PENGGUNAAN TEKNOLOGI PENGINDERAAN JAUH SATELIT DAN SIG UNTUK MENENTUKAN LUAS HUTAN KOTA: (Studi Kasus di Kota Bogor, Jawa Barat)

(*The Use of Satellite Remote Sensing Technology and GIS on Determining Urban Forest : A case study in Bogor City, West Java*)

R. ASSYFA EL LESTARI[1] dan I NENGAH SURATI JAYA[2]

ABSTRACT

This paper describes the use of satellite Remote Sensing Technology as well as Geographic Information System on determining the minimum coverage of urban forest. The study used the Oxygen demand approach of human, lifestock, industry as well as transpartotion vehicles for estimating the need of forest coverage. The existing urban forest coverage were derived from IKONOS and SPOT Satellite Imageries.The study found that the increase of the need for urban forest was dominantly affected by the significant increase of transportation verticles during the last 5 years. If the rates of the increase of population, lifestock as well as transportation vehicles does not change, the urban forest in Bogor city is only adequate up to the year 2015. This study recomends that an action should be made to anticipate the scarceness of clean air in Bogor City. The study also found that the central Bogor District has the lowest extent of urban forest.

Key word: Oxygen demand, Urban Forest, SPOT, IKONOS, Geographic Information System.

PENDAHULUAN

Sebagai salah satu kota yang menjadi *hinderland* Ibukota Jakarta, kota Bogor telah mendapat limpahan penduduk beserta segala kebutuhan lahan untuk tempat tinggalnya. Limpahan ini telah menimbulkan masalah kependudukan, meningkatnya kebutuhan lahan, meningkatkan pembakaran bahan-bahan bakar fosil untuk keperluan hidupnya. Meningkatnya jumlah penduduk akan sekaligus mempengaruhi peningkatan kebutuhan pangan, bahan bakar dan lahan tempat tinggal. Selain itu, peningkatan jumlah penduduk juga akan menimbulkan peningkatan kebutuhan sarana angkutan kendaraan bermotor. Sebagai wilayah yang menjadi limpahan ibukota Jakarta, tidak dapat dipungkiri bahwa telah terjadi peningkatan jumlah industri kecil, menengah dan besar di kota Bogor.

[1] Alumni Fakultas Kehutanan IPB Program Studi Manajemen Hutan
[2] Staf pengajar dan peneliti di Lab. Inventarisasi Sumber Daya Hutan, Fakultas Kehutanan IPB, Kampus Darmaga Po. Box. 168 Bogor E-mail : ins-jaya@cbn.net.id or insjaya@ipb.ac.id

Peningkatan ini akan mengakibatkan peningkatan jumlah gas buang CO_2 dan CO yang dapat menurunkan kualitas udara sehingga mengganggu kesehatan manusia. Dilihat dari data jumlah kendaraan bermotor yang diperoleh dari Dispenda Bogor, penambahan jumlah kendaraan bermotor dari tahun 1999 sampai dengan tahun 2003 telah meningkat sebanyak 2 kali lipat.

Pembangunan dan pengembangan kota cenderung mengarah pada alih fungsi lahan untuk memenuhi kebutuhan dan meningkatkan pelayanan pada penduduk kota. Salah satu dampaknya adalah berkurangnya lahan bervegetasi seperti jalur hijau, taman kota, pekarangan, lahan pertanian dan hutan yang banyak dialihfungsikan menjadi kawasan pemukiman, perkantoran, rekreasi juga industri. Berkurangnya tutupan lahan yang bervegetasi akan mempengaruhi kualitas lingkungan. Sebagaimana diketahui vegetasi dapat melakukan proses fotosintesis dengan merubah CO_2 menjadi O_2 dan gula. Gas CO_2 dari buangan kendaraan bermotor dan industri akan dirubah kembali melalui proses fotosintesis menjadi $O_{2.}$ Namun, bila vegetasi semakin berkurang, dan disertai dengan peningkatan jumlah CO_2 maka akan mengakibatkan polusi udara yang akhirnya menyebabkan pemanasan global.

