

IDENTIFIKASI PERUBAHAN JASA LINGKUNGAN DENGAN MENGGUNAKAN PENGINDERAAN JAUH DAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS DI BOGOR

(Identification of Environmental Services Changes Using Remote Sensing and Geographic Information Systems in Bogor)

AZAR RACHDIAN¹⁾, LILIK BUDI PRASETYO²⁾, SITI BADRIYAH RUSHAYATI³⁾

¹⁾Mahasiswa Sarjana Institut Pertanian Bogor

^{2,3)}Dosen Departemen Konservasi Sumberdaya Hutan dan Ekowisata Fakultas Kehutanan IPB

Diterima 22 Februari 2016 / Disetujui 15 Agustus 2016

ABSTRACT

Environmental services are the services provided by the ecosystem functions that have direct and indirect benefits to human well being. The purpose of this study is to analyze environmental services changes in the District and City of Bogor on 1990 and 2014. The focus of the study is analyzing the environmental service of carbon stock, carbon sinks, biodiversity, the aesthetic of landscape, water regulation and climate amelioration. The data collection method began with data preprocessing then followed by a groundcheck at field to take sample point, after that followed by image classification that produce land cover. Land cover that has been classified then given the value of environmental services by changing the format of raster into a polygon. The average value of environmental services in District of Bogor on 1990 is 4,86 and in the city of Bogor is 4,56, while on 2014 the average value of environmental services in District of Bogor is 4,54 and in the City of Bogor is 3,72. Change of environmental services in the City of Bogor greater than in District of Bogor due to the magnitude of changes in land cover types of forest to other land cover especially for settlement. Beside that, it is also caused by differences of development policy between Bogor district and city of Bogor. The focus of development in the district is agricultural production sector and the city are trading and services sectors. Government of City and District of Bogor should do some efforts for maintaining and even improving environmental services by allocating space for land which dominated by trees and agroforestry system.

Keywords: environmental services, environmental services score, environmental services change

ABSTRAK

Jasa lingkungan merupakan jasa yang diberikan oleh fungsi ekosistem yang memiliki manfaat langsung maupun tidak langsung terhadap kehidupan manusia. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis perubahan jasa lingkungan di Kabupaten dan Kota Bogor pada tahun 1990 dan 2014. Jasa lingkungan yang menjadi fokus kajian adalah jasa lingkungan stok karbon, daya resor karbon, keanekaragaman hayati, keindahan lanskap, pengaturan tata air dan ameliorasi iklim. Metode pengambilan data diawali dengan *pre-processing* data, kemudian dilanjutkan dengan cek lapangan untuk mengambil titik sampel, kemudian dilanjutkan dengan klasifikasi citra yang menghasilkan tutupan lahan. Tutupan lahan yang sudah terklasifikasi kemudian diberikan nilai jasa lingkungan dengan mengubah formatnya dari raster menjadi poligon. Pada tahun 1990 nilai rata-rata Jasa lingkungan secara keseluruhan di Kabupaten Bogor adalah 4,86 dan di Kota Bogor adalah 4,54, sementara itu pada tahun 2014 nilai rata-rata jasa lingkungan secara keseluruhan di Kabupaten Bogor adalah 4,30 dan di Kota Bogor adalah 3,72. Perubahan jasa lingkungan di Kota Bogor lebih besar daripada di Kabupaten Bogor, hal ini disebabkan oleh besarnya perubahan tipe penutupan lahan hutan menjadi lahan terbangun. Selain itu, juga disebabkan oleh adanya perbedaan kebijakan pembangunan antara Pemerintah Kabupaten dan Kota Bogor. Kabupaten lebih berfokus pada sektor produksi pertanian dan Kota lebih berfokus pada sektor perdagangan dan jasa. Pemerintah Kota dan Kabupaten hendaknya melakukan usaha untuk mempertahankan bahkan meningkatkan jasa lingkungan dengan mengalokasikan ruang yang didominasi oleh pepohonan dan sistem kebun campuran.

Kata kunci: jasa lingkungan, nilai jasa lingkungan, perubahan jasa lingkungan

PENDAHULUAN

Jasa lingkungan merupakan jasa yang diberikan oleh fungsi ekosistem alami maupun buatan yang nilai dan manfaatnya dapat dirasakan secara langsung maupun tidak langsung oleh para pemangku kepentingan (*stakeholder*) dalam rangka membantu memelihara dan atau meningkatkan kualitas lingkungan dan kehidupan masyarakat dalam mewujudkan pengelolaan ekosistem secara berkelanjutan (Sriyanto 2007 diacu dalam Suprayitno 2008). Jasa lingkungan memiliki beberapa fungsi diantaranya sebagai jasa penyediaan, jasa

pengaturan, jasa kultural dan jasa pendukung (Wunder 2005).

