

APLIKASI PROGRAM ANALISIS CITYGREEN 5.4 UNTUK KAJIAN RUANG TERBUKA HIJAU (RTH) DAN MANFAAT LAYANAN TERUKUR EKOSISTEM KOTA BOGOR

Indung Sitti Fatimah¹, Aris Munandar², Naik Sinukaban³ dan Kholil⁴

¹*Mahasiswa Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, IPB*

²*Staf Pengajar Departemen Arsitektur Lanskap, Fakultas Pertanian, IPB*

³*Staf Pengajar Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, IPB*

⁴*Staf Pengajar Universitas Sahid*

ABSTRAK

Kualitas ekosistem kota dipengaruhi oleh ketersediaan kanopi pohon dalam RTH kota karena selain fungsi estetika dan visualnya, pohon mempunyai beberapa fungsi bio-ekologis yaitu modifikasi radiasi matahari, mengurangi kebisingan, penyaring dan penjerab polutan, pencegah erosi dan pengontrol laju limpasan permukaan; serta fungsi sosial ekonomi dan budaya. Walaupun demikian besarnya manfaat lahan bervegetasi, namun keberadaannya sulit dipertahankan saat dihadapkan pada konflik kepentingan alih fungsi lahan, dikarenakan masih minimnya pemahaman masyarakat dan pihak pengelola kota dalam menterjemahkan nilai ekonomi RTH kota, serta keterbatasan alat analisis (*tools*) yang mampu menterjemahkan sejumlah nilai manfaat tersebut ke dalam bentuk angka-angka nominal (nilai ekonomi) yang lebih mudah dipahami oleh semua pihak. Sebuah organisasi Non Profit US Forest mempelopori pendekatan *cost-benefit analysis* ini dengan mengembangkan sebuah program analisis berbasis GIS untuk menghitung manfaat ekonomi hutan kota secara spasial, dengan menggunakan bantuan perangkat lunak *software Arcview 3.2. ektensi CITYGreen 5.4*. Aplikasi program ini dilakukan dalam serangkaian penelitian di wilayah administratif kota Bogor. Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, maka penggunaan program aplikasi CITYGreen ini dapat digunakan untuk menganalisis potensi RTH untuk 4 manfaat, yaitu: potensi penyimpanan dan penyerapan Carbon, potensi reduksi limpasan permukaan, konservasi energi, *landcover breakdown* dan pemodelan pertumbuhan pohon. Hasil analisis berupa peta *landcover*, dan *analysis report* yang menyajikan: *site statistic, ecological benefits, dan economic benefit summary*/nilai nominal manfaat ekosistem untuk 4 kategori tersebut, yang diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan penyusunan kebijakan strategis pengelolaan RTH kota.

Kata kunci : *CityGreen, RTH, Ekosistem kota*

PENDAHULUAN

Perkembangan pembangunan kota sangat dipengaruhi oleh pertumbuhan penduduk yang dipicu oleh arus urbanisasi. Pembangunan kota untuk mengantisipasi kebutuhan akan perumahan, kawasan perdagangan dan berbagai infrastruktur kota memicu terjadinya konflik kepentingan yang berujung pada konversi lahan alami menjadi kawasan terbangun. Kondisi ini dihadapi oleh hampir semua kota besar di

Indonesia, tidak dipungkiri lagi bahwa pembangunan ber-dampak pada penurunan kualitas ekosistem kota. Kualitas dan kenyamanan lingkungan perkotaan dipengaruhi oleh ketersediaan dan keberadaan kanopi pohon, baik dalam bentuk hutan kota maupun RTH kota. Hal ini di-karenakan RTH kota mempunyai bermacam fungsi ekologis dalam memperbaiki kualitas lingkungan, yaitu dalam hal penyerapan karbon melalui proses fotosintesa, dan penjeraban polutan

Aplikasi Program Analisis Citygreen 5.4 Untuk Kajian Ruang(Indung Siti, dkk)

udara sehingga dapat meningkatkan kualitas udara, serta manfaatnya dalam memperlambat laju limpasan permukaan, dan ameliorasi iklim mikro perkotaan (Nurisjah, 1995).

Bogor sebagai salah satu kota penyangga ibukota tidak luput dari permasalahan ini. Penduduk kota Bogor yang pada tahun 2000 berjumlah 714.711 jiwa meningkat terus hingga mencapai 946.204 jiwa pada tahun 2009. dengan laju pertumbuhan 3.18% per tahun (BPS Kota Bogor, 2010). Data penggunaan lahan menunjukkan laju pe-nurunan luas RTH kota Perubahan penggunaan lahan yang semula sebagai daerah resapan air menjadi bangunan pertokoan, rumah, jalan dan mal-mal, telah berdampak pada meningkatnya volume limpasan permukaan (runoff) sehingga sering melampaui kemampuan tanah untuk menyerap dan mengalirkan air.

Kota Bogor tumbuh dan berkembang sebagai kota pemukiman yang nyaman bagi para pekerja kommuter dari Jakarta, dan sekaligus sebagai kota pendidikan dan kota wisata, yang dari waktu ke waktu terus mengalami perubahan penutupan lahan yang menurunkan luasan hutan secara signifikan, dari 2.927.54ha pada tahun 1972, menjadi hanya 187,15 ha pada tahun 2005. sebaliknya luas area permukiman terus bertambah, dimana pada tahun 1972 hanya seluas 1.464.84ha, pada tahun 2005 sudah mencapai 5.068,25 ha (Suryadi, 2008). Disamping kemajuan dalam hal pembangunan infra-struktur yang pesat, Bogor juga dihadapkan pada masalah degradasi kualitas lingkungan dan kenyamanan di lingkungan perkotaan. Untuk mewujudkan pembangunan kota yang berkelanjutan, sudah seharusnya kebijakan penataan ruang tetap berpedoman pada tercapainya keseimbangan antara ruang terbangun dan RTH kotanya. Dalam rangka pelaksanaan Undang-Undang No 26/2007 tentang

Penataan Ruang, Pemerintah Kota Bogor mencanangkan pencapaiannya pada tahun 2030..