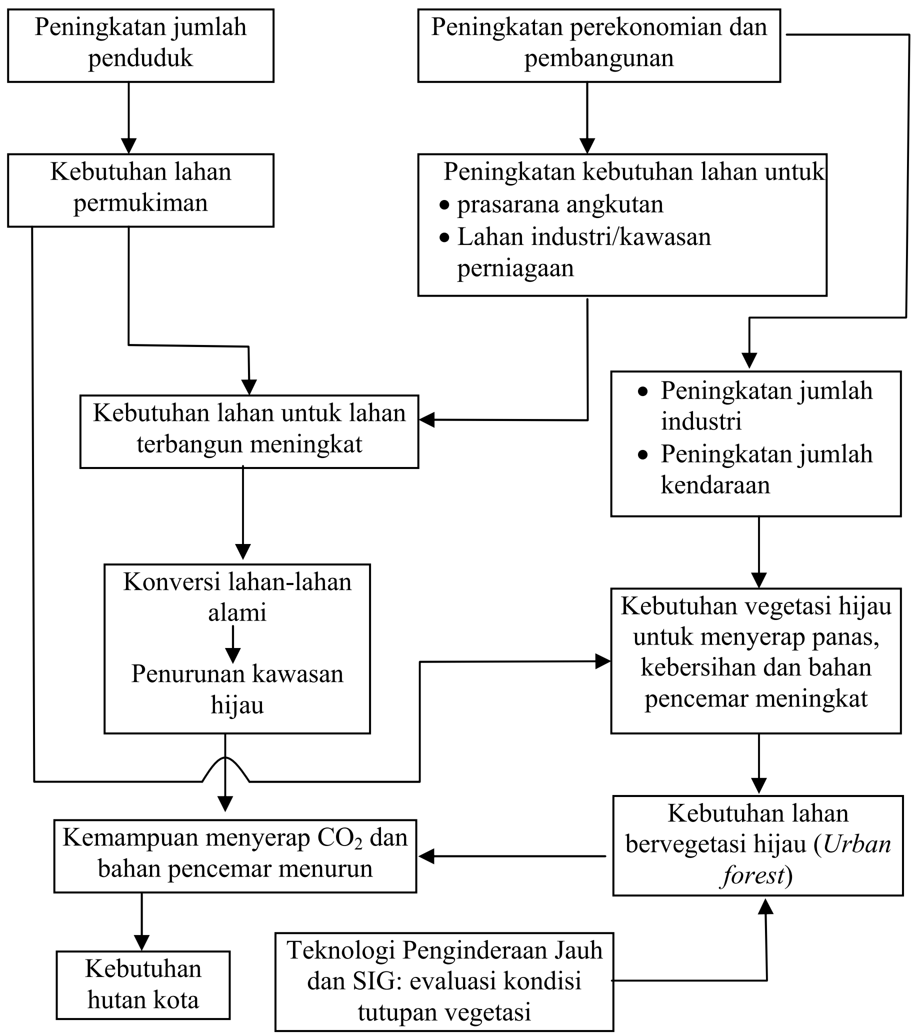
Hutan kota merupakan cara yang dapat digunakan untuk mengurangi tingkat polusi udara di kota. Selain itu, hutan kota mempunyai fungsi lain yang dapat mendukung terwujudnya lingkungan yang baik, diantaranya meredam kebisingan, menyerap debu, menyerap panas, dan dapat digunakan sebagai tempat rekreasi. Pengembangan hutan kota ini sangatlah memerlukan perencanaan dan pengelolaan yang baik agar fungsi-fungsi hutan kota tersebut dapat terwujud secara maksimal. Informasi yang akurat, cepat dan efisien tentang lokasi, sebaran dan luas hutan kota akan sangat membantu dalam perencanaan pembangunan.