Kabupaten dan Kota Bogor merupakan salah satu wilayah administratif yang terletak di Provinsi Jawa Barat. Posisinya yang strategis dan dekat dengan ibu kota membuat Kabupaten dan Kota Bogor berpotensi dalam pengembangan infrastruktur dan ekonomi. Kabupaten dan Kota Bogor terus mengalami pertambahan jumlah penduduk pada tahun 2009 – 2013. Pada tahun 2009 jumlah penduduk Kabupaten Bogor mencapai 4.453.927 jiwa dengan kepadatan sekitar 1.490 jiwa/km² dan pada tahun 2013 jumlah penduduk Kabupaten Bogor

bertambah menjadi 5.202.907 jiwa dengan kepadatan sekitar 1.736 jiwa/km² (BKPM 2015). Kota Bogor mengalami peningkatan jumlah penduduk pada tahun 2009-2013, pada tahun 2009 penduduk Kota Bogor berjumlah 895.596 jiwa dengan kepadatan 7.557 jiwa/km² dengan kepadatan dan pada tahun 2013 meningkat menjadi 1.013.019 jiwa dengan kepadatan 9.067/km² (BKPM 2015). Pertambahan jumlah penduduk di Kabupaten dan Kota Bogor menyebabkan berkurangnya lahan bervegetasi sehingga terjadi penurunan kualitas jasa lingkungan. Oleh karena itu untuk mengetahui seberapa besar penurunan kualitas jasa lingkungan khususnya jasa lingkungan stok karbon, daya rosot karbon, keanekaragaman hayati, keindahan lanskap, pengaturan tata air dan ameliorasi iklim maka perlu dilakukan kajian terhadap perubahan jasa lingkungan di Kabupaten dan Kota Bogor pada tahun 1990-2014. Untuk memudahkan dalam mengidentifikasi perubahan jasa lingkungan digunakan instrumen penginderaan jauh dan sistem informasi geografis. Penginderaan jauh digunakan karena dapat memberikan informasi permukaan bumi pada daerah yang sulit dijangkau dengan relatif cepat dan data penginderaan jauh dapat menampilkan karakteristik intrinsik objek yang tidak dapat diidentifikasi dengan pengamatan langsung (Murti 2011). Penggunaan sistem informasi geografis memiliki beberapa keunggulan yaitu proses *updating* data mudah dan murah serta lebih fleksibel digunakan (Sugandi *et al.* 2009).

Tujuan dari penelitian ini adalah :

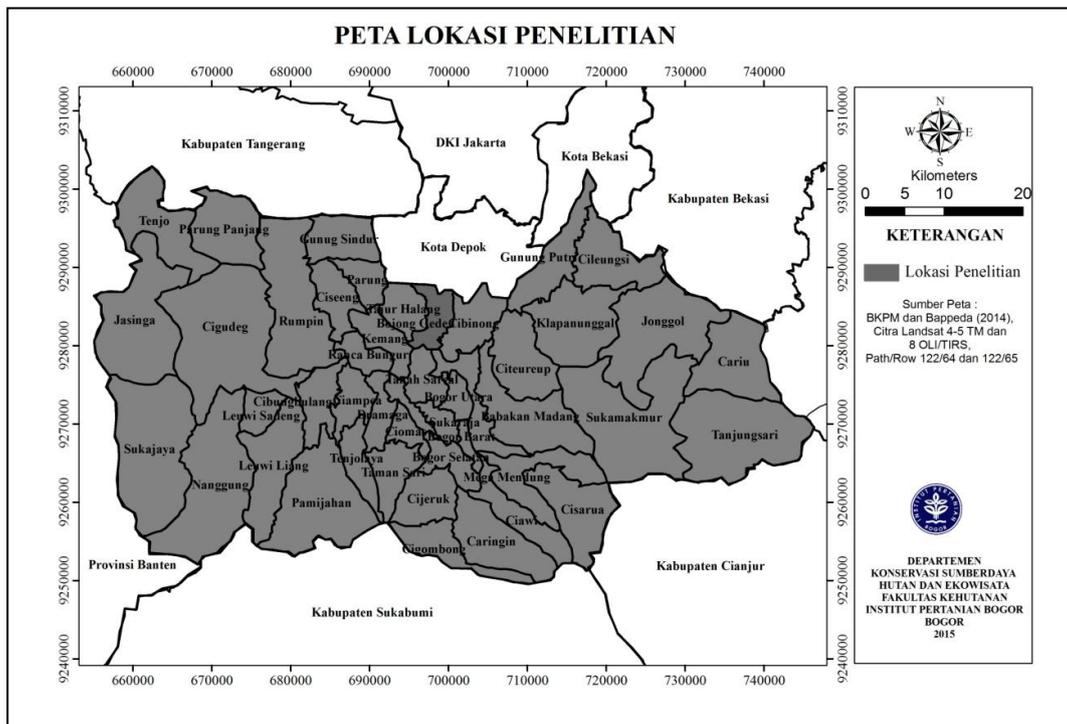
1. Menganalisis perubahan penutupan lahan pada tahun 1990 dan 2014 di Kabupaten dan Kota Bogor.