Pemahaman pengelola kota maupun pihak *stakeholders* dan masyarakat terhadap nilai manfaat sistem alami RTH kota, merupakan kelemahan yang mendukung alih fungsi lahan terus berjalan. Dalam hal ini terdapat kesenjangan yang harus diatasi terutama terkait pemahaman yang benar akan potensi yang terkandung dalam RTH kota. Hingga saat ini dirasa adanya keterbatasan *tools/* alat untuk menilai manfaat RTH dan mengkomunikasikan ‘nilai/ potensi’ RTH kota tersebut dengan cara yang mudah dipahami oleh pihak pengelola maupun *stakeholders*, dikarenakan metode valuasi ekonomi yang pada umumnya rumit, sehingga sulit dipahami oleh masyarakat. Oleh karena itu sangatlah diperlukan penjelasan dan sosialisasi terus menerus tentang manfaat sistem alami kota tersebut dengan media yang lebih mudah dipahami.

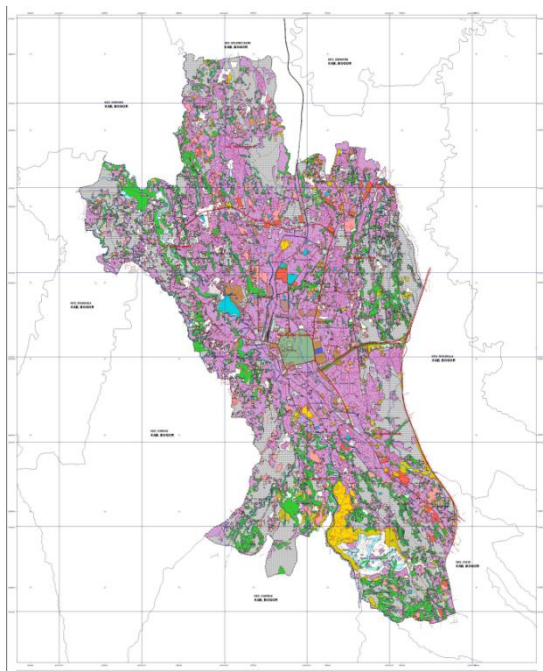
Perkembangan teknologi Sistem Informasi Geografis (GIS) telah demikian pesat dan memungkinkan dilakukannya kajian spasial dengan cara yang lebih mudah dilakukan (Prahasta, 2002). Kajian ini dikembangkan melalui pendugaan manfaat kanopi pohon dan RTH kota melalui teknik GIS, dengan program aplikasi CITYGreen 5.4, yang merupakan ekstensi dari Arcview 3.2. Kemampuan utamanya adalah untuk menghitung dan menganalisis potensi ekonomi yang terkandung pada sistem alami, termasuk RTH kota. Hasil analisisnya berupa peta tutupan lahan yang relatif *simple*, serta *report analisis* dalam bentuk angka-angka nominal dalam \$US, yang kemudian bisa dikonversi ke dalam mata uang Rupiah. Hasil analisis yang sudah berupa nilai nominal (valuasi ekonomi) ini dapat digunakan sebagai dasar dalam menyusun kebijakan strategis perbaikan ekosistem kota untuk pembangunan kota yang

berkelanjutan. Tujuan umum dari penelitian ini adalah mengaplikasikan perangkat lunak CITYGreen 5.4 untuk menganalisis potensi RTH Kota Bogor, sehingga dapat memberikan gambaran kepada pemerintah Kota Bogor tentang pentingnya menjaga RTH kota sebagai aset berharga. Dan meningkatkan pemahaman masyarakat umum tentang pentingnya menjaga dan melestarikan keberadaan RTH kota, dengan media yang lebih mudah dipahami.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di wilayah administratif Kotamadya Bogor, didahului dengan pra penelitian mulai bulan September-Desember 2009. Dilanjutkan dengan tahap penelitian dan *groundcheck*, bulan Januari hingga Desember 2010.



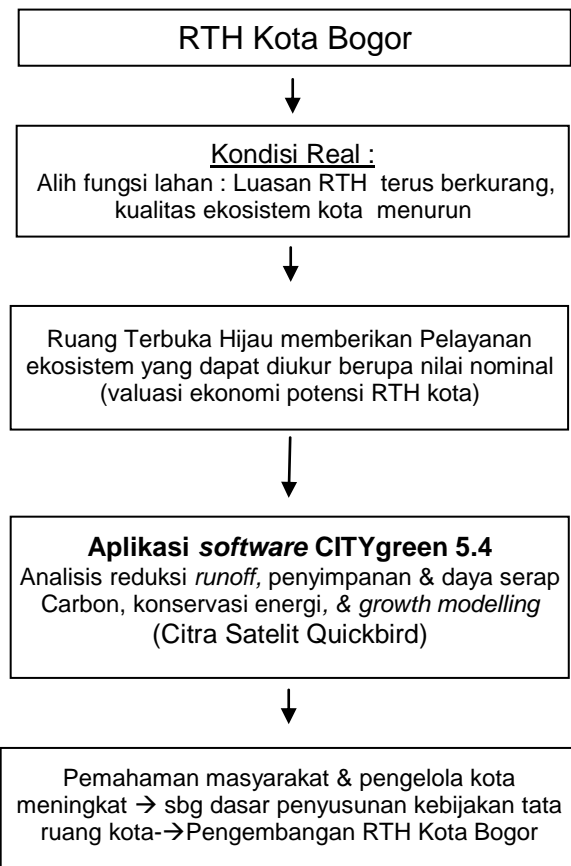
Gambar 1. Peta una Lahan Kota Bogor 2005

Alat dan Data

Penelitian ini membutuhkan data dasar berupa peta spasial kawasan, yaitu Citra Satelit Quickbird kota Bogor tahun 2006 serta peta penggunaan lahan kota

Bogor (sumber P4W IPB), serta beberapa alat berupa *hardware* dan *software*: seperangkat komputer dan notebook, software ArcView 3.2. *Ekstensi CITYGreen 5.4., Xtool, Image analyst, dan spatial analyst*, kamera digital; Data sekunder/data seri dari hasil penelitian terdahulu terkait RTH kota Bogor.