Saat ini, teknologi penginderaan jauh citra satelit mampu menyediakan data dengan cakupan yang luas, secara cepat dan tepat waktu. Dengan didukung sistem informasi geografis, maka perencanaan spasial pembangunan hutan kota dapat dilakukan dengan lebih mudah dan cepat. Ketersediaan citra IKONOS dan SPOT 5 yang mempunyai resolusi spasial yang tinggi telah membuka peluang untuk mendapatkan informasi tutupan lahan detail. Citra IKONOS telah digunakan oleh banyak pemerintah daerah kabupaten dan atau perusahaan swasta nasional untuk memetakan sumber daya alam yang ada di wilayahnya (Jaya, 2003).

Tujuan utama penelitian ini adalah untuk mengetahui luas minimal hutan kota yang dibutuhkan serta distribusinya di kota Bogor. Tujuan tambahan dari penelitian adalah untuk mengetahui lokasi pengembangan hutan kota. Penelitian ini diharapkan bermanfaat bagi pengambil keputusan di Kota Bogor dalam membangun Kota Bogor yang berwawasan lingkungan.

Kerangka pemikiran

Peningkatan jumlah penduduk kegiatan perekonomian dan pembangunan telah menyebabkan berbagai permasalahan konversi lahan dari lahan-lahan tutupan vegetasi menjadi lahan-lahan terbangun. Pada sisi lain peningkatan aktifitas ekonomi telah pula meningkatkan kepadatan sarana transportasi kendaraan dan jumlah industri yang ada di wilayah penelitian. Apabila kondisi ini dibiarkan, maka masyarakat Kota Bogor akan sangat sulit mendapatkan udara bersih, yang bebas dari bahan-bahan pencemar yang dikeluarkan oleh kendaraan bermotor dan industri. Untuk mengantisipasi masalah ini berkelanjutan, maka diperlukan suatu tindakan preventif melalui program pembangunan dan atau pemeliharaan hutan kota. Pada studi ini penulis melakukan analisis spasial terhadap kebutuhan hutan kota menggunakan pendekatan kebutuhan oksigen. Kondisi tutupan hutan kota yang ada saat ini diderivasi menggunakan citra satelit SPOT dan IKONOS, yang selanjutnya dianalisis secara spasial dengan SIG (Gambar 1).



Gambar 1. Kerangka pemikiran

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan, di wilayah Kota Bogor mulai bulan April 2004 sampai dengan bulan April 2005. Kota Bogor terletak antara 106^0 43’ 30” BT dan 106^0 51’ 00” BT; dan antara 6^0 30’ 30’’ dan 6^0 41’ 00”, memiliki 6 kecamatan, 22 kelurahan dan 46 desa yang luas keseluruhannya mencapai 11.850 ha. Pengolahan data dan analisis spasial dilaksanakan di Laboratorium Remote Sensing Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor.

Data Citra, Peralatan Perangkat Lunak dan Perangkat Keras

Citra yang digunakan pada penelitian ini meliputi : Citra IKONOS rekaman tahun 2003 dan Citra SPOT rekaman 2003

Data pendukung lain yang digunakan mencakup data-data spasial dan tabular berupa:
- Batas administrasi kota Bogor
- Batas sungai
- Jalan negara
- Jumlah penduduk per kelurahan kota Bogor
- Jumlah ternak per kelurahan kota Bogor
- Jumlah kendaraan bermotor per kelurahan kota Bogor, dan
- Jumlah industri per kelurahan Kota Bogor.

Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: ER-Mapper versi 5.5 dan ERDAS versi 8.7, dan Arc View versi 3.2, dengan perangkat keras berupa komputer pribadi. Adapun peralatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *Global Positioning System* (GPS) tipe Garmin 12-XL, kamera dijital, haga, dan pita diameter.

Metode Penelitian

Secara umum penelitian ini dilaksanakan dengan tiga tahap: yaitu, pra-pengolahan citra, pengolahan citra, dan analisis spasial, dengan diagram alir sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.

