

**MODEL RELATIONSHIP LAND CONVERSION WITH
CARRYING CAPACITY IN THE SUSTAINABLE CITY
ENVIRONMENTAL MANAGEMENT THROUGH DYNAMIC
SYSTEM METHOD IN JAKARTA (2016)**

Tambaten Yuliana Br Purba¹
¹Nusa Bangsa University
Email: yuliapurba@yahoo.co.id

ABSTRACT

The purpose of the study to predict the environmental sustainability of Jakarta terms of aspects of land conversion and environmental carrying capacity. Using methods dinamyc system. The results showed that the area of open land shrinkage while the land area covered increases, as demand increases while supply remains. Demand for water increases while supply remains, resulting in the exploitable groundwater. Status of environmental carrying capacity of Jakarta in 2016 from the aspect of water is exceeded. Intervention on land and water resources in 2017 is predicted to increase the carrying capacity of land and water, so that the status of the environmental carrying capacity of Jakarta is still ongoing until 2025.

**Keywords: Land Conversion, Carrying Capacity, Sustainable City
Environmental Management and Dynamic System Method**

I. PENDAHULUAN

Lingkungan hidup yang baik dan sehat merupakan hak asasi setiap warga negara Indonesia sebagaimana diamanatkan dalam Pasal 28H Undang-undang Dasar Negara Republik Indonesia Tahun 1945. Oleh karena itu, negara, pemerintah, dan seluruh pemangku kepentingan berkewajiban untuk melakukan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup dalam pelaksanaan pembangunan berkelanjutan agar lingkungan hidup Indonesia dapat tetap menjadi sumber dan penunjang hidup bagi rakyat Indonesia serta makhluk hidup lain.

Kehidupan di bumi terus berlanjut sampai batas waktu yang tidak tentu. Oleh karena itu keberlanjutan lingkungan menjadi penting karena bumi yang kita diami bukan warisan tetapi merupakan pinjaman dari generasi yang akan datang. Keberlanjutan lingkungan penting dilestarikan mengingat daya dukungnya memiliki keterbatasan.

Kawasan perkotaan merupakan sebuah lingkungan yang sangat kompleks dan dapat disebut sebagai sebuah ekosistem kota yang meliputi semua komponen tanah, air dan sumber daya biotic yang merupakan suatu unit ekologi dan mempunyai keterkaitan antarkomponen. Dalam ekosistem kota terjadi berbagai proses interaksi berbagai komponen yaitu tanah, air, vegetasi dan manusia. Kondisi keseimbangan ekosistem kota sangat rentan untuk berubah karena pembangunan. Adanya manusia yang hidup di atasnya dan pembangunan, mengubah kondisi penggunaan tanah tersebut sesuai rencana pembangunan, sehingga sejalan dengan perubahan waktu maka terjadi pula perubahan penggunaan tanah yang sangat pesat karena kota merupakan pusat pemerintahan dan perdagangan. Kondisi ini menyebabkan berubahnya kondisi lingkungan hidup sebuah kota yang mengakibatkan terjadinya degradasi atau kerusakan lingkungan pada sebuah lingkungan perkotaan. Faktor yang mempengaruhi keterbatasan ekosistem dalam mendukung perikehidupan

adalah faktor jumlah sumber daya yang tersedia, jumlah populasi dan pola konsumsinya.

Penduduk perkotaan maupun kawasan perkotaan di Indonesia sebagai salah satu negara berkembang mengalami peningkatan jumlah penduduk yang pesat. Hal tersebut dapat dilihat dari perkembangan penduduk perkotaan tahun 2000 mencapai 86,2 juta jiwa atau 42 persen dari total penduduk nasional, pada tahun 2010 telah meningkat menjadi 126,5 juta jiwa atau 54,2 persen dan menjadi 167,5 juta jiwa atau 64,2 persen pada tahun 2020. Angka tersebut diperkirakan akan mencapai 186,5 juta jiwa atau 68,3 persen dari total penduduk nasional pada tahun 2025 (BPS, BAPPENAS, UNFPA, 2005: 172-174).

Manusia dalam memenuhi kebutuhan dasar hidupnya, disamping mengkonsumsi sumber daya juga menghasilkan limbah yang dibuang ke alam. Semakin banyak manusia mengkonsumsi sumber daya, maka semakin banyak pula limbah yang dibuang ke alam dan lingkungan. Hal tersebut akan menambah berat beban yang harus ditanggung oleh lingkungan. Pada dasarnya alam dan lingkungan memiliki kemampuan untuk mengasimilasi semua yang masuk ke dalamnya pada batas tertentu. Untuk melaksanakan pembangunan diperlukan lahan sebagai sumber daya maupun sebagai ruang bagi tempat penyelenggaraan pembangunan tersebut, sehingga konversi lahan tidak dapat dihindari. Disisi lain konversi lahan dapat mengakibatkan degradasi. Laju pembangunan yang tidak diimbangi dengan pengelolaan lingkungan yang memadai telah menimbulkan ancaman kerusakan lingkungan global. Pembangunan selalu identik dengan perubahan yang lebih baik.

Penelitian Ness (2007:1-2) mengenai persoalan lingkungan perkotaan di 5 kota Asia telah menghasilkan suatu model pengembangan lingkungan perkotaan. Model tersebut menggunakan analogi metabolisme untuk menggambarkan dinamika penduduk – lingkungan dengan kualitas hidup sebagai hasilnya.

