

**KEBUTUHAN LUASAN AREAL HUTAN KOTA SEBAGAI
ROSOT (SINK) GAS CO₂ UNTUK MENGANTISIPASI PENURUNAN
LUASAN RUANG TERBUKA HIJAU DI KOTA BOGOR**
*Requirement of Urban Forest Area as a Sink for CO₂ to Antisipate Green Open
Space Reduction at Bogor City*

Dachlan N. Endes

Departemen Konservasi Sumberdaya Hutan dan Ekowisata, Fakultas Kehutanan
Institut Pertanian Bogor
E-mail: endesndahlan@gmail.com

ABSTRACT

The purpose of this study was to determine the need of the urban forest area as sink (sequestration) of CO₂ gas from fuel oil and gas in Bogor City. Analysis of dynamic system is used to determine the need. Powersim software with the license number PSSSL-N999998-5NC2Y was used in this research. Satellite imagery in 2003, 2005 and 2007 were used to analyze the extent of green space and built space as well as percentage changes. This study revealed that the urban forest area required as well as the number of seedlings are varies according to time and the sink rate. Therefore, the selection of tree species based on the sink rate should really be considered. By using the very high-sink rate trees, the area needed for this purpose will be smaller and can also make lower the ambient concentration. On the other hand, when the use of high-sink trees, the ambient concentration of this gas will increase again and the urban forest area that needed will be larger.

Keywords: system dynamic, global warming, urban forest, green open space, ambient concentration of CO₂ gas

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan kebutuhan luasan hutan kota yang berfungsi sebagai rosot (sekuestrasi) gas CO₂ dari bahan bakar minyak dan gas di Kota Bogor. Analisis sistem dinamik digunakan untuk menentukan kebutuhan tersebut. Program yang digunakan Powersim dengan nomor lisensi PSSSL-N999998-5NC2Y. Citra satelit tahun 2003, 2005 dan 2007 digunakan untuk menganalisis luasan RTH dan ruang terbangun serta persentase perubahannya. Penelitian ini menunjukkan bahwa luasan hutan kota dan jumlah bibit pohon yang dibutuhkan sebagai rosot gas CO₂ bervariasi menurut waktu dan daya rosot nya. Oleh sebab itu, pemilihan jenis berdasarkan daya rosotnya harus betul-betul diperhatikan. Dengan menggunakan pohon berdaya rosot sangat tinggi, kebutuhan luasan areal hutan kota menjadi lebih kecil dan juga dapat menurunkan konsentrasi ambienya. Lain halnya jika yang digunakan jenis pohon berdaya rosot tinggi. Konsentrasi gas ini akan meningkat lagi dan luasan hutan kota yang dibutuhkan menjadi lebih besar.

Kata kunci: dinamika sistem, pemanasan global, hutan kota, ruang terbuka hijau, konsentrasi ambien gas CO₂

PENDAHULUAN

Peningkatan aktivitas kota dan perkotaan seiring dengan meningkatnya populasi penduduk manusia yang terus bertambah pada dekade terakhir ini telah mengakibatkan kualitas lingkungan kota dan perkotaan terus menurun. Padahal kota sebagai tempat terakumulasinya sumberdaya manusia penting yang menentukan kekuatan dan masa depan bangsa memerlukan kualitas lingkungan yang baik. Oleh sebab itu, kualitas lingkungan kota dan perkotaan harus menjadi perhatian penting (Dahlan, 1992 dan Dahlan 2002).

Salah satu masalah yang terjadi saat ini adalah kota sebagai penghasil gas CO₂ yang cukup penting. Gas ini merupakan salah satu gas rumah kaca yang akan mengakibatkan pemanasan global (Meinshausen, Meinshausen, Hare, Raper, Frieler, Knutti, Frame dan Allen, 2009). Konsentrasi gas CO₂ pada masa sebelum maraknya industri sebesar 275 ppmv, sedangkan pada masa sekarang konsentrasinya lebih dari 350 ppmv. Jika laju penambahan penggunaan bahan bakar minyak dan gas tidak berubah, maka dalam kurun waktu 60 tahun mendatang konsentrasi gas CO₂ akan meningkat menjadi 550 ppmv. Perubahan konsentrasi gas ini dari 275 menjadi 550 ppmv akan mengakibatkan peningkatan suhu udara sebesar 5°F (2,78°C) (Http://www.physics.uci.edu/~silverma/resourcxes.ppt. 2007). Penambahan gas ini sebesar 7,81 Gt (2,13x10⁹ ton) CO₂ setara dengan 2,13 Gt Karbon akan mengakibatkan peningkatan sebesar 1 ppmv CO₂ (Trenbeth, 1981) dan (CDIAC, 2005).

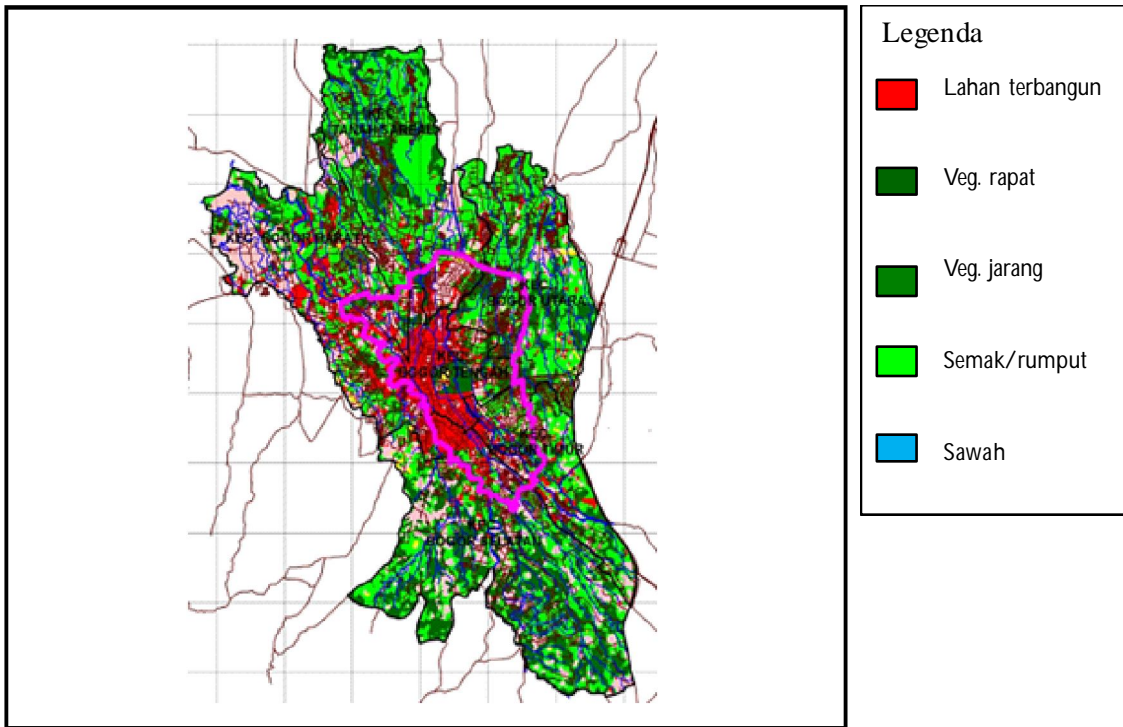
Kota Bogor memiliki posisi strategis dengan luas 11.850 ha, karena lokasinya dekat dengan Jakarta sebagai ibukota negara Indonesia, pusat penelitian dan pendidikan, rekreasi dan perdagangan,