Kerangka Pikir Penelitian



Gambar 2. Kerangka Pikir Penelitian

Tahapan Penelitian

Aplikasi perangkat lunak CITYGreen 5.4 ini cukup mudah dilakukan, karena pada dasarnya merupakan ekstensi dari ArcView 3.2 Analisisnya menggunakan teknik GIS. Tahapannya adalah sbb:

1. Pengumpulan dan Klasifikasi Data

Pengambilan data secara primer dilakukan melalui kegiatan survey dan observasi lapangan, serta *ground check*

Aplikasi Program Analisis Citygreen 5.4 Untuk Kajian Ruang(Indung Siti, dkk)

terhadap kondisi existing. Pengambilan data sekunder dilakukan berdasar studi literatur dan *desk study* penelitian terkait RTH. Pengambilan data penelitian dilakukan melalui delineasi area penutupan lahan oleh kanopi pohon pada lokasi penelitian, pada citra satelit *Quick Bird* Kota Bogor 2006. Dengan diketahui luasan penutupan oleh kanopi pohon, dapat diprediksikan komposisi *landcover*nya.

Pengecekan lapangan diperlukan untuk akurasi data luasan dan jenis penutupan lahan, dan bentuk kanopi pohon. Pengecekan dilakukan dengan metode *sampling* berdasarkan kerapatan tutupan lahan, dengan cara mengambil gambar/foto area sample, dan kemudian klarifikasi lokasi melalui bantuan *Google Earth*.

2. Input data Atribut & Analisis / Pendugaan Manfaat Kanopi Pohon/ RTH kota

Analisis data secara spasial menggunakan perangkat lunak *GIS* (*ArcView*, *extensi CITYGreen 5.4*). Yaitu dengan melakukan digitasi 3 theme pada perangkat lunak *ArcView*: 1) *Theme Batas/ batas tapak* yang dianalisis, 2) *theme Canopy*: yaitu batas spasial kanopi pohon (yang berdiameter >4m), dan 3) *theme NonCanopy*: berisi informasi spasial lahan terbangun, badan air dan ruang terbuka non hijau.



Gambar 3. Contoh digitasi: (a) theme canopy dan (b) theme non canopy

a). Analisis Penyimpanan dan penyerapan Carbon. Model pendugaan Carbon ini memprediksi potensi berdasarkan distribusi umur pohon pada area kajian berdasarkan data atribut diameter pohon. Untuk masing-masing umur pohon ada koefisien penyerapan dan penyimpanan Carbonnya. Potensi diperoleh dari hasil perkalian prosentase penutupan kanopi pada luas area kajian, dengan faktor pengali (koefisien penyimpanan/penyerapan). Program ini memprediksi kapasitas penyerapan tahunan, dan penyimpanan karbon eksisting dalam satuan TON.

Adapun rumusan dalam menghitung dan memperkirakan penyimpanan karbon serta daya serap karbon berdasarkan *User Manual CityGreen 5.4*:

- *CITYgreen 5.4* dalam memperkirakan penyimpanan karbon, menggunakan rumus:
- **Karbon Tersimpan = A x % x B**
Keterangan: A=Area kajian (acres)
% = Persen penutupan pohon
B=Koefisien penyimpanan karbon (berdasarkan tipe distribusi pohon)
- *CITYgreen 5.4* dalam memperkirakan penyerapan karbon, menggunakan rumus:

• **Tingkat daya serap karbon tahunan**
 $= A \times \% \times C$

Keterangan: A=Area kajian (acres)
 %=Persen penutupan
 pohon
 C=Koefisien daya serap
 karbon (berdasarkan
 tipe distribusi pohon)

b) Analisis Kapasitas reduksi limpasan permukaan

Model *stormwater analysis* ini dikembangkan oleh *Natural Resources Conservation Services USDA*. CITYGreen menghitung volume limpasan permukaan berdasarkan data hujan tahunan (2 tahun), prosentase penutupan lahan, *slope*, *Hidrologic soil group (HSG)*, berapa nilai manfaat pohon dalam mereduksi limpasan, waktu konsentrasi dan laju aliran puncak. Model ini mengacu pada Model Hidrologi TR-55, yang merupakan alat penting dalam perencanaan ZONASI. Hasil analisis berupa volume limpasan dan nilai finansial yang dihubungkan dengan penyerapan kelebihan air limpasan akibat perubahan pola penutupan lahan, dengan acuan *Curve Number (CN)*.