Penelitian tentang National Urban Environment Strategy (NUES) kerjasama Bappenas dengan JICA (Kementerian Lingkungan Hidup 2007:21) menjabarkan Model global lingkungan perkotaan di Indonesia yang secara garis besar, persoalan lingkungan perkotaan dalam keterkaitan lingkaran umpan balik. Dua model penelitian di atas, jika dikaitkan dengan penelitian yang akan dilakukan menyangkut pengelolaan lingkungan kota yang berkelanjutan, maka yang akan dikaji adalah sub konversi lahan dan sub daya dukung lingkungan.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Susilastuti (2009:141) menunjukkan bahwa antara sub sistem penduduk, sub sistem konversi lahan dan sub sistem ketersediaan air secara umum saling menyeimbangkan, artinya apabila salah satu sub sistem tidak terkendali maka akan terjadi umpan balik sebab akibat secara negative (berlawanan arah) sehingga akan menurunkan keberadaan salah satu sub sistem dengan unsur-unsur penyusunnya. Daya dukung lingkungan berperan penting dalam menentukan keberlanjutan lingkungan karena bila daya dukung telah terlampaui maka keberlanjutan lingkungan menjadi berhenti.

Wilayah DKI Jakarta dengan luas 650 km², sampai saat ini telah dihuni oleh 11 juta manusia. Jumlah tersebut membutuhkan sumber daya (lahan dan air) dalam jumlah tertentu untuk hidup layak dan sejahtera. Kebutuhan air bersih perpipaan untuk 10 juta penduduk DKI Jakarta, dibutuhkan air baku sebanyak 31 meter kubik per detik, namun hingga saat ini PDAM Jaya melalui dua operatornya (PT Palija dan PT Aetra), baru mendapatkan air baku sebanyak 18 meter kubik per detik. Dengan demikian, masih kekurangan air baku 13 meter kubik per detik (Kompas.com, Kamis 24 April 2014). System pelayanan air bersih perpipaan baru mampu melayani sekitar 54% total populasi di DKI Jakarta, sisanya memanfaatkan dari sumber air tanah, sehingga terjadi eksploitasi terhadap air tanah. Sementara eksploitasi berlebihan air tanah dapat menyebabkan terjadinya penurunan muka tanah dan air tanah. Sampai saat ini sumber daya lahan yang tersedia untuk pembangunan berupa lahan kosong hanya tersisa 10%

dari total luas wilayah. Sementara luasan ruang terbuka hijau belum memenuhi standar yang telah ditetapkan, sehingga fungsi ekologis kota dapat terganggu. RTH di DKI Jakarta baru mencapai 9,8% dari total luas Jakarta.

Permasalahan lingkungan yang terjadi di DKI Jakarta selain polusi udara adalah polusi air permukaan maupun air tanah, maraknya permukiman kumuh dan ilegal, banjir yang terjadi secara periodik, dan sebagainya. Hal ini mencerminkan bahwa perkembangan DKI Jakarta dengan segala aktivitasnya telah melampaui daya dukung lingkungan, dan perlu diwaspadai.

Daya dukung lingkungan yang terganggu dapat dilihat dari timbulnya berbagai masalah lingkungan, seperti pencemaran sumber daya alam oleh limbah domestik dan non-domestik, banjir dimusim hujan dan kekeringan di musim kemarau, turunnya permukaan tanah dan air, dan lain sebagainya. Oleh karena itu menjadi penting untuk meneliti bagaimana model hubungan subsistem konversi lahan dan subsistem daya dukung lingkungan dalam pengelolaan lingkungan kota yang berkelanjutan di DKI Jakarta.

Berdasarkan Undang-undang Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, daya dukung lingkungan hidup adalah kemampuan lingkungan hidup untuk mendukung perikehidupan manusia dan makhluk hidup lain, dan keseimbangan antar keduanya. Menurut Lenzen (2003:4), kebutuhan hidup manusia dari lingkungan dapat dinyatakan dalam luas area yang dibutuhkan untuk mendukung kehidupan manusia.

Menurut Soemarwoto (2004:207), daya dukung lingkungan pada hakekatnya adalah daya dukung lingkungan alamiah, yaitu berdasarkan biomassa tumbuhan dan hewan yang dapat dikumpulkan dan ditangkap per satuan luas dan waktu di daerah itu. Khanna (1999:108), membagi daya dukung lingkungan hidup menjadi 2 (dua) komponen, yaitu kapasitas

penyediaan (*supportive capacity*) dan kapasitas tampung limbah (*assimilative capacity*).

Sementara itu dalam konteks ekologi, daya dukung lingkungan (*carrying capacity*) suatu ekosistem adalah ukuran/jumlah populasi atau komunitas yang sebenarnya dapat didukung oleh ketersediaan sumber daya dan jasa pada ekosistem tersebut (Ferdig: 2007:6). Kehidupan dalam batas daya dukung ekosistem dapat dikatakan *sustainable* bergantung pada 3 (tiga) faktor yaitu: (1) Jumlah sumber daya alam yang tersedia dalam ekosistem tersebut. (2) Jumlah/ukuran populasi atau komunitas. (3) Jumlah sumber daya alam yang dikonsumsi oleh setiap individu dalam komunitas tersebut. Berbeda dengan konteks ekologis, dalam konteks pembangunan berkelanjutan, konsep *carrying capacity* merupakan “modal” yang dimiliki suatu ekosistem yang meliputi tidak hanya modal alam, namun juga modal manusia, modal sosial dan modal sumber daya buatan yang keempatnya biasa disebut modal komunitas.

Pada lingkungan kota dimana modal alam sangat terbatas, modal manusia, sosial dan lingkungan buatan adalah faktor yang sangat penting dan berperan untuk menentukan daya dukung lingkungannya. Manusia berperan penting dalam merubah tatanan ekosistem untuk memenuhi kebutuhan hidupnya, walau bersifat saling mempengaruhi (Soemarwoto, 2001:226).