Pra Pengolahan Citra

Pra-pengolahan citra mencakup koreksi geometrik, fusi citra (*image fusion*), regresi citra (*image regression*), dan pembuatan mosaik citra (*mosaicking*). Citra IKONOS dikoreksi dengan referensi citra SPOT 5 yang telah dikoreksi dan peta-peta dijital yang dikeluarkan oleh BAKOSURTANAL. Fusi citra dimaksudkan untuk mentransformasi resolusi spatial IKONOS, multispektral 4 m menjadi 1 m. Ini dilakukan dengan tehnik analisis komponen utama dengan melakukan fusi band PAN IKONOS 1 m dengan band multispektral IKONOS yang beresolusi 4 m. Regresi citra antara satu *file* citra dengan citra lainnya sebelum dilakukan pembuatan mosaik.

Pengolahan Citra

Pengolahan citra diawali dengan pengecekan lapangan yang ditujukan untuk memperoleh informasi mengenai kondisi areal penelitian yang akan digunakan sebagai area contoh. Langkah selanjutnya adalah klasifikasi citra, yang terdiri dari kegiatan pemilihan area contoh (*training area*), klasifikasi terbimbing, evaluasi separabilitas dan akurasi.

Analisis Spasial

Teknik dan Prosedur Pengumpulan dan Pengolahan Data

Berdasarkan data jumlah penduduk, jumlah ternak, jumlah kendaraan bermotor dan jumlah industri per kelurahan Bogor, kebutuhan luas hutan kota dihitung dengan Metode Gerrakis.

Untuk mengetahui keseimbangan ruang tutupan hijau di Kota Bogor, selanjutnya dilakukan penghitungan selisih antara kebutuhan dan ketersediaan oksigen. Ketersediaan oksigen diperoleh dari pendugaan jumlah oksigen per satuan luas pada masing-masing tutupan lahan hijau yang diperoleh dari hasil klasifikasi.

Penentuan Luas Hutan Kota Menggunakan Metode Gerrakis

Rumus penentuan luas hutan kota dengan pendekatan kebutuhan oksigen (Gerakis, 1974 *dalam* Wisesa, 1988):

$$Lt = \frac{\left(A_t + B_t + C_t + D_t\right) gram / hr}{(54)\left(gram^{BK} / m^2\right) 0{,}9375\left(gramO_2 / gram\ BK\right)}$$

Keterangan :

L_t	=	Luas hutan kota pada tahun ke-t (m^2)
A_t	=	Jumlah kebutuhan oksigen bagi penduduk pada tahun ke-t
B_t	=	Jumlah kebutuhan oksigen bagi kendaraan bermotor pada tahun ke-t
C_t	=	Jumlah kebutuhan oksigen bagi hewan ternak pada tahun ke-t
D_t	=	Jumlah kebutuhan oksigen bagi industri pada tahun ke-t
54	=	Konstanta yang menyatakan bahwa 1m^2 luas lahan bervegetasi menghasilkan 54 gram berat kering (BK) tanaman per hari
0,9375	=	Konstanta yang menunjukkan bahwa 1 gram berat kering (BK)tanaman adalah setara dengan produksi oksigen 0,9375 gram.

Kebutuhan Oksigen

Tabel 1. Jumlah kebutuhan oksigen setiap konsumen oksigen

Konsumen	Kategori	Kebutuhan O_2 (kg/hari)[1]	Keterangan[2]
Penduduk		0,864	
Kendaraan Bermotor	Mobil Penumpang	11,63	Waktu operasi 3 jam/hari
	Mobil Beban	22,88	Waktu operasi 2 jam/hari
	Bus	2,77	Waktu operasi 3 jam/hari
	Sepeda Motor	0,58	Waktu operasi 1 jam/hari
Ternak	Kerbau dan Sapi	1,702	
	Kuda	1,854	
	Kambing dan Domba	0,314	
	Ayam	0,167	
Industri	Mesin Boiler dan Generator	529.41	Waktu aktif 8 jam/hari