Spesifikasi Area Studi

CITYgreen membutuhkan informasi yang spesifik mengenai area studi yang akan dikaji. Terdapat dua metode dalam pengisian informasi wilayah studi, yaitu :

1. Study Area Preferences

Tool ini terdapat pada menu CITYgreen – *Analyze Data*. Digunakan setelah tema *canopy* dan *noncanopy* ter-update datanya dan sudah terkonfigurasi oleh CITYgreen. Metode ini digunakan untuk area studi yang lebih spesifik (*local area*) (CITYgreen *Manual User* 2003). Caranya adalah dengan meng-*edit* data tabel dari tema area studi yang telah dibuat, lalu tambahkan kolom baru sesuai data yang dibutuhkan. Khusus untuk

analisis aliran permukaan (*runoff*), data tambahan yang dibutuhkan antara lain :

a. Hidrologic Soil Group

CITYgreen membutuhkan informasi mengenai daya infiltrasi tanah pada area studi. Adapun pengaturan awal pilihan pada CITYgreen berdasarkan pengelompokan jenis tanah, yaitu:

- A *Very pervious*
- B *Somewhat pervious*
- C *Somewhat impervious*
- D *Very impervious*

b. Slope

Kemiringan lereng suatu areal tertentu akan sangat mempengaruhi kondisi aliran permukaan yang terjadi. Semakin curam lereng, semakin besar *runoff* dan kemungkinan terjadi erosi juga semakin besar.

c. Rainfall Region

Distribusi curah hujan dikelompokkan berdasarkan besar kecilnya curah hujan di suatu area. Dalam CITYgreen pengaturan awal telah ditetapkan pilihan *rainfall region* berdasarkan *USDA Natural Resources Conservation Service*.

d. Precipitation

Besarnya intensitas curah hujan dimasukkan dalam bentuk angka (menggunakan satuan inci). Data curah hujan yang dibutuhkan adalah rata-rata per hari dalam kurun waktu 2 tahun terakhir.

e. Construction Cost

CITYgreen membutuhkan data tentang besarnya biaya yang diperlukan dalam konstruksi pembuatan kanal (parit), Biaya konstruksi ini kemudian akan dibandingkan nilainya dengan

nilai manfaat ekonomi dari RTH yang ada, sehingga akan terlihat berapa besarnya biaya yang dapat dihemat.

c) Analisis Konservasi Energi

CITYGreen dapat menduga pengaruh warna material atap (hitam, abu-2 tua, abu-2 muda dan putih) terhadap potensi penghematan energi, terkait dengan nilai albedo dan daya reflektansinya terhadap cahaya matahari yang diterima dan pengaruhnya terhadap suhu udara dalam bangunan, serta potensi penghematan penggunaan AC.

Penelitian konservasi energi dan emisi karbon yang dilakukan oleh USDA bagian kehutanan telah menunjukkan bahwa pepohonan yang ditanam secara strategis untuk menaungi perumahan dapat mengurangi tagihan biaya listrik rumah tangga.

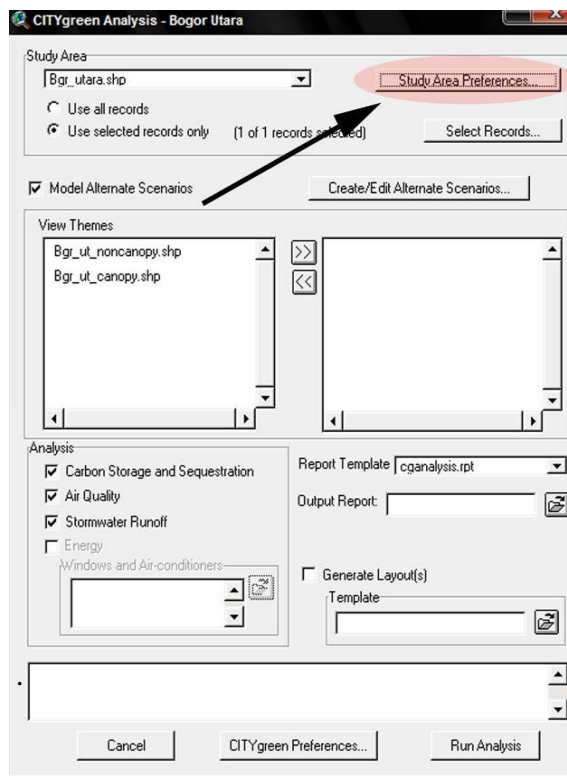
d). Analisis Landcover breakdown

CITYGreen menganalisis landcover untuk masing-masing area kajian berdasarkan pada perbedaan penutupan lahan (permukaan kedap air, kanopi pohon, ruang terbuka). Masing-masing akan diperinci dalam laporan analisis dalam angka luasan aktual (hektar) serta persentasenya terhadap luas total wilayah yang menjadi area kajian. Rincian jenis landcover ini akan sangat bermanfaat bagi masyarakat dalam membuat skenario pemanfaatan lahan perkotaan mengacu pada manfaat ekonomi dan manfaat ekologi pohon.

3. Rekomendasi Kebijakan

Setelah diperoleh hasil analisis CITYGreen, tahap selanjutnya adalah analisis SWOT dengan tujuan untuk mendapatkan strategi pemecahan masalah atas kendala yang dihadapi terkait kebijakan pengelolaan RTH kota Bogor. Analisis ini dilakukan dalam dua tahapan, yaitu: 1) Analisis Internal : meliputi

komponen kekuatan dan kelemahan dan 2) Analisis Eksternal: meliputi komponen peluang dan tantangan/ancaman pengembangan luasan RTH Bogor.



Gambar 4 . Tampilan Study Area Preferences

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Umum Kota Bogor

- Kota Bogor merupakan satu ekosistem kota yang terdiri atas kawasan pemukiman, perkantoran dan perdagangan, industri, kebun, sawah, hutan kota, ruang terbuka hijau, situ dan sungai. Luas Kota Bogor adalah sebesar 11.850 ha atau 11,85 km²
- Bogor terletak sekitar 60 km arah Selatan Jakarta. Letak Geografis : 106⁰ 48' Bujur Timur dan 60⁰ 36' Lintang Selatan
- Klimatologi : Curah hujan rata-rata sebesar 3000 mm – 4000 mm /tahun, suhu rata-rata 27°C, dengan kelembaban udara rata-rata 70%
- Topografi : 0%-2% (Datar) seluas 1.763,94 ha; 2%-15% (Landai) seluas