Dari uraian di atas dapat disimpulkan bahwa daya dukung lingkungan adalah jumlah populasi atau komunitas yang dapat didukung oleh modal alam, manusia, sosial dan lingkungan buatan yang dimilikinya. Sub sistem daya dukung lingkungan adalah sub sistem yang terdiri dari faktor-faktor yang saling berhubungan sebab akibat yang berpengaruh terhadap daya dukung lingkungan karena adanya berbagai kegiatan manusia yang mengkosumsi sumber daya dan memproduksi limbah. Berdasarkan pengertian tersebut, daya dukung lingkungan adalah sesuatu yang bersifat

dinamis, dapat terdegradasi atau punah apabila tidak dilestarikan dan sebaliknya dapat ditingkatkan kemampuannya.

Metode yang paling populer untuk menghitung daya dukung lingkungan adalah metode *Ecological Footprint* (jejak ekologis) dan *Biocapacity* (Kapasitas biologis) secara bersamaan atau disebut *EF-BC Account* oleh Wackernagel et.al (2005: 19). Suatu wilayah terlampaui daya dukungnya dan menjadi tidak berlanjut apabila angka *Ecological Footprint* melebihi *Biocapacity*. Kementerian Negara Lingkungan Hidup Deputi Bidang Tata Lingkungan-Kementerian Lingkungan Hidup kerjasama dengan Pusat Pengkajian Perencanaan Pengembangan Wilayah Institut Pertanian Bogor (P4W-IPB) juga telah menyusun dan menetapkan pedoman penentuan daya dukung lingkungan hidup berbasis neraca lahan dan neraca air (Rustiadi : 2010:47;57).

Pembangunan pada hakekatnya merupakan upaya memanfaatkan sumber daya secara berdayaguna dan berhasil-guna untuk meningkatkan kesejahteraan manusia, baik lahir maupun batin, secara berkesinambungan. Pembangunan memerlukan lahan sebagai sumber daya maupun sebagai ruang bagi tempat penyelenggaraan pembangunan tersebut.

Konversi lahan (*land conversion*) menurut Mayer (2001: 49) adalah praktek pengubahan peruntukan lahan menjadi lahan untuk usaha publik atau swasta, misalnya untuk pertanian, industri, perkotaan dan lain-lain. Lebih lanjut dikatakan konversi lahan terbuka (*open space*) menjadi lahan terbangun (*built up land*) umumnya adalah pengubahan lahan pertanian atau lahan terbuka lainnya menjadi sarana bangunan fisik buatan (*man made features*). Lebih lanjut Mayer (2001: 48-54) menjelaskan bahwa, konversi lahan terbuka dapat menyebabkan degradasi lahan. Konversi lahan terbuka menjadi permukiman, industri dan penggunaan lain akan meningkat dengan meningkatnya jumlah manusia dan kegiatan ekonominya. Keterbatasan sumber daya lahan akan mulai dirasakan kota

dengan makin bertambahnya manusia dan aktivitasnya, karena semakin bertambah kebutuhan ruang untuk memenuhinya.

Dari uraian di atas dapat disimpulkan bahwa konversi lahan adalah pengubahan lahan terbuka (*open space*) menjadi lahan tertutup melalui pemanfaatan lahan bagi sarana bangunan fisik buatan (*man made features*).

Sub sistem konversi lahan adalah sub sistem yang terdiri dari faktor-faktor yang saling berhubungan sebab akibat yang berpengaruh terhadap luas areal lahan terbuka karena adanya berbagai kegiatan manusia yang mengkonversi lahan terbuka menjadi lahan terbangun secara fisik sehingga lahan tertutupi bangunan. Jumlah lahan yang dikonversi ditentukan oleh laju konversi dan ketersediaan lahan terbuka untuk dikonversi dengan faktor pembatas adalah luas wilayah.

Kota dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia adalah suatu wilayah yang mempunyai kegiatan bukan pertanian (Diknas, 2005:598). Kawasan perkotaan menurut UU No. 26/2007 tentang Tata Ruang adalah sebagai wilayah yang mempunyai kegiatan utama bukan pertanian dengan susunan fungsi kawasan sebagai tempat pemukiman perkotaan, pemusatan dan distribusi pelayanan pemerintahan, pelayanan sosial, dan kegiatan ekonomi. Kota sebagai pusat kegiatan perekonomian memiliki sumber pendapatan yang lebih yang dapat disalurkan untuk investasi di bidang pengelolaan lingkungan. Kota juga sebagai tempat baik yang merupakan potensi bagi penyelesaian masalah lingkungan. Menurut Leitmann (1999:131) kota juga memiliki potensi menjadi tempat berkumpulnya organisasi dan jaringan sosial yang dapat berpartisipasi dalam menyelesaikan masalah lingkungan kota, memiliki sumber daya lahan dan air yang terbatas, sehingga diperlukan strategi untuk mengoptimalkan penggunaannya agar kehidupan kota dapat tetap berkelanjutan.

Penelitian sebelumnya menurut Kementerian Lingkungan Hidup (2007:21) model global lingkungan perkotaan secara garis besar disusun dalam beberapa sub model, yaitu: Sub model penduduk, Sub model ekonomi, Sub

model lahan, Sub model sampah, Sub model kualitas air, Sub model ketersediaan air, dan Sub model indeks kualitas hidup. Penelitian lainnya oleh Ness (2001:1-2) tentang model pengembangan lingkungan perkotaan yang menggambarkan dinamika penduduk-lingkungan perkotaan; menjelaskan bahwa komponen-komponen atau variabel yang mencerminkan lingkungan fisik, yaitu udara, air, energi dan tata guna lahan. Sistem institusional yang dianggap dapat mempengaruhi dan penting diintegrasikan ke dalam model, yaitu transportasi, produksi dan pelayanan sosial. Ketujuh variabel yang ada dipengaruhi oleh sistem sosial-politik-ekonomi-budaya atau SPECS (social-political-economic-culture system).