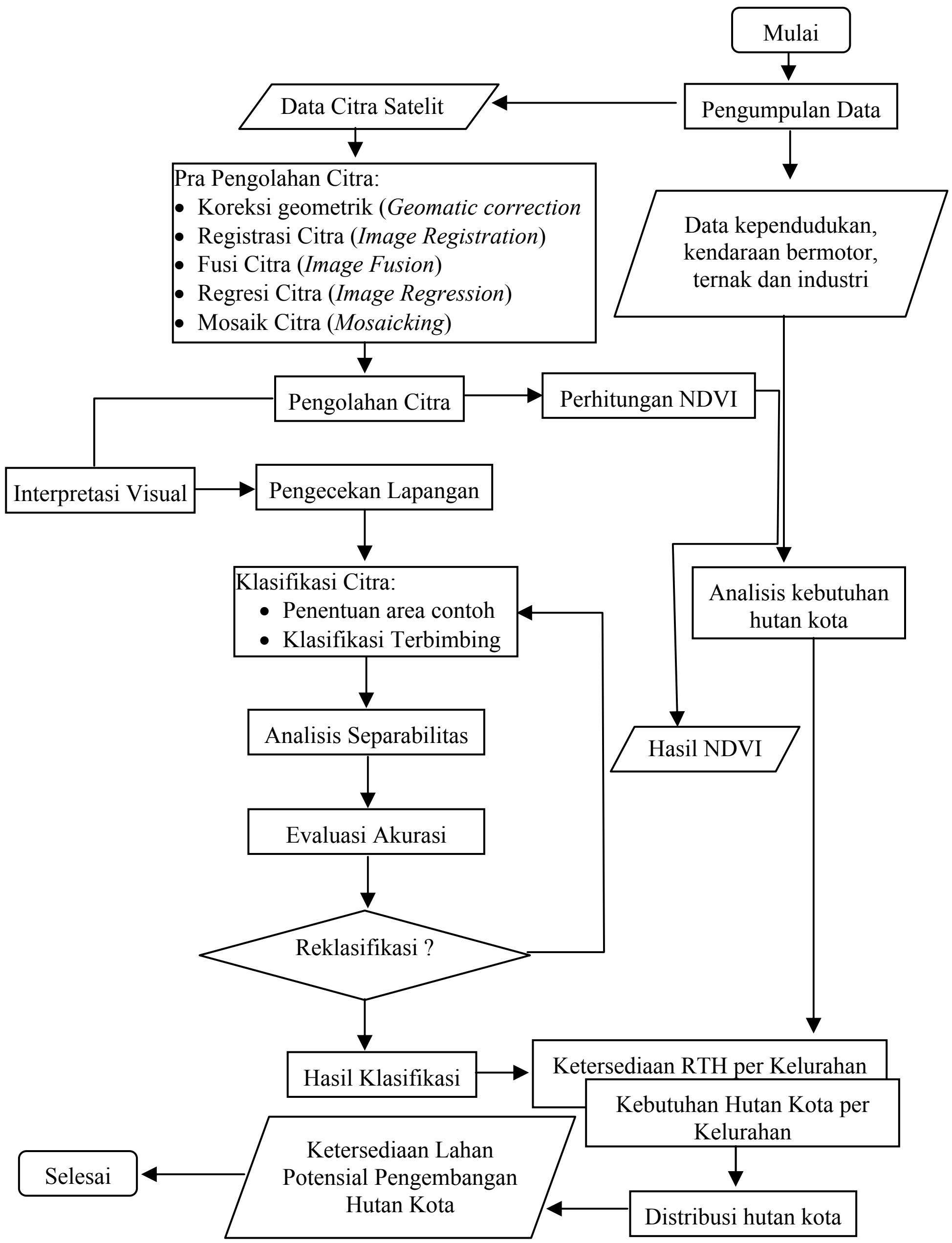
Keterangan : [1] 1 kg O_2 setara dengan 0.00144 liter O_2
[2] Menurut pengamatan Wisesa (1988)