tempat tinggal untuk masyarakat Bogor dan juga bagi para penglaju (commuter) yang bekerja di Jakarta dan sebagai daerah tangkapan air untuk Jakarta, agar Jakarta tidak kebanjiran (http://www.beritajakarta.com/v_ind/berita_print.asp?nNewsId=39672).

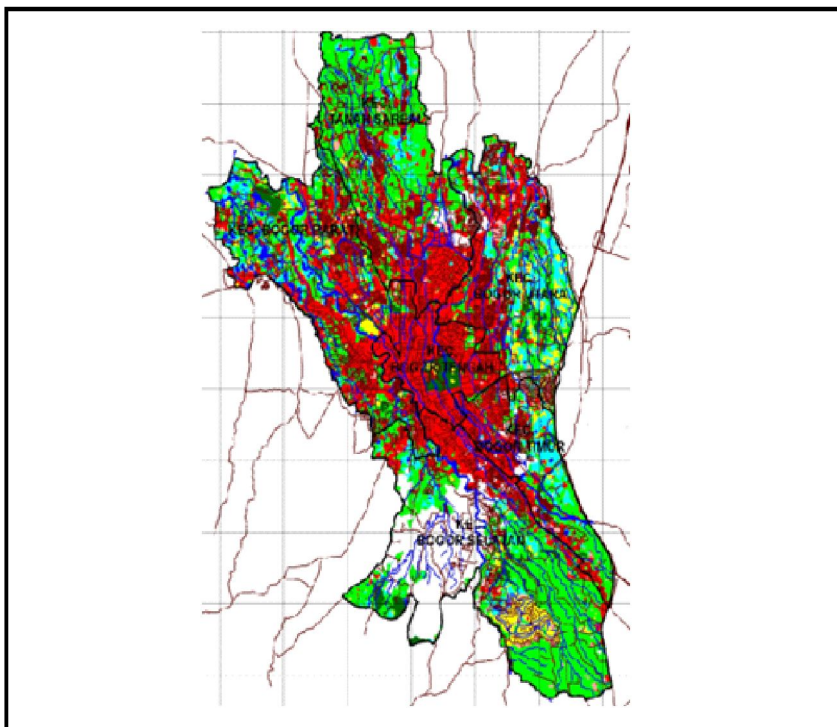
Akhir-akhir ini, Kota Bogor yang mendapat julukan "kota sejuta angkot" kualitas udaranya terus menurun. Ada beberapa parameter kualitas udara yang mendekati bahkan telah melebihi baku mutu (Santosa, 2004). Mengingat gas CO₂ juga dihasilkan dari kendaraan bermotor, maka adanya peningkatan jumlah kendaraan akan mengakibatkan emisi gas CO₂ juga meningkat.

Kekhawatiran ini telah dibuktikan oleh Syakuroh (2004) yang telah melakukan penelitian di Kabupaten Bogor. Kabupaten ini lokasinya sangat berdekatan dengan Kota Bogor. Lebih jauh Syakuroh (2004) menyatakan bahwa emisi CO₂ di Kabupaten Bogor meningkat dari tahun ke tahun seiring dengan terjadinya peningkatan populasi manusia dan kendaraan bermotor. Pada tahun 2000 emisi gas ini sebesar 4,35 juta ton/tahun, tahun 2003 sebesar 6,42 juta ton/tahun dan pada tahun 2007 menjadi 15,36 juta ton/tahun (Syakuroh, 2004). Peningkatan emisi gas CO₂ sebagian besar berasal dari peningkatan jumlah angkutan perkotaan (angkot), kendaraan pribadi dan motor.

Dalam keadaan yang ideal, gas CO₂ dapat diserap oleh tanaman dan pepohonan yang terdapat dalam ruang terbuka hijau (RTH). Namun dalam kurun waktu 5 tahun terakhir RTH di Kota Bogor terus menurun luasannya, karena berubah menjadi lahan perumahan dan bangunan lain (Gambar 1). Masalah penting yang berkaitan dengan pemanasan global adalah terjadinya peningkatan konsentrasi ambien



Tahun 1972



Tahun 2000

Sumber: hasil analisis

Gambar 1. Perubahan Tutupan Lahan di Kota Bogor tahun 1972 dan tahun 2000

gas ini sebagai akibat meningkatnya emisi CO₂, sedangkan laju rosotnya menurun sebagai akibat penurunan luasan RTH.

Hingga saat ini belum ada penelitian tentang keseimbangan emisi dan rosot gas CO₂ di Kota Bogor, apalagi menggunakan sistem dinamik. Oleh sebab itu, diperlukan adanya penelitian yang menetapkan kebutuhan luasan areal hutan kota yang berfungsi sebagai rosot gas CO₂ secara dinamik untuk mengantisipasi terus menurunnya luasan RTH.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan luasan areal hutan kota yang dibutuhkan untuk menyerap CO₂ yang dihasilkan dari bahan bakar minyak dan gas di Kota Bogor dengan menggunakan pendekatan sistem dinamik. Manfaat dari penelitian ini adalah selain untuk pengembangan ilmu dan teknologi juga sebagai masukan untuk pemerintah daerah dan pusat, sedangkan kebaruan dari penelitian ini adalah menentukan kebutuhan luasan areal hutan kota menggunakan model sistem dinamik berdasarkan variabel: laju penyerapan gas CO₂ oleh hutan kota yang bervariasi berdasarkan umur tanaman, perbedaan daya rosot berdasarkan kemampuan penyerapan jenis pohon, populasi manusia, emisi CO₂ dari bahan bakar minyak dan gas, konsentrasi CO₂ ambien dan variasi luasan RTH yang terdiri dari: areal bervegetasi padat, vegetasi jarang, sawah, serta areal rumput dan semak.