Menurut Barrow (2006:6), manajemen lingkungan adalah proses pengambilan keputusan yang mengatur pengaruh aktivitas manusia terhadap lingkungan secara bijaksana agar kapasitas lingkungan yang mendukung keberlanjutan kehidupan manusia tidak terganggu. *Supply* dan *demand* sumber daya lahan dan air kota dipengaruhi oleh fungsi kota dalam sistem perkotaan dan sistem daerah aliran sungai, kemampuan teknologi dan financial kota serta perilaku manusia.

II. METODOLOGI

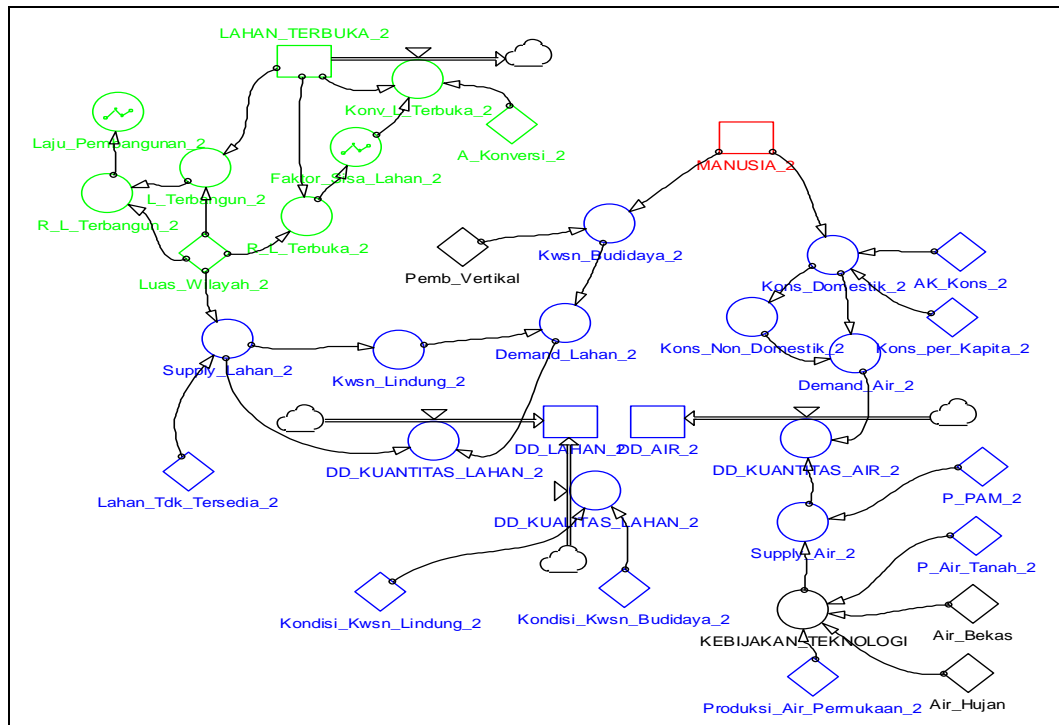
Penelitian ini menggunakan metode *dynamic system* yaitu sistem pemodelan untuk mencari hubungan umpan balik sebab akibat (*causal feedback*) dari faktor-faktor atau variabel-variabel yang diteliti. Hubungan antar variabel disimulasikan melalui komputer dengan menggunakan perangkat lunak *Powersim* (Anon, 1996:99). Metode *dynamic system* merupakan suatu metode dalam pemecahan atau pengelolaan, bersifat multi disiplin, terorganisasi, menggunakan model matematika, mampu berpikir secara disiplin non kuantitatif, menggunakan teknik simulasi dan optimasi serta dapat diaplikasikan pada komputer. Variabel dikelompokkan menjadi dua jenis yaitu, *level (stock)* dan *rate* (Muhammadi *et.al*: 1995:12).

Berdasarkan Gambar 1 dapat dijelaskan bahwa subsistem konversi lahan mempunyai satu lup negatif (B1), yang menggambarkan bahwa laju pembangunan yang meningkat menyebabkan konversi lahan terbuka meningkat. Konversi lahan meningkatkan rasio lahan terbangun. Rasio lahan terbangun yang besar akan menurunkan laju pembangunan karena ketersediaan lahan terbatas (konstan). Mengingat lupnya negatif, maka konversi lahan yang meningkat akan sebaliknya menurunkan laju pembangunan. Karena rasio lahan terbangun yang besar akan menurunkan lahan yang tersedia untuk pembangunan karena luas wilayah konstan. Subsistem daya dukung lingkungan tidak memiliki lup. Hal ini menggambarkan bahwa masing-masing unsur tidak memiliki hubungan sebab akibat. tetapi semua unsur secara bersama-sama mendukung terbentuknya daya dukung lingkungan itu sendiri.

Subsistem konversi lahan dengan subsistem daya dukung lingkungan memiliki satu lup positif ($R1=reinforcing$), yaitu bahwa antara sub sistem konversi lahan dan sub sistem daya dukung lingkungan secara umum saling menyeimbangkan, artinya apabila salah satu sub sistem tidak terkendali maka akan terjadi umpan balik sebab akibat secara negative (berlawanan arah) sehingga akan menurunkan keberadaan salah satu sub sistem dengan unsur-unsur penyusunnya.