2. Menganalisis perubahan jasa lingkungan stok karbon, daya rosot karbon, keanekaragaman hayati, keindahan lanskap, pengaturan tata air dan ameliorasi iklim pada tahun 1990 dan tahun 2014 di Kabupaten dan Kota Bogor.
3. Menganalisis perubahan jasa lingkungan secara keseluruhan di Kabupaten dan Kota Bogor pada tahun 1990 dan 2014 di Kabupaten dan Kota Bogor.

METODE PENELITIAN

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperangkat komputer dengan *software* Erdas Imagine 9.1, *software* ArcGIS 9.3, *software* Garmin BaseCamp, alat tulis, kamera digital dan *Global Positioning System* (GPS) Garmin 76 CSx. Selain itu instrumen lainnya adalah Citra Landsat 4-5 TM dengan path/row 122/64 dan 122/65 pada tanggal akuisisi 9 Juli 1990, Citra Landsat 8 OLI/TIRS dengan path/row 122/64 dan 122/65 pada tanggal akuisisi 13 September 2014, peta batas administrasi Kabupaten dan Kota Bogor dan peta batas kecamatan di Kabupaten dan Kota Bogor.

Pengambilan data primer dilaksanakan di Kabupaten dan Kota Bogor, Provinsi Jawa Barat pada bulan Maret – April 2015, sedangkan pengolahan data dilaksanakan di Laboratorium Analisis Lingkungan dan Pemodelan Spasial, Departemen Konservasi Sumberdaya Hutan dan Ekowisata, Fakultas Kehutanan IPB pada bulan Mei – Juli 2015. Adapun lokasi penelitian sebagaimana tersaji pada Gambar 1.



Gambar 1 Lokasi penelitian

Data yang diambil pada penelitian ini adalah data primer dan juga data sekunder. Adapun jenis, bentuk dan sumber data tersaji pada Tabel 1. Sementara itu, untuk

penilaian jasa lingkungan dan tahapan lengkap penelitian disajikan pada Tabel 2 dan Gambar 2.