Penelitian ini meliputi daya rosot gas CO₂ per jenis pohon dan komponen lingkungan lainnya yang dijelaskan pada bab Metodologi Penelitian. Penelitian daya rosot gas CO₂ oleh pepohonan hutan kota diilhami oleh McPherson (1998), McPherson dan Simpson (1999), Nowak dan Crane (2011) serta Brack (2002), sedangkan pendekatan sistem dinamik

diilhami oleh penelitian **Sasmojo dan Tasrif (1991)** serta (Zhang, Xu, Dong, Cao, Sparrow, 2006).

Peristilahan Hutan Kota

Kata "hutan kota" pertama kali digunakan pada tahun 1965 dalam kegiatan penanaman pohon di bagian Metropolitan Toronto (Johnston, 1996). Wikipedia (2010) menyatakan *urban forest is a forest or a collection of trees that grow within a city, town or a suburb*". Definisi luas yang paling diterima berdasarkan Miller (1988) yang mendefinisikan: "*Sum of all woody and associated vegetations in and around urban dense human settlements, ranging from small communities in rural settings to metropolitans regions*". Definisi lainnya adalah: "*Urban forestry is the art, science and technology of managing trees and forest resources in and around urban community ecosystems for the physiological, sociological, economic and aesthetic benefits trees provide society*" (Helms, 1998). Hutan kota adalah: "*Vegetation which dominated by trees in and around urban communitis*" (Konijnendijk, 2003).

Variasi luas dari definisi '*urban forestry*' dan '*urban forest*' masih sering digunakan di beberapa negara di Eropa. Konijnendijk (2003) menyebutkan beberapa definisi berikut ini. Di Finlandia, hutan kota diartikan sebagai "*Forests located in or near an urban area where the main function is recreation*". Di Iceland yang sama dengan Amerika Utara, hutan kota adalah "*The entire tree and woodland resource in and around an urban area, the fact that trees are managed as part of an overall resource, urban forestry being a social discipline, the need for coordinated involvement, etc*". Untuk Slovenia "*urban forest is represent forests, parks, i.e. woodland resources in urban areas, which have environmental and social rather than production functions and benefits for the citizens*".

Sementara di Inggris "*urban forest is a multi-disciplinary activity that encompasses the design, planning, establishment and management of trees, woodlands and associated flora and open space, which is usually physically linked to form a mosaic of vegetation in or near built-up areas*". Sementara itu dalam The Regina Urban Forest Management Strategy (2011) dinyatakan: *Urban forestry is the sustained planning, planting, protection, maintenance and care of trees, forests, greenspace and related sources in and around cities and communities for the economic, environmental, social, and public health benefits of people.*

Bentsen, Lindholst and Konijnendijk (2010) menyatakan bahwa "*urban forest as sum of all tree-based vegetation in and near urban areas, as well as woodlands, public and private urban parks and gardens, urban nature areas, street tree and square plantations, botanical gardens, and cemeteries*", sedangkan di Indonesia "Hutan Kota adalah suatu hamparan lahan yang bertumbuhan pohon-pohon yang kompak dan rapat di dalam wilayah perkotaan baik pada tanah negara maupun tanah hak, yang ditetapkan sebagai hutan kota oleh pejabat yang berwenang " (PP No. 63 tahun 2002).

METODOE PENELITIAN

Manusia memerlukan bahan bakar minyak dan gas yang akan menghasilkan gas CO₂. Gas CO₂ yang dihasilkan akan mengakibatkan meningkatnya konsentrasi gas CO₂ ambien. Dengan terus meningkatnya jumlah penduduk, sementara RTH yang berfungsi sebagai rosot (sink) gas CO₂ terus menurun luasannya, maka diperlukan hutan kota yang kebutuhan luasannya berubah meningkat secara dinamik. Program yang digunakan dalam penelitian ini untuk mensimulasikan peranan hutan kota sebagai rosot gas CO₂ adalah Powersim

dengan nomor lisensi PSSL-N999998-5NC2Y. Diagram alir program dapat dilihat pada lampiran. Penelitian ini menggunakan modeling hubungan gas CO₂ dan hutan kota diilhami oleh penelitian Pataki, Emmi, Forster, Mills, Pardyjak, Peterson, Thompson dan Murphy (2009).

Analisis spasial perubahan luasan RTH dan lahan terbangun berdasarkan citra satelit tahun 2003, 2005 and 2007. Dari ketiga citra kemudian dianalisis dan dihitung luasannya dan persentase rerata perubahannya per tahunnya.

Simulasi dimulai tahun 2012 dan berakhir tahun 2050. Kriteria level yang digunakan dalam penelitian ini dengan nilai awal tertulis dalam tanda kurung adalah: konsentrasi ambien CO₂ (389,89 ppmv), populasi manusia (989.396 orang), areal terbangun (63.279,61 ha), jumlah bibit (131.388), pohon sangat muda (75.118), pohon dewasa (149.104), pohon tua (229.177), pohon sangat tua (91.774), hutan dan areal bervegetasi rapat (613,83 ha), kebun dan areal bervegetasi jarang (2495,06 ha), sawah (825,22 ha), rumput dan semak (720,68 ha). Data awal untuk simulasi dimulai tahun 2005, karena banyak data yang dibutuhkan untuk penelitian ini tersedia di tahun tersebut. Jumlah bibit diambil dari simulasi yang kemudian dikonversikan ke dalam areal hutan kota dengan densitas per hektar adalah 250 menggunakan jarak tanam 7m x 6m.