Aplikasi Program Analisis Citygreen 5.4 Untuk Kajian Ruang(Indung Siti, dkk)

8.092,89 ha; 15%-25% (Agak Curam) seluas 1.109,89 ha; 25%-40% (Curam) seluas 764,96 ha; > 40% (Sangat Curam) seluas 119,94 ha

- Geologi : Secara umum Kota Bogor ditutupi oleh batuan vulkanik yang berasal dari endapan (batuan sedimen) dua gunung berapi, yaitu Gunung Pangrango (berupa batuan breksi tupaan) dan Gunung Salak (berupa alluvium dan kipas alluvium)
- Hidrologi : Sungai utama yang mengalir di Kota Bogor terdiri dari Sungai Ciliwung dan sungai Cisadane

Kondisi RTH kota dan Layanan Terukur Ekosistem Kota

Dari serangkaian kegiatan penelitian ini dapat diperoleh gambaran kondisi ekosistem kota Bogor saat ini. Untuk dapat menilai kapasitas jasa lingkungan ekosistem kota diperlukan suatu perangkat pendugaan dan analisis dengan mengacu pada 3 (tiga) indikator yang digunakan sebagai parameter penilaian , yaitu: kapasitas reduksi limpasan permukaan, kapasitas penjeap dan penyerapan Carbon dan Potensi penghematan energi.

Tabel 1. Penggunaan lahan Kota Bogor

No	Jenis Pemanfaatan Lahan	Real 2005 (Citra 2005 Adapt RTRW 99)	Rencana 2009 (Buku RTRW 99)
1	Danau / Situ	46,64	342,07
2	Fasilitas Kesehatan	8,35	27,67
3	Fasilitas Pendidikan	150,12	178,11
4	Fasilitas Peribadatan	4,98	9,58
5	Gardu Induk	5,77	
6	Hutan Kota / Kebun Raya	182,09	141,45
7	Industri	121,46	167,36
8	Kolam Oksidasi	55,11	1,50
9	Komplek Militer	57,32	
10	Pasar	13,06	
11	Perdagangan dan Jasa	56,41	437,41
12	Pergudangan		
13	Perkantoran / Pemerintahan	62,69	90,27

14	Permukiman	4.739,40	8.526,53
15	Pertanian / Kebun Campuran	3.165,09	284,51
16	RPH / Pasar Hewan	0,57	10,00
17	Ruang Terbuka Hijau	1.803,58	
18	Stasiun KA	7,43	7,60
19	Sub Terminal & Term Regional	2,95	31,00
20	Taman / Lap. Olahraga / Jalur	857,76	342,33
21	TPU / Kuburan	130,63	305,96

Sumber data : Bappeda Kota Bogor (2007)

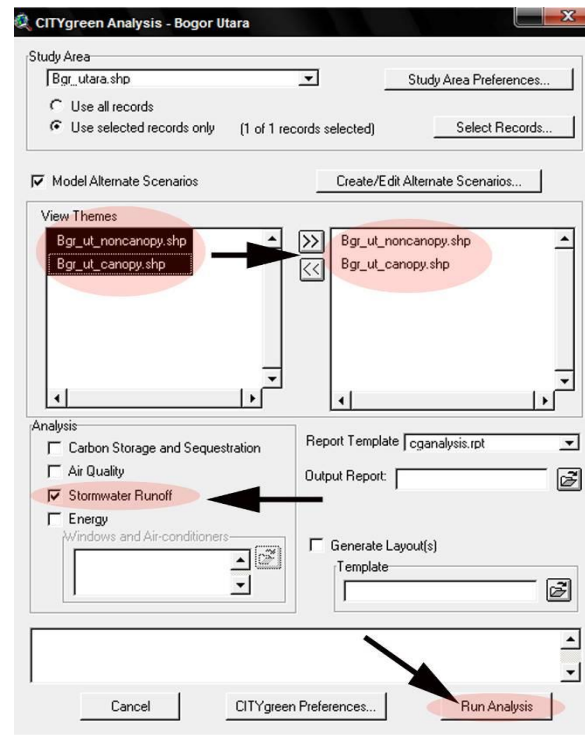
A. Statistik Tapak

1. Area analisis : Kota Bogor

Luas Area : 45,75 mil² = 11.850,00 a

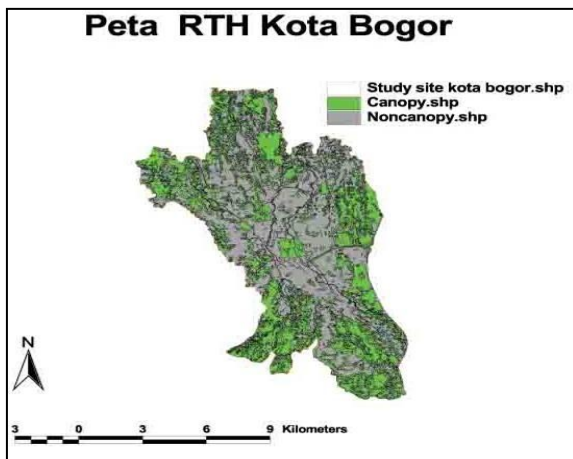
Distribusi Jenis Penutupan Lahan :

- Lahan Perkotaan : 48% (5.807,70 ha)
- Lahan Kedap Air : 28% (3.361,11 ha)
- Kanopi Pohon : 17% (2.005,21 ha)
- Ruang Terbuka/Semak: 5% (551,99 ha)
- Badan Air : 2% (220,63 ha)




Gambar 5. Tampilan Akhir Run Analysis

Aplikasi Program Analisis Citygreen 5.4 Untuk Kajian Ruang(Indung Siti, dkk)




Dari hasil analisis menggunakan Arcview 3.2 dan ekstensi CITYgree 5.4 diperoleh hasil sebagai berikut :