B. Model Dinamis (*Stock Flow Diagram*), Simulasi, dan Uji Validasi

Diagram alir (*Stock Flow Diagram*) adalah model sistem dinamis untuk menirukan hubungan sebab akibat umpan balik antar variabel dalam dunia nyata dalam bentuk sederhana. Sebagai kelanjutan dari model simpal kausal untuk menggambar sub sistem konversi lahan dan sub sistem daya dukung lingkungan, dapat dilihat pada Gambar 2:



Gambar 2. Diagram Alir Model Dinamis Hubungan Sebab Akibat Umpan Balik antara Sub Sistem Konversi Lahan dengan Sub Sistem Daya Dukung Lingkungan DKI Jakarta yang Berkelanjutan

1. Sub Sistem Konversi Lahan

Berdasarkan model dinamis diagram alir Gambar 2, sub sistem konversi lahan terdiri atas variabel lahan terbuka yang bertindak sebagai level mendapatkan aliran negatif (pengurangan) dari luas konversi lahan dan tidak terdapat aliran positif atau penambahan luas lahan terbuka. Besarnya konversi lahan ditentukan oleh laju konversi lahan dan faktor sisa lahan serta luas lahan terbuka itu sendiri. Faktor sisa lahan merupakan luas lahan terbuka yang dapat dikonversi yang besarnya dipengaruhi oleh rasio lahan terbuka terhadap luas wilayah sebagai konstanta.

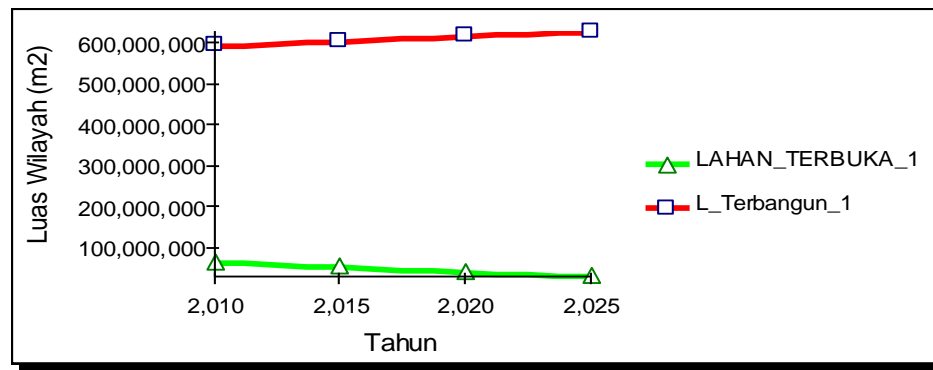
Adapun hasil simulasi model yang menggambarkan perilaku model dinamis dapat dilihat pada tabel waktu (*time table*) dan grafik waktu (*time graph*) seperti pada Tabel 1 dan Gambar 3.

Tabel 1. Waktu Simulasi Luas Lahan Terbuka, Luas Lahan Terbangun dan Pertambahan Luas Konversi Lahan (m²) DKI Jakarta Tahun 2010 – 2025.

Tahun	Luas Lahan Terbuka	Luas Lahan Terbangun	Pertambahan Konversi Lahan
2010	42.825.926,59	601.783.973,41	3.552.153,65
2011	39.273.772,93	605.336.127,07	3.257.523,82
2012	36.016.249,11	608.593.650,89	2.987.331,77
2013	33.028.917,34	611.580.982,66	2.739.550,52
2014	30.289.366,82	614.320.533,18	2.512.321,24
2015	27.777.045,58	619.136.793,69	2.303.939,27
2016	25.473.106,31	619.136.793,69	2.112.841,33
2017	23.360.264,98	621.249.635,02	1.937.593,82
2018	21.422.671,16	623.187.228,84	1.776.882,04
2019	19.645.789,13	624.964.110,87	1.629.500,33
2020	18.016.288,79	626.593.611,21	1.494.343,06
2021	16.521.945,74	628.087.954,26	1.370.396,27
2022	15.151.549,47	629.458.350,53	1.256.730,12
2023	13.894.819,35	630.715.080,65	1.152.491,90
2024	12.742.327,45	613.867.572,55	1.056.899,61
2025	11.685.427,85	632.924.472,15	969.236,13

Sumber: Pengolahan data dengan Powersim

Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat luas lahan terbuka menurun (*decay*), luas lahan terbangun meningkat (*growth*) dengan pertambahan luas lahan konversi yang menurun (*decay*). Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan lahan untuk dikonversi menurun, yang mana dapat menurunkan laju pertumbuhan (fisik) karena penyediaan lahan untuk pembangunan menurun, selain itu penurunan luas lahan terbuka akan menurunkan daerah tangkapan air hujan sehingga infiltrasi air ke dalam tanah akan menurun.



Gambar 3. Grafik Waktu Simulasi Luas Lahan Terbuka dan Luas Lahan Terbangun DKI Jakarta Tahun 2010 – 2025.

Sumber: Pengolahan data dengan Powersim

Berdasarkan Gambar 3 dapat dijelaskan bahwa luas lahan terbuka terus menurun sementara luas lahan terbangun terus meningkat.