Jumlah bahan bakar per kapita per tahun yang digunakan di Kota Bogor adalah 134,19 liter/tahun untuk bensin, 33,55 liter/tahun untuk solar, 84,17 liter/tahun untuk minyak tanah dan 5,14 kg/tahun untuk LPG. Faktor emisi untuk bensin, solar, minyak tanah dan LPG masing-masing adalah 2,31; 2,68; 2,52 dan 1,51 kg CO₂/liter (DEFRA, 2005 dan The National Energy Foundation, 2005).

Nilai laju rosot (sekuestrasi) CO₂ paling tinggi dari tanaman dewasa yang digunakan dalam program simulasi ini adalah 16.891 kg CO₂/pohon/tahun, sedangkan jika digunakan tanaman dengan daya rosot tinggi 836 kg CO₂/pohon/tahun. Nilai ini dihasilkan dari penelitian Dahlan (2007).

HASIL DAN PEMBAHASAN

RTH di Kota Bogor tersebar dalam 6 wilayah kecamatan. Berdasarkan analisis spasial yang diambil dari tahun 1983 hingga 2005 terjadi perubahan areal terbangun yang meningkat sementara RTH terus menurun (Gambar 2a). Areal terbangun meningkat dengan laju 3,30% per tahun, sedangkan untuk hutan menurun luasannya sebesar -0,33 % per tahun, areal bervegetasi rapat -1,15 % per tahun, kebun -1,23 % per tahun areal bervegetasi jarang -1,77% per tahun sementara untuk sawah, semak dan rumput sebesar -2,82 % per tahun. Jika data ini disimulasi sampai tahun 2050, maka prediksi luasan untuk masing-masing RTH menurun seperti terlihat pada Gambar 2b. Hal ini dikarenakan RTH dikonversikan menjadi rumah dan lahan terbangun lainnya. Jika tidak ada kebijakan yang diambil oleh pemerintah Kota Bogor, maka prediksi areal RTH di Kota Bogor tahun 2050 yang tersisa akan menjadi 9,60% (1.137,61 ha).

Terus menurunnya luasan RTH, membutuhkan penambahan areal hutan kota yang berfungsi menyerap gas CO₂ (Gambar 3a). Bibit yang ditanam akan tumbuh dan berubah ke tahap yang lain yaitu: pohon sangat muda, dewasa, tua dan pohon sangat tua yang mempunyai kemampuan serap gas CO₂ yang berlainan. Perubahan jumlah bibit menjadi pohon sangat muda, yang semula pohon sangat muda menjadi

dewasa, yang dewasa berubah menjadi tua, dan yang tua menjadi sangat tua dapat dilihat pada Gambar 3b.

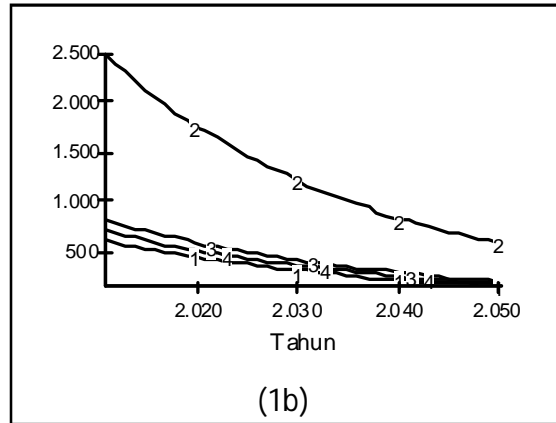
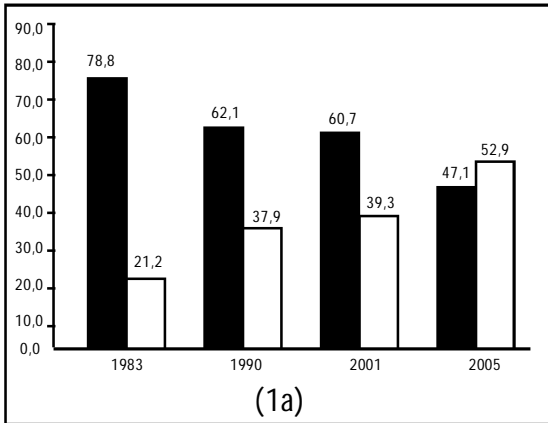
Jika areal hutan kota ditambah dengan luasan yang memadai, sesuai dengan simulasi dan jenis yang memiliki daya rosot sangat tinggi, maka konsentrasi gas CO₂ akan menurun menjadi 389,86 ppmv pada tahun 2050 (Gambar 4).

Lain halnya, jika yang digunakan jenis pohon yang berdaya rosot tinggi. Selain membutuhkan area yang lebih luas (Gambar 5a) juga konsentrasi gas CO₂ akan meningkat kembali (Gambar 5b).

Konsumsi bensin per kapita di Kota Bogor per tahun sebesar 134,19 liter, solar 33,55 liter, minyak tanah 84,17 liter dan untuk LPG 5,14 kg. Hal ini berarti emisi CO₂ antropogenik tahunan di Kota Bogor sebesar 639,04 kg/kapita/tahun. Dari perhitungan ini, kita dapat menghitung emisi CO₂ kumulatif tahun 2012 sebesar 548,553 ton dan prediksi pada tahun 2050 akan menjadi 780,702 ton.

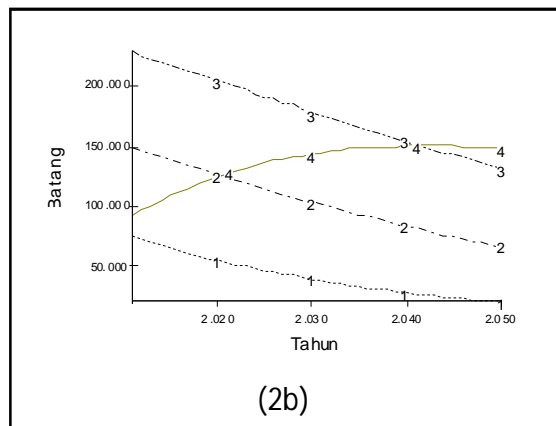
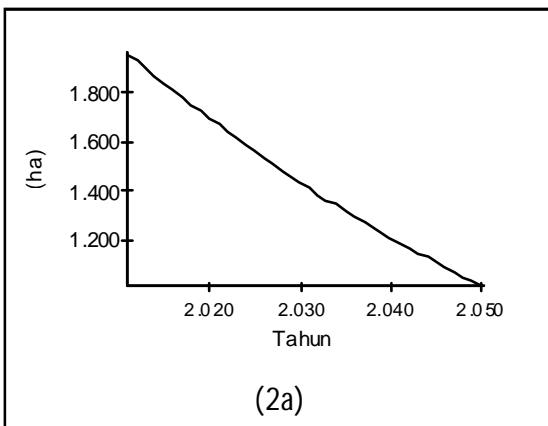
Rerata konsentrasi gas CO₂ di beberapa ruas jalan yang terukur di kota Bogor tahun 2006/2007 sebesar 389,89 ppmv. Data inilah yang digunakan dalam simulasi. Konsentrasi gas ini akan terus meningkat, jika RTH dibiarkan terus menurun, sementara emisi gas ini terus meningkat. Oleh sebab itu, penambahan luasan hutan kota dengan jenis tanaman berdaya rosot sangat tinggi sangat diperlukan.