Ketersediaan Oksigen

Menurut Bernatzky (1978) pohon dengan tinggi 25 m dan diameter tajuk 15 m, akan mempunyai luas tutupan tajuk 160 m^2 dan luas permukaan luar daun sebesar 1600 m^2, akan menghasilkan O_2 (output) sebanyak 1712 g. Dengan kata lain 1 Ha lahan hijau membutuhkan 900 kg CO_2 untuk melakukan fotosintesis selama 12 jam, dan pada waktu yang sama akan menghasilkan 600 kg O_2. Data tersebut selanjutnya digunakan untuk menduga ketersediaan oksigen yang dihasilkan oleh vegetasi.

Pemodelan Spasial Hutan Kota

Dari kebutuhan dan ketersediaan oksigen selanjutnya dilakukan analisis spasial terhadap keseimbangan antara kedua variabel tersebut. *Layer* yang diperoleh dari data tabular (kebutuhan oksigen) tersebut di*overlay* dengan *layer* tutupan vegetasi, *layer* batas administrasi, sungai dan *layer* jalan sehingga akan didapatkan informasi spasial mengenai kebutuhan hutan kota di kota Bogor.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Klasifikasi Citra

Berdasarkan hasil kegiatan pengecekan dan interpretasi visual diperoleh kelas-kelas penutupan, yaitu pemukiman, jalan, sungai, tanah kosong, kebun, rumput, pohon dan sawah, juga ditentukan kelas tambahan, yaitu awan dan bayangan awan. Secara umum, sebagian besar kelas mempunyai separabilitas yang tinggi, dengan nilai keterpisahan sempurna (TD = 2000). Sedangkan persentase ketepatan hasil klasifikasi cukup tinggi yang dapat dilihat dari nilai *Kappa accuracy* untuk citra SPOT adalah 96,66% dan 96,30% untuk citra IKONOS.

Kebutuhan Oksigen Kota Bogor

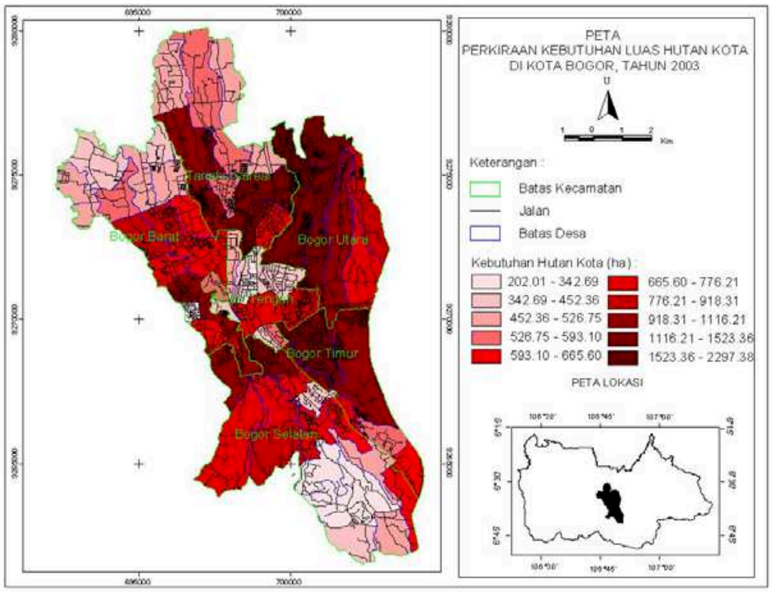
Jumlah kebutuhan oksigen Kota Bogor terus meningkat setiap tahunnya seiring dengan peningkatan jumlah penduduk, kendaraan bermotor, ternak, dan industri. Perkiraan seluruh kebutuhan oksigen Kota Bogor pada tahun 2003 adalah 2.599.052,08 kg/hari, yang mana dengan komponen yang paling mempengaruhi adalah kendaraan bermotor. Pada tahun 2005 total, kebutuhan oksigen meningkat menjadi 2.941.729,35 kg/ hari, tahun 2010 menjadi 4.139.170,12 kg/ hari, tahun 2015 menjadi 7.253.917,76 kg/ hari, dan tahun 2020 menjadi 28.669.511,14 kg/hari. Komponen yang paling mempengaruhi total kebutuhan oksigen dari tahun 2003 sampai dengan tahun 2015 adalah kendaraan bermotor, namun pada tahun 2020, hewan ternak merupakan komponen yang paling mempengaruhi. Hal tersebut dipengaruhi oleh estimasi jumlah hewan ternak yang meningkat pesat pada tahun 2015 terutama di Kecamatan Bogor Barat.