2. Sub Sistem Daya Dukung Lingkungan

Adapun status daya dukung lingkungan dikatakan belum terlampaui apabila *supply* sumber daya lahan dan air lebih besar atau sama dengan *demand* sumber daya lahan dan air, dikatakan terlampaui apabila *supply* sumber daya lahan dan air lebih kecil dari *demand* sumber daya lahan dan air. Unsur utama yang menentukan daya dukung lingkungan terdiri dari daya dukung kuantitas dan kualitas dari sumber daya lahan dan air. Dari aspek kualitas diharapkan daya dukung lahan dan air dapat memenuhi mutu sesuai standar yang ditetapkan.

a. Daya Dukung Lahan

Daya dukung lahan terdiri atas variabel daya dukung kuantitas lahan dan daya dukung kualitas lahan, bertindak sebagai variabel level/stock yang mendapatkan aliran pertambahan (*inflow*) dari unsur daya dukung kuantitas lahan dan daya dukung kualitas lahan dan tidak terdapat aliran negatif atau pengurangan daya dukung lahan. Daya dukung kuantitas lahan mendapatkan pertambahan (*inflow*) dari *supply* lahan, dan aliran pengurangan (*outflow*) dari *demand* lahan. Sedangkan daya dukung kualitas lahan mendapatkan *inflow* dari kondisi kawasan lindung dan

kondisi kawasan budidaya. *Demand* lahan ditentukan oleh kebutuhan lahan untuk kawasan budidaya (permukiman dan fasum-fasos) dan kawasan lindung.

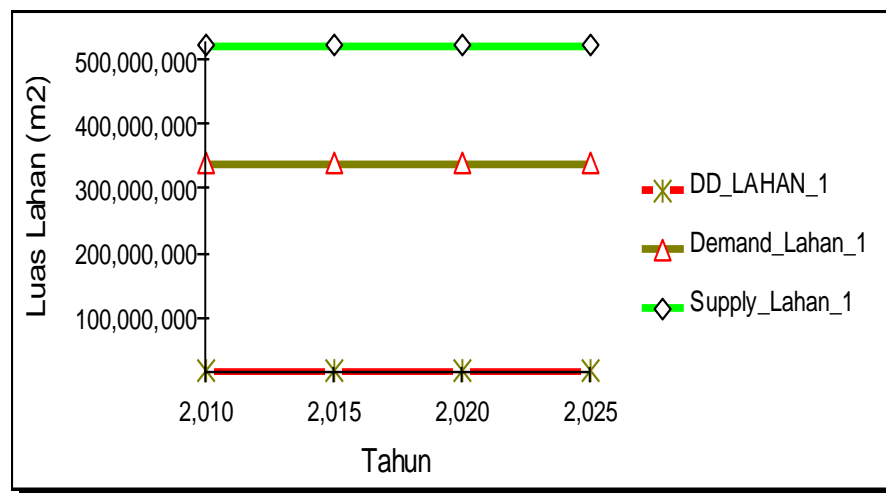
Adapun hasil simulasi model yang menggambarkan perilaku model dinamis dapat dilihat pada tabel waktu (*time table*) dan grafik waktu (*time graph*) yang terdapat pada Tabel 2 dan Gambar 4.

Tabel 2. Tabel Waktu Simulasi *Supply* Lahan dan *Demand* Kawasan Budidaya dan Kawasan Lindung serta Daya Dukung Lahan Kota Jakarta Tahun 2016.

Tahun	<i>SUPPLY</i>	<i>DEMAN</i>		Daya Dukung Lahan (Orang)
	Lahan (M ²)	Kawasan Lindung (M ²)	Kawasan Budidaya (M ²)	
2016	507.450.400	152.235.120	229.110.589,93	17.463.918,80
2017	507.450.400	152.235.120	229.110.589,93	17.463.918,80
2018	507.450.400	152.235.120	229.177.785,10	17.463.922,13
2019	507.450.400	152.235.120	229.443.198,98	17.463.925,46
2020	507.450.400	152.235.120	229.894.771,66	17.463.928,79
2021	507.450.400	152.235.120	234.921.232,45	17.463.932,12
2022	507.450.400	152.235.120	230.491.233,44	17.463.935,45
2023	507.450.400	152.235.120	231.234.370,23	17.463.938,78
2024	507.450.400	152.235.120	232.097.203,45	17.463.942,10
2025	507.450.400	152.235.120	233.081.261,28	17.463.945,42

Sumber: Pengolahan data dengan Powersim

Dari Tabel 2 dapat dijelaskan bahwa *supply* dan daya dukung lahan tetap, sementara *demand* untuk kawasan budidaya mengalami kenaikan seiring pertambahan jumlah manusia dan aktivitasnya tetapi *demand* untuk kawasan lindung tetap. Daya dukung lahan kota Jakarta pada tahun 2016 adalah sebesar 17.463.918 orang.



Gambar 4. Grafik Waktu Simulasi *Supply* dan *Demand* Lahan dan Daya Dukung Lahan DKI Jakarta Tahun 2010 – 2025.

Sumber: Pengolahan data dengan Powersim.

Berdasarkan Gambar 4 dapat dijelaskan bahwa *supply* dan daya dukung lahan tetap, sementara *demand* lahan meningkat sampai tahun 2025.

b. Daya Dukung Air

Daya dukung air terdiri dari daya dukung kuantitas air dan daya dukung kualitas air. Daya dukung air yang berfungsi sebagai variabel level/stock yang mendapatkan aliran pertambahan (*inflow*) dari unsur daya dukung kuantitas dan daya dukung kualitas air. Daya dukung kuantitas air mendapatkan pertambahan (*inflow*) dari *supply* air, dan aliran pengurangan (*outflow*) dari *demand* konsumsi air. Pertambahan air merupakan penjumlahan dari pertambahan air alami dan produksi PAM. Pertambahan air alami berasal dari pertambahan (*recharge*) air tanah dangkal dan air permukaan. *Demand* air ditentukan oleh besarnya konsumsi domestik (kebutuhan air rumah tangga) dan konsumsi non-domestik (kebutuhan air untuk usaha pertanian, perikanan, industri dan pengelolaan kota).