Dari simulasi ini dapat dinyatakan bahwa pemilihan jenis pohon berdasarkan daya rosotnya harus betul-betul diperhatikan. Penanaman pohon berdaya rosot tinggi tidak efektif dalam menurunkan konsentrasi ambien gas CO₂. Pada tahun 2025 konsentrasi gas ini akan meningkat kembali (Gambar 5b), selain itu juga luasan hutan kota yang dibutuhkan lebih tinggi



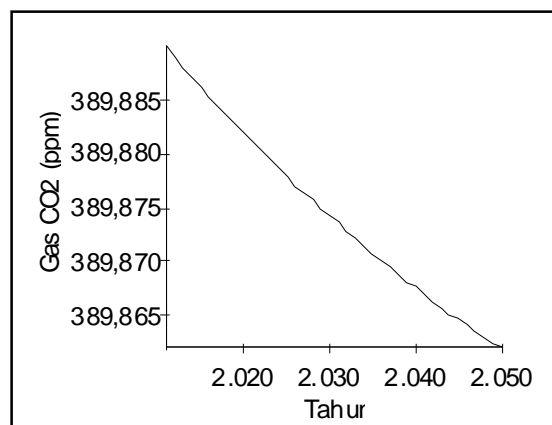
Sumber: hasil analisis

Gambar 1a. Perubahan Luasan RTH pada Masa Lalu. Gambar 1b. Prediksi Perubahan Luasan RTH sampai Tahun 2050. (1). Vegetasi Rapat, (2). Vegetasi Jarang dan (3). Sawah, (4). Semak dan Rumput



Sumber: hasil analisis

Gambar 2a. Areal Hutan Kota yang Dibutuhkan sebagai Rosot CO₂ Antropogenik. Gambar 2b. Jumlah Pohon pada Berbagai Stadia (1. Sangat Muda, 2. Dewasa, 3. Tua, 4. Sangat Tua)



Sumber: Hasil analisis

Gambar 3. Simulasi Konsentrasi Gas CO₂ jika Pembangunan Hutan Kota dengan Menggunakan Pohon Berdaya Rosot Sangat Tinggi

(Gambar 5a). Bandingkan dengan Gambar 2b yang menunjukkan kebutuhan luasan hutan kota, jika menggunakan daya rosot yang sangat tinggi (Gambar 3a).

Penelitian ini sejalan dengan pendapat McPherson, Nowak dan Rowntree (1994) serta McPherson dan Simpson (1999) yang menyatakan bahwa hutan kota sangat efektif dalam menyerap gas CO₂.

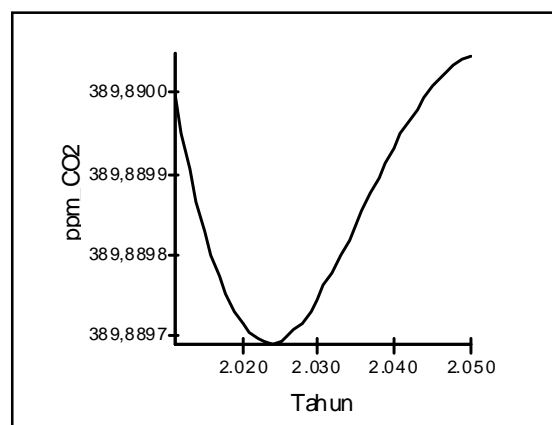
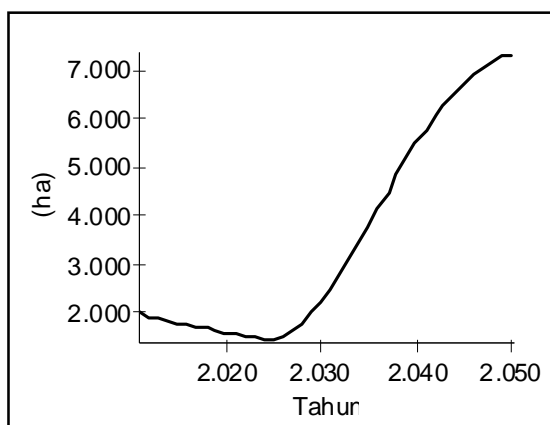
Memang model ini cocok untuk ekosistem tertutup, sedangkan udara kota merupakan ekosistem terbuka. Namun, jika semua kota di dunia ini dapat menyediakan luasan hutan kota yang cukup sebagai rosot gas CO₂ yang dihasilkan di setiap kota, maka pemanasan global dapat diatasi dengan baik.

Upaya penambahan luasan hutan kota di kota-kota di seluruh dunia diharapkan dapat memperlambat laju peningkatan konsentrasi gas ini, agar pemanasan global tidak melebihi 2°C (Meinshausen, Meinshausen, Hare, Raper, Frieler, Knutti, Frame dan Allen, 2009). Jika tidak akan muncul masalah-masalah lingkungan seperti banjir (Pall, Aina, Stone, Stott, Nozawa, Hilberts, Lohmann dan Allen, 2011) iklim yang ekstrim (Zhang, Xu,

Dong, Cao, Sparrow, 2006), tenggelamnya pulau-pulau kecil dan hilangnya beberapa plasma nutfah yang rentan terhadap perubahan suhu (Malcolm, Liu, Neilson, Hansen dan Hannah, 2006).