Kebutuhan Hutan Kota di Kota Bogor

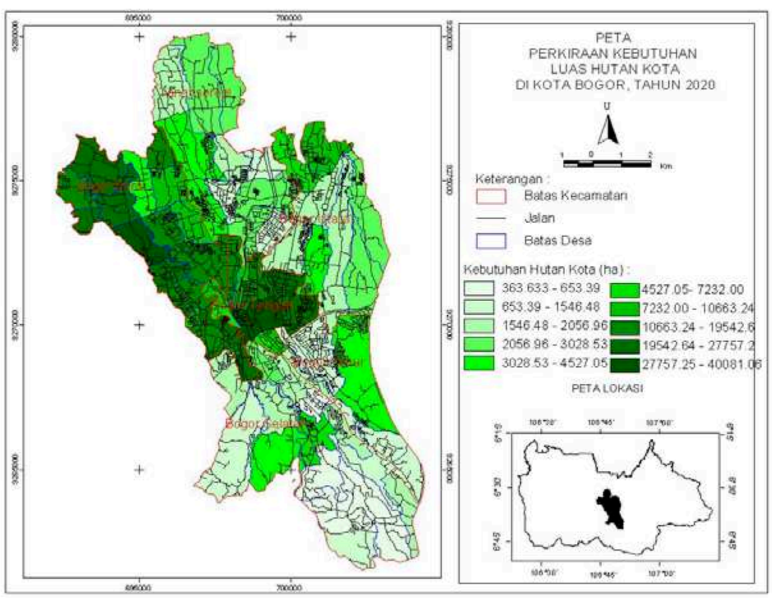
Hasil analisis data menghasilkan area luas hutan kota yang dibutuhkan di kota Bogor pada tahun 2003 adalah sebanyak 51.339,30 ha. Kebutuhan hutan kota semakin meningkat sesuai dengan peningkatan kebutuhan oksigen. Pada tahun 2005, kebutuhan hutan kota seluas 477,538 ha, tahun 2010 seluas 81.418,267 ha, tahun 2015 seluas 143.270,418 ha dan tahun 2020 seluas 571.191 ha. Kebutuhan hutan kota pada tahun 2020 semakin meningkat terutama di Kecamatan Bogor Tengah seluas 182.269,35 ha, dan Kecamatan Bogor Barat dengan luas kebutuhan hutan kota 289.129,82 ha. Perkiraan spasial kebutuhan luas hutan kota di Kota Bogor pada tahun 2003 dan tahun 2020 disajikan secara berturut-turut pada Gambar 3 & 4.

Keseimbangan Ruang Terbuka Hijau Berdasarkan Pendugaan Ketersediaan Oksigen

Jumlah total kebutuhan oksigen kota Bogor, pada tahun 2003 adalah 2.599.052 kg/hari sedangkan jumlah oksigen total yang dihasilkan oleh RTH di kota Bogor pada tahun 2003 sebanyak 10.105.976.40 kg/hari. Ini berarti bahwa Kelas-kelas RTH yang diklasifikasikan dari citra SPOT dan IKONOS adalah pohon, sawah, rumput, dan kebun.