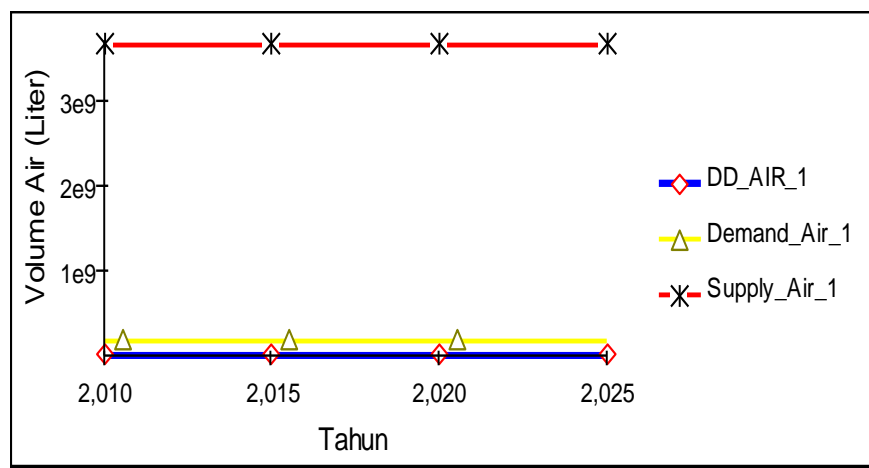
Adapun hasil simulasi model yang menggambarkan perilaku model dinamis dapat dilihat pada tabel waktu yang terdapat pada Tabel 3 dan Gambar 5.

Tabel 3. Tabel Waktu Simulasi *Supply Air*, *Demand Air*, dan Daya Dukung Air Kota Jakarta Tahun 2016.

Tahun	<i>Supply Air</i> (Liter/detik)	<i>Demand Air</i> (Liter/detik/Orang)	Daya Dukung Air (Orang)
2016	3.695.483.784	263.759.412,35	15.792.848,36
2017	3.695.483.784	263.759.412,35	15.792.848,36
2018	3.695.483.784	263.578.554,79	15.792.862,37
2019	3.695.483.784	263.655.858,97	15.792.876,39
2020	3.695.483.784	263.961.202,37	15.792.890,41
2021	3.695.483.784	264.480.710,75	15.792.904,41
2022	3.695.483.784	265.166.905,73	15.792.918,38
2023	3.695.483.784	266.021.841,85	15.792.932,32
2024	3.695.483.784	267.014.481,84	15.792.946,21
2025	3.695.483.784	268.146.583,77	15.792.960,05

Sumber: Pengolahan data dengan Powersim

Berdasarkan Tabel 3 dapat dijelaskan bahwa *supply* dan daya dukung air tetap, sementara *demand* untuk air mengalami kenaikan seiring bertambahnya jumlah manusia. Sesuai dengan pendapat Miller (1990:374) serta Cunningham, Cunningham, dan Saigo (2003:431), bahwa kuantitas air relatif tetap sedangkan kualitas tidak. Daya dukung air DKI Jakarta pada tahun 2016 adalah sebesar 15.792.848,36 orang.



Gambar 5. Grafik Waktu Simulasi *Supply*, *Demand* Air dan Daya Dukung Air di Kota Jakarta Tahun 2010 – 2025.

Sumber: Pengolahan data dengan Powersim.

Berdasarkan Gambar 5 dapat dijelaskan bahwa *supply* dan daya dukung air tetap, sementara *demand* air meningkat sampai tahun 2025.

3. Hubungan Sistem Konversi Lahan dengan Daya Dukung Lingkungan Berdasarkan model system dinamis hubungan sebab akibat umpan balik dapat dijelaskan bahwa daya dukung lingkungan sampai tahun 2016, untuk lahan sebanyak 17.463.878,07 orang dan air sebanyak 15.792.665,74 orang, mengingat prediksi jumlah penduduk baru mencapai 11.213.963,10 orang. Sub sistem konversi lahan berhubungan sebab akibat umpan balik dengan sub sistem daya dukung lingkungan. Konversi lahan berdampak pada penurunan luas lahan terbuka, akibatnya dapat menurunkan *supply* air karena daerah tangkapan air semakin sempit, dan pada akhirnya dapat menurunkan daya dukung lingkungan.

C. Analisis Kebijakan (Uji Sensivitas)

Analisis kebijakan menurut Muhammadi, Aminullah dan Soesilo (2001:277) merupakan metodologi sistem yaitu, pengetahuan tentang cara mempengaruhi sistem untuk mencapai tujuan yang diinginkan secara strategis yang bersifat jangka panjang dan menyeluruh.

Dalam penelitian ini dilakukan intervensi ke dalam struktur model melalui variabel sumber daya lahan dan air yaitu memberlakukan peraturan RTRW 2030 tentang permukiman minimal 3 lantai pada wilayah budidaya dan memberdayakan semua sumber daya air yang berasal dari dalam wilayah. Adapun hasil simulasi model yang menggambarkan perilaku model dinamis dapat dilihat pada tabel waktu (*time table*) seperti pada Tabel di bawah ini:

Tabel 4. Tabel Waktu Simulasi Kenaikan Daya Dukung Lahan Setelah Intervensi Model Tahun 2017 Melalui Pembangunan Gedung Minimal Tiga Lantai Pada Wilayah Budidaya DKI Jakarta.