Penelitian tentang kebutuhan hutan kota telah cukup banyak dilakukan, namun isu lingkungan yang dimunculkan dan lokasi penelitiannya berbeda. Rosa (2005) telah meneliti tentang penentuan luasan optimal hutan kota sebagai penyerap gas CO₂ di Kota Palembang, Sumatera Selatan. Apriani (2009) melakukan penelitian tentang penentuan luas hutan kota berdasarkan penyerapan karbondioksida di Pasirpangaraian Kabupaten Rokan Hulu Provinsi Riau. Rushayati, Dahlan dan Hermawan (2010) melakukan penelitian mengenai polutan udara di Kota Bandung serta Rushayati, Alikodra, Dahlan dan Purnomo (2010) tentang ameliorasi iklim mikro di kota Bandung.

Dengan banyaknya penelitian tentang isu lingkungan dan lokasi kota yang beragam di seluruh Indonesia, diharapkan pemerintah kota dan kabupaten di Indonesia dapat menerapkan hasil-hasil penelitian untuk menjadikan kualitas



Sumber: Hasil analisis

Gambar 4a. Luasan Hutan Kota yang Dibutuhkan, jika Menggunakan Pohon Berdaya Rosot Tinggi. Gambar 4b. Simulasi Konsentrasi Gas CO₂ jika yang Digunakan Pohon Berdaya Rosot Tinggi

lingkungan kota semakin baik dengan memperhatikan kecukupan luasan hutan kotanya, sehingga kualitas dan masa depan bangsa Indonesia semakin cerah dan kuat.

KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa

1. Luasan areal hutan kota yang dibutuhkan sebagai rosot gas CO₂ antropogenik yang dihasilkan dari bahan bakar minyak dan gas di Kota Bogor bervariasi menurut waktu dan daya rosot berdasarkan jenis pohon.
2. Penanaman dengan jenis berdaya rosot sangat tinggi betul-betul efektif dalam menurunkan konsentrasi ambien gas CO₂, sedangkan jika yang ditanam jenis pohon berdaya rosot tinggi kurang efektif, karena konsentrasi gas CO₂ akan meningkat kembali.
3. Kebutuhan luasan areal hutan kota menjadi lebih sempit, jika yang digunakan pohon berdaya rosot sangat tinggi, sedangkan jika yang digunakan pohon berdaya rosot tinggi membutuhkan luasan yang lebih besar.

Agar hutan kota betul-betul efektif dalam menanggulangi masalah lingkungan akibat meningkatnya konsentrasi gas CO₂ sebagai akibat meningkatnya jumlah emisi gas CO₂ sementara luasan RTH terus menurun, maka dalam pembangunan hutan kota disarankan untuk menggunakan jenis pohon berdaya rosot sangat tinggi antara lain Trembesi (*Albizia saman* atau *Samanea saman*) seperti yang tengah digalakkan belakangan ini oleh Presiden RI Susilo Bambang Yudhoyono.

Saran yang diajukan selanjutnya adalah perlunya penelitian untuk mendapatkan jenis pohon dengan daya rosot yang sangat tinggi, selain Trembesi dan *Cassia sp.*

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Prof. Dr. Cecep Kusmana, Prof. Dr. Didy Sopandie dan Dr. Setyo Pertiwi untuk saran dan bimbingan yang sangat bermanfaat serta kepada World Wildlife Indonesia dan PT ASTRA International Tbk untuk bantuan pendanaan penelitian ini.

