitive city adalah suatu konsep, sehingga untuk mengimplementasikan diperlukan suatu pendekatan lagi, yaitu: *water metabolism city*. Dalam *water metabolism* wilayah atau kawasan konsep yang digunakan adalah siklus hidrologi wilayah atau kawasan, yang meliputi:

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 proces*, 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.

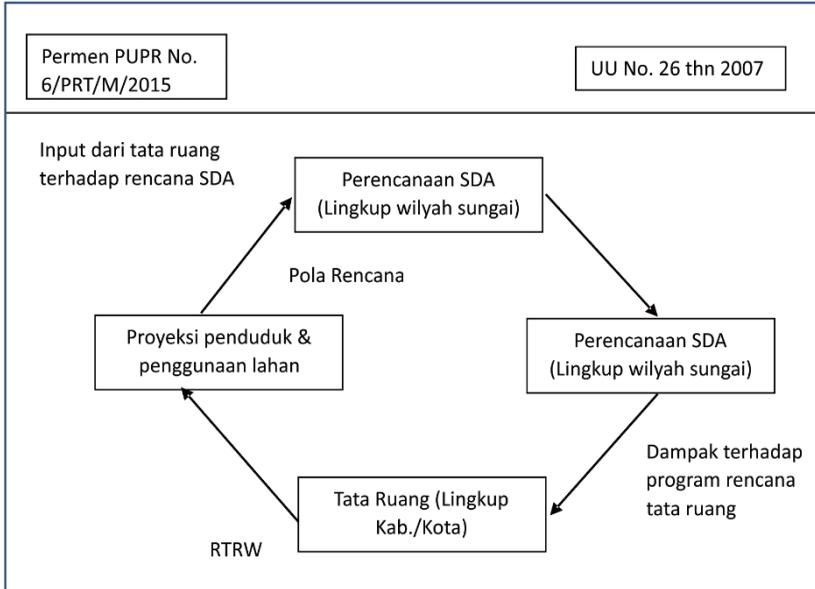
- a. Integrasi disiplin ilmu, yaitu integrasi antara perencanaan wilayah (RTRW Kota Tangerang Selatan) dengan manajemen sumber daya, baik sumber daya manusia maupun sumber daya alam, karena dalam ilmu perencanaan yang direncanakan adalah pemanfaatan sumber daya alam yang berkelanjutan untuk kemaslahatan 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*

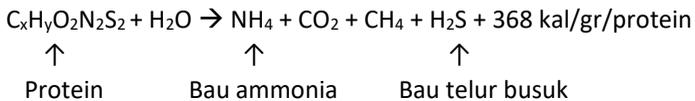
Peran kelembagaan dalam suatu kegiatan adalah sangat penting, karena kelembagaan merupakan suatu sistem sosial yang melakukan usaha untuk mencapai tujuan tertentu yang memfokuskan pada perilaku dengan nilai, norma dan aturan yang mengikutinya, serta mempunyai bentuk dan area aktivitas tempat berlangsungnya (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 ($\text{NH}_4 \text{N}$) 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 suplay 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 Pascasarana 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). *Echotech 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