Tahun	Daya Dukung Lahan (Orang)	Daya Dukung Lahan_1 (Orang)
2017	17.463.918,80	20.310.012
2018	17.463.922,13	20.310.014
2019	17.463.925,46	20.310.016
2020	17.463.928,79	20.310.018
2021	17.463.932,12	20.310.020
2022	17.463.935,45	20.310.022
2023	17.463.938,78	20.310.024
2024	17.463.935,45	20.310.022
2025	17.463.938,78	20.310.024

Sumber: Pengolahan data dengan Powersim

Dari Tabel 4 dapat dijelaskan bahwa setelah intervensi model terjadi kenaikan daya dukung lahan sebesar 30% yang semula 17.463.918,80 orang menjadi 20.310.012 orang

Tabel 5. Tabel Waktu Simulasi Kenaikan Daya Dukung Air Setelah Intervensi Model Tahun 2017 Melalui Pemberdayaan Sumber Daya Air yang Berada di Wilayah DKI Jakarta.

Tahun	Daya Dukung Air (Orang)	Daya Dukung Air_1 (Orang)
2017	15.792.848,36	31.850.257,70
2018	15.792.862,37	31.850.289,04
2019	15.792.876,39	31.850.320,04
2020	15.792.890,41	31.850.350,72
2021	15.792.904,41	31.850.381,07
2022	15.792.918,38	31.850.411,09
2023	15.792.932,32	31.850.440,79
2024	15.792.918,38	31.850.411,09
2025	15.792.932,32	31.850.440,79

Sumber: Pengolahan data dengan Powersim

Dari Tabel 5 dapat dijelaskan bahwa setelah intervensi daya dukung air mengalami peningkatan sebesar 50% yang semula 15.792.848,36 orang menjadi 31.850.257,70 orang. DKI Jakarta dapat memenuhi bahan baku air dari wilayah sendiri dan bebas dari ketergantungan *supply* bahan baku air dari luar wilayah. Hasil Intervensi memperlihatkan kenaikan daya dukung, sehingga lingkungan masih berkelanjutan hingga tahun 2025.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan pada bab sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil model simpal kausal menggambarkan bahwa antara subsistem konversi lahan dan subsistem daya dukung lingkungan saling menyeimbangkan, artinya apabila salah satu subsistem tidak terkendali maka akan terjadi umpan balik sebab akibat secara negative (berlawanan arah) sehingga akan menurunkan keberadaan salah satu subsistem dengan unsur-unsur penyusunnya.

2. Status daya dukung lingkungan DKI Jakarta tahun 2016 ditinjau dari aspek sumber daya air sudah terlampaui.
3. Intervensi terhadap sumber daya lahan dan air tahun 2017 diprediksi meningkatkan daya dukung lahan dan air, sehingga status daya dukung lingkungan DKI Jakarta masih berkelanjutan sampai tahun 2025. DKI Jakarta dapat memenuhi kebutuhan air yang bersumber dari wilayah sendiri.

V. REFERENSI

Anon, *Quick Tours in Powersim 2.5*, Virginia: Powersim Press, 1996.

Barrow C.J., *Environment Management for Sustainable Development*, Second edition, New York, Routledge Ltd., 2006.

Ferdig, Mary A., *Sustainability Leadership Institute, Journal Science*, SLI Vol.1 2007.

Kementerian Negara Lingkungan Hidup: *Kajian Lingkungan Hidup Strategis: Terobosan dalam Pengelolaan Lingkungan Hidup*. 2007

Kementerian Negara Lingkungan Hidup *Deputi Bidang Tata Lingkungan* (2009).

Khanna, P., P. Ram Babu, M. Suju George, *Carrying Capacity as a Basic for Sustainable Development: a case study of National Capital Region in India*, 1999.

Leitmann, Josef, *Sustaining Cities, Environmental Planning and Management in Urban Design*, The McGraw-Hill Companies, Inc, United States of America, 1999.

Lenzen, M. and S.A. Murray. *Ecological Footprint – Issues and Trends*. The University of Sidney Integrated Sustainability Analysis (ISA) Research Report 01-03, 2003

Mayer, J. Richard, *Connection in Environmental Science, A Case Study Approach*, Boston: Mc. Graw Hill, 2001.

Miller, G. T., *Living in the Environment: An Introduction to Environmental Science*, Edisi ke 6, Wadsworth Publising Company, California, 1990.

Muhammadi, Erman Aminullah dan Budhi Soesilo, , *Analisis Sitem Dinamis Lingkungan Hidup, Sosial, Ekonomi, Manajemen*, Jakarta: UMJ Press, 2001.

Ness, Gayl, *Research on Asian Urban Population Environment Dynamics: Products of a Long Term Relationship*. The Journal of Internasional Institue, Volume 8, Issue 3, Spring/Summer 2001.

Soemarwoto, Otto, *Ekologi, Lingkungan Hidup dan Pembangunan*, Ed., ke-9, Jakarta: Djambatan, 2004.

Soerjani, M., Arief Yuwono dan Dedi Fardiaz, *Lingkungan Hidup (The Living Environment)*. Pendidikan, Pengelolaan Lingkungan Hidup dan Kelangsungan Pembangunan (*Education, Environmental Management and Sustainable Environment*), Edisi Kedua, Jakarta: IPPL, 2007.

Sushil, *System Dynamics, A Practical Approach for Managerial Problems*, New Delhi, Wiley Eastern Limited. 1993.

Susilastuti, Darwaty, *Model Hubungan Penduduk dan Konversi Lahan dengan Ketersediaan Air Bersih untuk Perencanaan Pengelolaan Sumber Daya Air Melalui Metode System Dynamics di Kabupaten Bekasi, 2009*, Jurnal Bumi Lestari, Volume 9 No, Agustus 1009.

Wackernagel, M., C. Monfreda, D. Moran, P. Wermer, S. Goldfinger, D. Deumling, M. Murray, *National Footprint and Biocapacity Account 2005: The underlying calculation method*, Global Footprint Network, 2005.

Zulkifli, Arif, *Pengelolaan Kota Berkelanjutan*, Jakarta, Graha Ilmu, 2015.