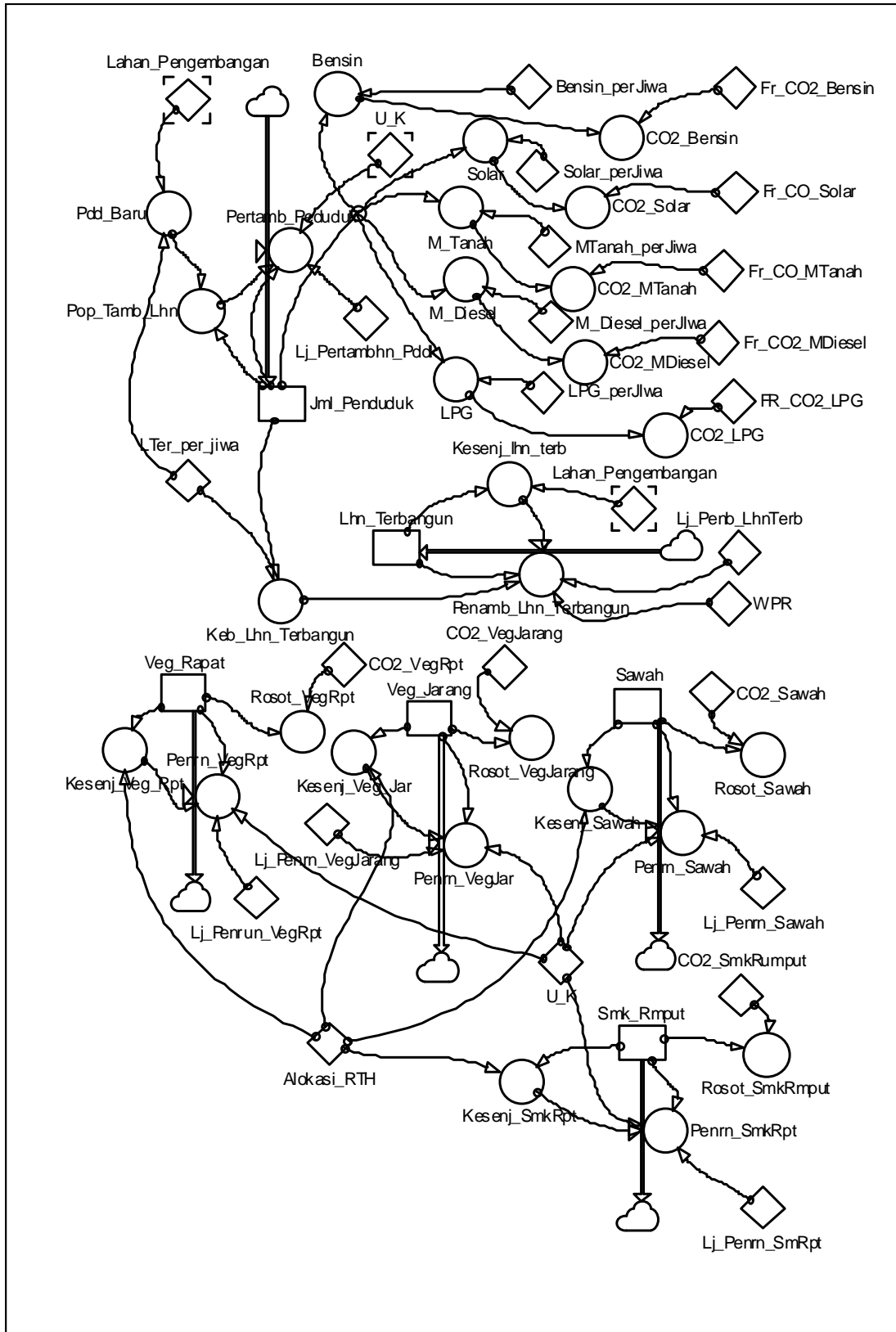
DAFTAR PUSTAKA

- Apriani, H. (2009). Penentuan Luas Hutan Kota Berdasarkan Penyerapan rbondioksida di Pasirpengerajaan Kabupaten Rokan Hulu Provinsi Riau. *Skripsi*. Fakultas Kehutanan, IPB.
- Bentsen, P., A.C. Lindholst and C.C. Konijnendijk. (2010). Reviewing Eight Years of Urban Forestry & Urban Greening: Taking stock, looking ahead. *Urban Forestry & Urban Greening*. Volume 9, Issue 4: 273-280.
- Brack, C.L. (2002). Pollution Mitigation and Carbon Sequestration by an Urban Forest. *J. Environ. Pollut.* 116: 195-200.
- [CDIAC] *Carbon Dioxide Information Analysis Center*. (2005). *Frequently Asked Global Change Questions*, [online], dari <http://cdiac.esd.ornl.gov/pns/faq.html>. [August 2010].

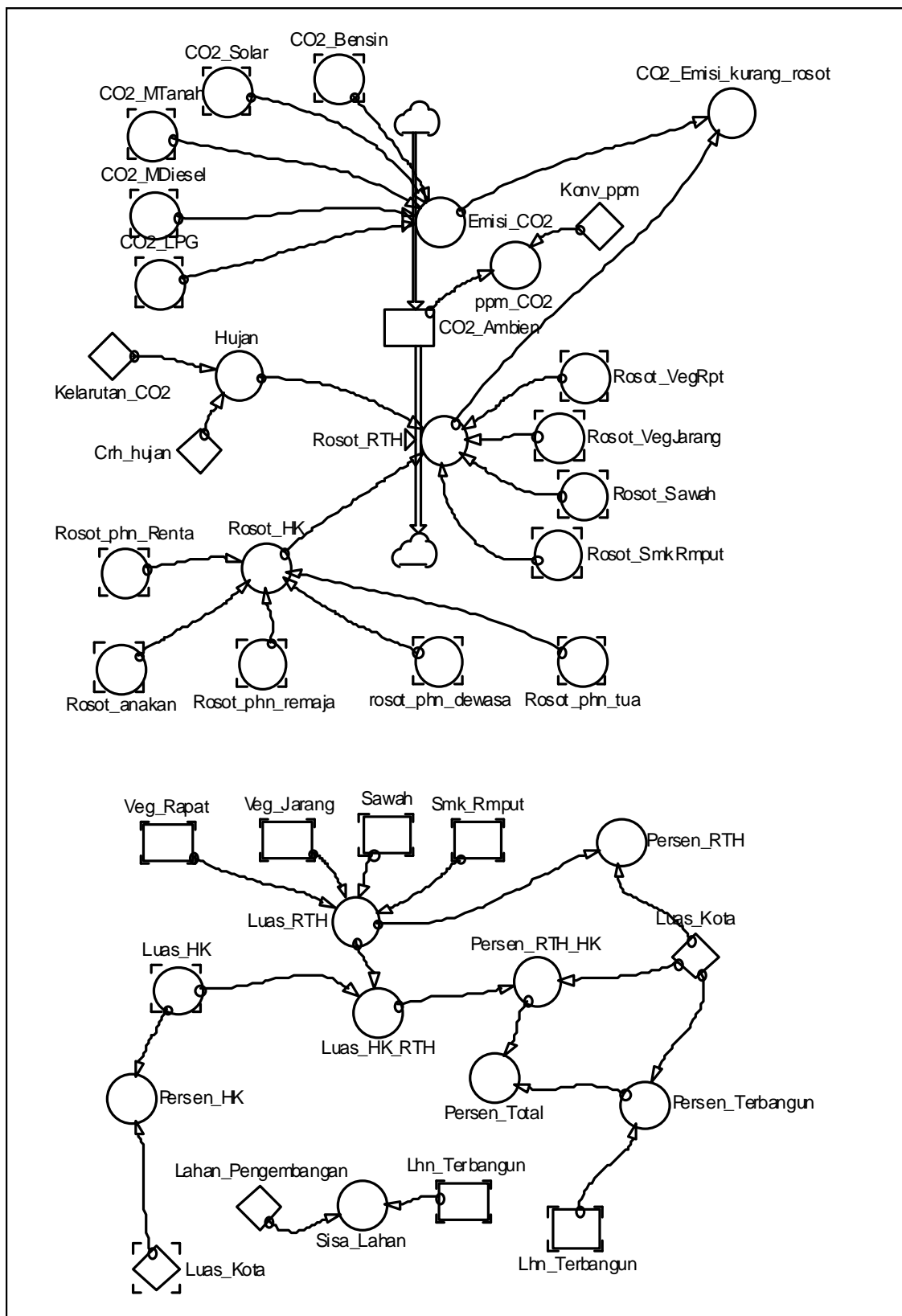
- Dahlan, E.N. (1992). *Hutan Kota untuk Pengelolaan dan Peningkatan Kualitas Hidup*. APHI-IPB Press.
- _____. (2002). *Membangun Kota Kebun Bernuansa Hutan Kota*. IPB Press.
- _____. (2007). Penentuan Kebutuhan Luasan Hutan Kota sebagai Sink CO₂ Antropogenik dari Bahan Bakar Minyak dan Gas dengan Pendekatan Sistem Dinamik di Kota Bogor. *Disertasi*. Sekolah Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor.
- [DEFRA]. (2005). *Guidelines for Company Reporting on Greenhouse Gas Emissions. Annex 1 - Fuel Conversion Factors*, [online], dari [Http://www.defra.gov.uk/environment/business/envrp/gas/05.htm](http://www.defra.gov.uk/environment/business/envrp/gas/05.htm). [September 2010].
- Helms, J.A. (1998). *The Dictionary of Forestry*. The Society of American Foresters, Bethesda.
- [Http://www.physics.uci.edu/~silverma/resourxces.ppt](http://www.physics.uci.edu/~silverma/resourxces.ppt). (2007). [online]. [September 2011].
- [Http://www.beritajakarta.com/v_ind/berita_print.asp?nNewsId=39672](http://www.beritajakarta.com/v_ind/berita_print.asp?nNewsId=39672). [online]. [Oktober 2011].
- Johnston, M. (1996). A Brief History of Urban Forestry in the United States. *Arboricultural Journal* 20: 257–278.
- Konijnendijk, C.C. (2003). A Decade of Urban Forestry in Europe. *Forest Policy and Economics* 5: 173–186.
- Malcolm, J.R C. Liu, R.P. Neilson, L. Hansen, L. Hannah. (2006). Endemic Species from Biodiversity Hotspots. *Conservation Biology* Vol. 20, Issue 2: 538–548.
- McPherson, E. G. (1998). Atmospheric Carbon Dioxide Reduction by Sacramento's Urban Forest. *J. Arboric.* 24(4): 215-223.
- McPherson, E.G, D. J. Nowak dan R. A. Rowntree. (1994). *Chicago's Urban Forest Ecosystem: Results of the Chicago Urban Forest Climate Project*. United States Department of Agriculture Forest Service Northeastern Forest Experiment Station General Technical Report N E- 186.
- McPherson, E. G. dan J. R. Simpson. (1999). *Carbon Dioxide Reduction through Urban Forestry: Guidelines for Professional and Volunteer Tree Planters*. United States Department of Agriculture Forest Service. Pacific Southwest Res. Sta.
- Meinshausen, M., N. Meinshausen, W. Hare, S.C.B. Raper, K. Frieler, R. Knutti, D. J. Frame dan M. R. Allen. (2009). Greenhouse Gas Emission Targets for Limiting Global Warming to 2°C. *Nature* 458: 1158-1162.
- Miller, R.W. (1997). *Urban Forestry: Planning and Managing Urban Green Spaces*. second ed. Prentice Hall, New Jersey.
- Nowak, D.J. dan D. E. Crane. (2011). Carbon Storage and Sequestration by Urban Trees in the USA. *Environ Pollut.* Vol. 116, Issue 3: 381-389.