Gambar 6. Hasil Analisis Sebaran RTH Bogor



Analysis Report



Site Statistics

<p>Analysis Area: Kota Bogor</p> <p>Scenario: Current Conditions</p> <p>Area: 45.75 sq. miles 29,280.95 acres 11,850.00 hectares</p>	<p>Landcover Distribution:</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>8% Cropland</td><td style="text-align: right;">2,436.41</td></tr> <tr><td>28% Impervious</td><td style="text-align: right;">8,305.41</td></tr> <tr><td>18% Open Space/Pasture/Meadow</td><td style="text-align: right;">5,219.66</td></tr> <tr><td>5% Shrubs</td><td style="text-align: right;">1,364.36</td></tr> <tr><td>17% Tree Canopy</td><td style="text-align: right;">4,954.95</td></tr> <tr><td>49% Urban Land Use</td><td style="text-align: right;">14,351.74</td></tr> <tr><td>2% Water</td><td style="text-align: right;">545.20</td></tr> </table>	8% Cropland	2,436.41	28% Impervious	8,305.41	18% Open Space/Pasture/Meadow	5,219.66	5% Shrubs	1,364.36	17% Tree Canopy	4,954.95	49% Urban Land Use	14,351.74	2% Water	545.20
8% Cropland	2,436.41														
28% Impervious	8,305.41														
18% Open Space/Pasture/Meadow	5,219.66														
5% Shrubs	1,364.36														
17% Tree Canopy	4,954.95														
49% Urban Land Use	14,351.74														
2% Water	545.20														

Ecological Benefits

<p>Air Pollution Removal</p> <p>Air Quality Reference City: Atlanta</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th style="text-align: right;">lbs Removed</th> <th style="text-align: right;">Dollar Value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Ozone:</td><td style="text-align: right;">199,437</td><td style="text-align: right;">\$612,035</td></tr> <tr><td>Sulfur Dioxide:</td><td style="text-align: right;">32,158</td><td style="text-align: right;">\$24,180</td></tr> <tr><td>Nitrogen Dioxide:</td><td style="text-align: right;">66,149</td><td style="text-align: right;">\$203,004</td></tr> <tr><td>Particulate Matter:</td><td style="text-align: right;">159,698</td><td style="text-align: right;">\$327,274</td></tr> <tr><td>Carbon Monoxide:</td><td style="text-align: right;">13,676</td><td style="text-align: right;">\$5,946</td></tr> <tr><td>Total:</td><td style="text-align: right;">471,117</td><td style="text-align: right;">\$1,172,440</td></tr> </tbody> </table>		lbs Removed	Dollar Value	Ozone:	199,437	\$612,035	Sulfur Dioxide:	32,158	\$24,180	Nitrogen Dioxide:	66,149	\$203,004	Particulate Matter:	159,698	\$327,274	Carbon Monoxide:	13,676	\$5,946	Total:	471,117	\$1,172,440	<p>Carbon Storage and Sequestration</p> <p>Age Distribution of Trees: Even Mix</p> <p>Carbon Storage: 267,220 tons</p> <p>Carbon Sequestration: 758 tons/year</p> <p>Stormwater Control</p> <p>Average 2-yr, 24-hour Rainfall: 3.50 in.</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th style="text-align: right;">Current</th> <th style="text-align: right;">w/o trees*</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Curve Number:</td><td style="text-align: right;">81.00</td><td style="text-align: right;">84.00</td></tr> <tr><td>Runoff (in.):</td><td style="text-align: right;">1.71</td><td style="text-align: right;">1.94</td></tr> <tr><td>Storage volume needed to mitigate the change in peak flow:</td><td style="text-align: right;">4,446,664.79</td><td style="text-align: right;">cu. ft.</td></tr> <tr><td>Construction cost:</td><td style="text-align: right;">\$2.00</td><td style="text-align: right;">per cu. ft.</td></tr> <tr><td>Total</td><td colspan="2" style="text-align: right;">\$48,893,329.59</td></tr> </tbody> </table> <p><small>*Replaced by default landcover: Impervious Surfaces: Buildings/ structures: All other buildings</small></p>		Current	w/o trees*	Curve Number:	81.00	84.00	Runoff (in.):	1.71	1.94	Storage volume needed to mitigate the change in peak flow:	4,446,664.79	cu. ft.	Construction cost:	\$2.00	per cu. ft.	Total	\$48,893,329.59	
	lbs Removed	Dollar Value																																						
Ozone:	199,437	\$612,035																																						
Sulfur Dioxide:	32,158	\$24,180																																						
Nitrogen Dioxide:	66,149	\$203,004																																						
Particulate Matter:	159,698	\$327,274																																						
Carbon Monoxide:	13,676	\$5,946																																						
Total:	471,117	\$1,172,440																																						
	Current	w/o trees*																																						
Curve Number:	81.00	84.00																																						
Runoff (in.):	1.71	1.94																																						
Storage volume needed to mitigate the change in peak flow:	4,446,664.79	cu. ft.																																						
Construction cost:	\$2.00	per cu. ft.																																						
Total	\$48,893,329.59																																							