Gambar 3. Peta kebutuhan hutan kota di Kota Bogor tahun 2003



Gambar 4. Peta kebutuhan hutan kota di Kota Bogor tahun 2020

Adapun total luas RTH di kota Bogor, 4.214,771 ha. Asumsi yang digunakan adalah RTH yang akan memberikan kontribusi oksigen dengan kelurahan merupakan ekosistem tertutup. Dengan asumsi tidak terdapat perubahan pada RTH, maka jumlah total oksigen yang dihasilkan di kota Bogor masih mencukupi sampai dengan tahun 2015.

Kecamatan yang memiliki surplus RTH yang paling tinggi dalam hal ini mempunyai surplus oksigen yang tinggi pada tahun 2003 adalah Kecamatan Bogor Selatan, seluas 377,50 ha. Sedangkan kecamatan yang memiliki RTH yang paling kecil adalah Kecamatan Bogor Tengah, yaitu seluas 4,2 ha. Hal ini disebabkan Kecamatan Bogor Tengah terletak di pusat kota, sehingga ketersediaan RTH sangat kecil karena telah dikonversi menjadi lahan pemukiman, pusat perbelanjaan, dan fasilitas lain yang mendukung aktivitas penduduk. Pada tahun 2020 diperkirakan kebutuhan RTH tidak akan cukup jika tidak ada tindakan penghijauan. Kecamatan yang memiliki keseimbangan RTH yang sangat kecil pada tahun 2020 adalah Kecamatan Bogor Barat yaitu seluas -2111,501 ha dan Kecamatan Bogor Tengah, seluas -1.486,494 ha. Sedangkan kecamatan yang masih memiliki keseimbangan RTH yang cukup luas pada tahun 2020 hanya Kecamatan Bogor Selatan, seluas 220,216 ha.

Keseimbangan Ruang Terbuka Hijau (RTH) masing-masing kelurahan berbeda-beda sesuai dengan ketersediaan dan kebutuhan oksigen desa tersebut. Selisih antara ketersediaan dan kebutuhan oksigen akan menghasilkan luas RTH yang dibutuhkan. Sedangkan bila terjadi kebutuhan oksigen lebih besar daripada ketersediaannya, maka akan terdapat gap antara kebutuhan dan ketersediaan oksigen. Seperti yang terdapat pada Kelurahan Batu Tulis, Sukasari, Babakan Pasar, dan kelurahan lain. Gambar 5 dan 6 grafik keseimbangan RTH disajikan pada Gambar 7 menunjukkan keseimbangan RTH tiap kecamatan pada tahun 2003 dan 2020.

Analisa Pengembangan Hutan Kota

Tingginya konsumsi oksigen kendaraan bermotor disebabkan oleh jumlah kebutuhan oksigen kendaraan bermotor terutama kendaraan beban dan kendaraan penumpang lebih besar daripada kebutuhan oksigen penduduk, walaupun jumlah penduduk lebih banyak daripada jumlah kendaraan bermotor. Padatnya kendaraan bemotor di kota Bogor juga merupakan faktor yang mempengaruhi tingginya kebutuhan oksigen kendaraan bermotor. Berdasarkan data yang diperoleh dari Dispenda Bogor, jumlah kendaraan bermotor dari tahun 1999 sampai dengan 2003, telah meningkat hingga hampir dua kali lipat. Selain konsumsi oksigen yang cukup tinggi, gas buang kendaraan bermotor seperti gas Karbondioksida (CO_2), gas Karbonmonoksida (CO), dan Timbal (Pb), sangat berbahaya bagi lingkungan dan kesehatan manusia. Pada Gambar 8a merupakan salah satu contoh keadaan yang menunjukkan padatnya kendaraan bermotor di kota Bogor.

Selain kendaraan bermotor, industri juga memiliki kontribusi yang besar sebagai konsumen oksigen. Kapasitas produksi industri yang cukup besar memerlukan bahan bakar yang banyak sehingga oksigen yang dibutuhkan juga semakin tinggi. Bila keadaan tersebut terus berlangsung, maka akan mengganggu kesehatan manusia dan keseimbangan lingkungan.