- Pall, P., T. Aina, D.A. Stone, P.A. Stoot, T. Nozawa, A.G.J. Hilberts, D. Lohman and M.R. Allen. (2011). Anthropogenic Greenhouse Gas Contribution to Flood Risk in England and Wales in Autumn 2000. *Nature* 470: 382–385. [online]. dari <http://www.nature.com/nature/journal/v470/n7334/abs/nature09762.html>. [17 March 2011].
- Pataki, D.E., P.C. Emmi, C.B. Forster, J.I. Mills, E.R. Pardyjak, T.R. Peterson, J.D. Thompson and E. Dudley-Murphy. (2009). An Integrated Approach to Improving Fossil Fuel Emissions Scenarios with Urban Ecosystem Studies. *Ecol. Complex.* 6: 1-14.
- Regina Urban Forest Management Strategy. (2000). Urban Forest. http://www.tcf-fca.ca/programs/urbanforestry/cufn/Resources_Canadian/ReginaUFMS.pdf. [Desember 2011].
- Rosa, D.S. (2005). Penentuan Luasan Optimal Hutan Kota Sebagai Penyerap Gas CO₂. Studi Kasus di Kota Palembang, Sumatera Selatan. *Skripsi*. Fakultas Kehutanan, IPB.
- Rushayati, S.B., E. N. Dahlan dan R. Hermawan. (2010). Ameliorasi Iklim Melalui Zonasi Hutan Kota Berdasarkan Peta Sebaran Polutan Udara. *Forum Geografi*, Vol. 24, No. 1, Juli, pp 73 – 84.
- Rushayati, S.B., H. S. Alikodra, E.N. Dahlan dan H. Purnomo. (2010). Pengembangan Ruang Terbuka Hijau Berdasarkan Distribusi Suhu Permukaan di Kabupaten Bandung. *Forum Geografi*, Vol. 25, No. 1, 18 Juli 2011: 17 – 26.
- Santosa, I. (2004). Model Penyebaran Pencemaran Udara dari Kendaraan Bermotor Menggunakan Metode Volume Terhingga: Studi Kasus di Kota Bogor. *Disertasi*. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. *Disertasi*. Sekolah Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Sasmajo, S dan M. Tasrif. (1991). CO₂ Emissions Reduction by Price Deregulation and Fossil Fuel Taxation: A case Study of Indonesia. *Energy Policy*. Vol. 19, Issue 10: 970-977.
- Syakuroh, U. (2004). Emisi Gas Rumah Kaca di Wilayah Kabupaten Bogor. *Skripsi*. Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- The National Energy Foundation. (2005). Simple Carbon Calculator. [online] dari <http://www.nef.org.uk/greencompany/co2calculator.htm> [Desember 2010].
- Trenbeth. (1981). *Current Atmospheric Carbon Dioxide*, [online], dari <Http://www.cdiac.esd.ornl.gov/ftp/maunaloa-CO2/maunaloa.CO2>, dan <Http://www.radix.net/~bobg/faqs/scq.CO2rise.html> [Desember 2010].
- Wikipedia. (2010) *Urban Forest*, [online], dari: http://en.wikipedia.org/wiki/Urban_forest. [Nopember 2010].
- Zhang, Y., Y. Xu, W. Dong, L. Cao, M. Sparrow. (2006). A Future Climate Scenario of Regional Changes in Extreme Climate Events over China Using the PRECIS Climate Model. *Geophysical Research Letters* Vol. 33, Issue: 24: 21101-21109.

Lampiran. Diagram Alir Powersim Hubungan Populasi Manusia, Bahan Bakar, Gas CO₂, Lahan Terbangun, Vegetasi Rapat, Vegetasi Jarang, Semak dan Rumput, Sawah dan Hutan Kota dengan Berbagai Stadia



Lanjutan



Lanjutan