Residential Cooling Effects

<p>Average Annual Cooling Cost per Home: \$0.00</p> <p>Number of Homes: 0</p> <p>Savings from Trees: \$0.00</p> <p>Savings from Roofs: \$0.00</p> <p>Total Savings: \$0.00</p> <p>Savings per Home: \$0.00</p> <p>Kilowatt-hours Saved: 0.00</p> <p>KWHs Saved per Home: 0.00</p> <p>Carbon Generation Avoided: 0.00 lbs.</p> <p>Carbon Generation Avoided per Home: 0.00 lbs.</p>	<p>Economic Benefit Summary</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Annual Air Pollution Removal Savings:</td><td style="text-align: right;">\$1,172,440</td></tr> <tr><td>Annual Energy Savings:</td><td style="text-align: right;">\$0</td></tr> <tr><td>Annual Stormwater Savings*:</td><td style="text-align: right;">\$4,262,743</td></tr> <tr><td>Total Annual Savings:</td><td style="text-align: right;">\$5,435,183</td></tr> </table> <p><small>*Annual Stormwater savings is based on financing over 20 years at 6%</small></p>	Annual Air Pollution Removal Savings:	\$1,172,440	Annual Energy Savings:	\$0	Annual Stormwater Savings*:	\$4,262,743	Total Annual Savings:	\$5,435,183
Annual Air Pollution Removal Savings:	\$1,172,440								
Annual Energy Savings:	\$0								
Annual Stormwater Savings*:	\$4,262,743								
Total Annual Savings:	\$5,435,183								

Page 1 of 1

B. Manfaat Ekologi

1. Polusi Udara yang dapat diserap oleh keberadaan Kanopi pohon adalah:

Carbon Monoxide : 6.203 kg; senilai \$5,946 (setara dengan Rp 57.081.600,-)

Sulfur Dioxide : 14.599 kg; senilai \$24,180 setara dengan Rp 232.128.000,-

Nitrogen Dioxide : 14,587 kg; senilai \$203,004 setara dengan Rp 1.948.838.400,-

Ozone : 90.463 kg, senilai \$612,035 (setara dengan Rp 5.875.536.000,-)

Particulate Matter : 72.438 kg; senilai \$327,274 setara dengan Rp 3.141.830.400,-

Total partikel pencemaran udara yang dapat ditangkap adalah: 213.949 kg dengan nilai finansial sebesar = \$1,172,440 setara dengan Rp 11.255.040.000,- Secara total kualitas udara kota Bogor masih berada dalam ambang batas aman, menurut uji kualitas udara tahun 2007.

Data hasil uji kualitas udara dengan parameter SO_x, NO_x, Ozon, Debu, Pb, HC, H₂S dan NH₃, masih memenuhi baku mutu udara hanya pada parameter debu, pada beberapa titik uji melebihi ambang batas. (titik pertigaan Jembatan Merah, Warung Jambu dan Tugu Kujang). Hal ini diduga disebabkan oleh beberapa faktor antara lain padatnya arus kendaraan, kurangnya vegetasi/pohon sebagai penjerab polutan, dan kondisi kemacetan yang hampir selalu terjadi pada jam sibuk. (Dahlan, 2004)

Jika dibandingkan antara jumlah polutan yang dihasilkan dengan kemampuan penyerapan oleh RTH kota, maka Untuk Ozone, SO₂ dan CO₂ kemampuan penyerapan sudah melebihi konsentrasi polutan yang ada, Namun untuk polutan NO₂ dimana jumlah yang dihasilkan sebesar 52.377ton/tahun dan kapasitas penyerabannya baru sebesar

14.587ton/tahun, sehingga masih ada 37.790ton/tahun yang belum terjerap. Demikian juga untuk partikulat matter (termasuk Pb), konsentrasi di udara 101.84 ton/tahun, sedangkan kapasitas penyerabannya 72.438 ton/tahun, sehingga masih ada 29.402 ton/tahun yang belum terjerap. Kondisi ini bisa menjadi masukan pihak pengelola kota agar pada saat kegiatan *replanting* bisa diusulkan penanaman jenis pohon yang mempunyai kapasitas penyerapan (daya rosot terhadap polutan) yang tinggi atau sangat tinggi terhadap NO₂ dan Pb.

2. Kapasitas Penyerapan Carbon

Hasil analisis skala kota tercatat potensi Karbon tersimpan sebesar : 267.220 ton dan kapasitas Penyerapan Karbon sebesar : 758 ton/tahun (kondisi distribusi umur pohon secara umum hampir Merata). Pada tapak jalan utama kota yaitu Jalan Pajajaran, kerapatan pohon tidak merata, terutama pada ruas jalan menuju warung jambu, kondisi sebagian besar pohon sudah cukup tua, sehingga daya rosot karbonnya semakin rendah.

3. Kapasitas Reduksi Limpasan Permukaan

- Kota Bogor mempunyai rata-rata curah hujan harian (dua tahunan/24 jam) sebesar : 3,5 inch, type rainfall termasuk type III (cukup tinggi), dan kelas hidrologic soil groups adalah type B (*some what pervious*)
- Hasil analisis adalah sbb: Koefisien Runoff sebesar 81,00 (pada kondisi dengan RTH) dan sebesar 84,00 (pada kondisi tanpa RTH)
- Volume Limpasan Permukaan : 1,71 in (kondisi dengan RTH) dan 1,94 in (kondisi tanpa RTH)
- Total volume konstruksi dinding penahan yang digunakan untuk mitigasi bencana adalah 4.446.664,79 (cu.ft) → Asumsi Biaya adalah sebesar : \$ 2.00

per cu.ft, sehingga biaya total adalah sebesar : \$ 48.893.329,59

C. Rangkuman Manfaat Ekonomi

Dengan diperolehnya hasil analisis di atas, maka manfaat ekonomi dari layanan ekosistem terukur kota Bogor adalah : (Kurs 1 \$ = Rp 9.600,-)

- Penghematan dari penyerapan polusi udara Tahunan: \$1,172,440 (Rp11.255.040.000,-)
 - Penghematan limpasan permukaan tahunan : \$4.262.743 (Rp 40.922.332.280,-)
 - Total Penghematan Tahunan : \$5.435.183 (Rp 52.177.756.800,-)
- Nilai manfaat layanan terukur ekosistem kota Bogor adalah sebesar \$5.435.183 (setara Rp. 52 milyar), dimana porsi terbesar adalah pada manfaat dari kapasitas reduksi limpasan permukaan (runoff), dan ini sangat besar peranannya dalam usaha pengelolaan air hujan (*stormwater runoff management*).

Perbedaan kerapatan kanopi pohon pada masing-2 unit analisis diduga berpengaruh terhadap nilai manfaat yang diperoleh. Tutupan kanopi pohon secara ekologis dapat berperan dalam mengendalikan laju perkolasi dan memperkecil volume limpasan permukaan. Hal ini karena keberadaan pohon dapat mengintersepsi air hujan dan mereduksi limpasan permukaan (run off) melalui tajuk, dahan dan daun sebelum air hujan turun ke permukaan tanah. Mekanisme ini yang bermanfaat dalam menunda waktu konsentrasi dan memperlambat aliran permukaan dan memperkecil limpasan.

Besarnya nilai manfaat terukur ini jika dibandingkan dengan pendapatan daerah mencapai sekitar 20% PDRB kota Bogor. Nilai yang relatif besar memberikan kontribusi bagi kota Bogor. Pemahaman yang mudah terhadap hasil analisis CITYGreen ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan bagi para pengelola

kota, penentu kebijakan agar lebih menghargai ekosistem kotanya, sehingga tidak harus mengorbankan kelestarian lingkungan, hanya demi meningkatkan PAD kotanya.

3. Rekomendasi Kebijakan

Kebijakan pembangunan kota Bogor saat ini masih menempatkan pembangunan ekonomi dalam tingkatan yang lebih tinggi, hal ini terlihat pada kondisi dimana terjadi konflik kepentingan, seperti meningkatnya kebutuhan lahan untuk pemukiman atau pembangunan infrastruktur kota, selalu akan berdampak memberikan tekanan terhadap keberadaan pohon dan RTH kota. Hal ini merupakan ancaman terhadap keberlanjutan ekosistem kota.

Dari analisis SWOT, terlihat bahwa pengaruh faktor eksternal (ancaman dan kelemahan) lebih kuat dibandingkan dengan faktor internal (peluang dan kekuatan). Maka diperlukan strategi untuk membenahi kondisi saat ini dengan prioritas utama restrukturisasi dan perubahan orientasi kebijakan pembangunan agar lebih mengedepankan pengembangan kapasitas ekosistem perkotaan berbasis ekologi dan partisipasi masyarakat.

Berdasarkan pada target Pemerintah Kota Bogor yang telah mencanangkan untuk meningkatkan jumlah luasan RTH kota sesuai UU No 26 tahun 2007 yaitu sebesar 30% luasan kota, akan dicapai pada tahun 2030, maka upaya meningkatkan pemahaman masyarakat akan nilai manfaat layanan terukur ekosistem kota ini akan bermanfaat dalam mendukung terwujudnya pengelolaan RTH kota Bogor yang berkelanjutan.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Secara umum perangkat lunak analisis *CITYGreen 5.4* dapat diaplikasikan untuk menilai kapasitas layanan terukur ekosistem dalam skala besar (kota),

maupun kecil (tapak skala perumahan maupun jalur jalan). Hasil analisis memberikan gambaran tentang luasan RTH Kota Bogor yaitu sekitar 17 % dari luas Kota Bogor.

2. Dari kondisi RTH eksisting berdasar Citra Quickbird 2006, maka nilai ekonomi manfaat layanan terukur ekosistem kota Bogor adalah sebesar Rp 52 milyar. Angka ini setara dengan 20% Produk Domestik Regional Bruto Kota Bogor sektor Jasa-jasa tahun 2006
3. Hasil analisis yang disajikan dalam bentuk peta sederhana sebaran RTH kota berikut rincian nilai manfaat dalam bentuk nominal Rupiah diharapkan dapat mempermudah pemahaman masyarakat akan nilai manfaat layanan terukur ekosistem kota yang selama ini lebih bersifat abstrak.
4. Meningkatnya pemahaman akan nilai ekosistem ini diharapkan dapat membangkitkan peran serta masyarakat dalam melestarikan keberadaan RTH kota Bogor.
5. Diharapkan dengan adanya kajian ini bisa membuka pemahaman tentang cara pandang pentingnya keberadaan RTH yang bisa dinilai secara ekonomi dan memberikan pengaruh kepada kebijakan pengembangan RTH di masa yang akan datang di Kota Bogor.

DAFTAR PUSTAKA

- American Forests. 2002. *CITYgreen 5.0 :User Manual*. Washington DC: American Forest.
- [Bappeda]. 2007. Master Plan Drainase Kota Bogor. Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kota Bogor.
- [BAPPEDA] Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kota Bogor. 2007. Master Plan Ruang Terbuka Hijau Kota Bogor. Data Dasar. Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kota Bogor.
- Dahlan EN. 2007. Analisis Kebutuhan Luasan Hutan Kota yang Berfungsi Sebagai Sorot Gas CO₂ Antropogenik Dari Bahan Bakar Minyak Dan Gas Di Kota Bogor Dengan Menggunakan Pendekatan Sistem Dinamik. [Disertasi]. Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Budiman, A. 2010. Analisis Manfaat Ruang Terbuka Hijau untuk Meningkatkan Ekosistem Kota Bogor dengan Menggunakan Metode GIS [Skripsi]. Bogor : Departemen Arsitektur Lanskap. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- Prahasta, E. 2004. *Sistem Informasi Geografis : Tutorial ArcView*. Bandung: CV. Informatika.
- Siti Nurisjah dan Q. Pramukanto. 1995. Penuntun Praktikum Perencanaan Lanskap. Bogor: Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Technical Release 55. 1986. *Urban Hydrology for Small Watersheds*. Washington DC : USDA Soil Conservation Service.
- Suryadi, Yadi. 2008. Dinamika Pola Pemanfaatan Lahan dan Pengendalian Menuju Pembangunan Kota Bogor yang Berkelanjutan [Tesis]. Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.