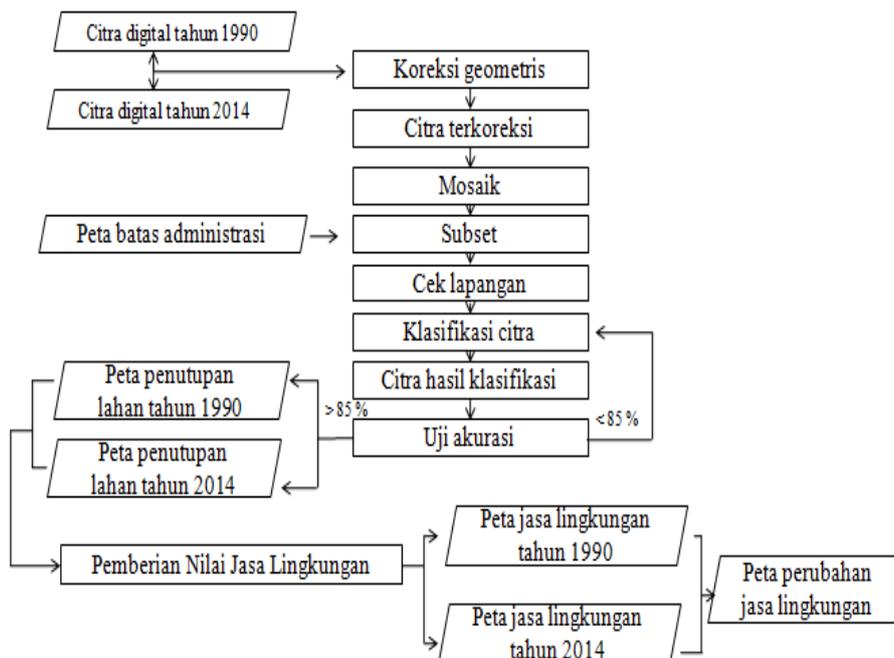
Tabel 1 Jenis dan sumber data

No	Jenis Data	Bentuk Data	Sumber Data	Tahun
1	Citra landsat tahun 1990 dan 2014.	Peta	<i>United States Geological Survey</i> (USGS)	1990 dan 2014
2	Peta Administrasi Kabupaten Bogor	Peta	Badan Nasional Penanggulangan Bencana	2014
3	Peta Administrasi Kota Bogor	Peta	Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (Bappeda) Kota Bogor	2014
4	Dokumen Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten dan Kota Bogor	Deskripsi	Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (Bappeda) Kabupaten dan Kota Bogor	2014

Tabel 2 Penilaian jasa lingkungan

No	Tipe Penutupan Lahan	Nilai rata-rata jasa lingkungan					
		PCK	DRK	KH	KL	PTA	AI
1	Hutan	7	7	7	7	7	6
2	Kebun Campuran	6	6	6	5	6	5
3	Lahan Pertanian	4	4	5	4	4	4
4	Badan Air	1	1	4	6	1	7
5	Semak	5	5	3	3	5	3
6	Lahan Terbuka	3	3	2	2	3	2
7	Lahan Terbangun	2	2	1	1	2	1

Keterangan: PCK = Stok karbon, DRK = Daya Rosot Karbon, KH = Keanekaragaman Hayati, KL= Keindahan Lanskap, PTA = Pengaturan Tata Air, AI = Ameliorasi Iklim



Gambar 2 Bagian alir penelitian

Langkah awal dalam pengolahan citra adalah koreksi geometrik. Koreksi geometrik merupakan suatu proses melakukan transformasi data dari satu sistem *grid* menggunakan suatu transformasi geometrik yang disebabkan oleh posisi piksel data citra *output* tidak sama dengan posisi piksel *input* maka piksel-piksel yang digunakan untuk mengisi citra yang baru sehingga harus *iresampling* kembali. Langkah berikutnya adalah mosaik dan subset citra. Mosaik merupakan proses menggabungkan beberapa citra secara bersama mem-

bentuk satu kesatuan peta atau citra yang kohesif. Proses mosaik dilakukan karena Kabupaten Bogor terletak pada path/row 122/64 dan 122/65. Setelah proses mosaik proses berikutnya adalah subset. Subset adalah proses memotong citra menggunakan peta batas administrasi sehingga pengolahan data terfokus pada lokasi penelitian dan langkah terakhir adalah cek lapangan (*ground check*) untuk mengetahui penutupan lahan di Kabupaten dan Kota Bogor.

Tabel 3 Interpretasi nilai rata-rata jasa lingkungan

Nilai Jasa lingkungan	Interpretasi
0,00 – 1,00	Sangat tidak baik
1,01 – 2,00	Tidak baik
2,01 – 3,00	Kurang baik
3,01 – 4,00	Cukup baik
4,01 – 5,00	Baik
5,01 – 6,00	Sangat baik
6,01 – 7,00	Sangat baik sekali

Sumber: Rohmah (2014)

Analisis dilakukan setelah pengambilan data lapangan melalui langkah selanjutnya yakni melakukan klasifikasi citra menggunakan klasifikasi terbimbing (*supervised*). Klasifikasi terbimbing merupakan klasifikasi dengan mendefinisikan kelas-kelas citra yang dilakukan berdasarkan pada data lapangan yang telah diperoleh berupa titik-titik koordinat yang ditandai dengan GPS. Kelas-kelas yang didefinisikan menunjukkan jenis penutupan lahan yang ada di lapangan dan hasil dari klasifikasi citra ini adalah peta penutupan lahan yang terdiri dari lahan terbangun, badan air, lahan terbuka, lahan pertanian, kebun campuran, semak dan hutan. Setelah klasifikasi dilakukan langkah berikutnya adalah uji akurasi. Uji akurasi dilakukan karena terdapat kemungkinan adanya kesalahan dalam menentukan kelas tutupan lahan ketika proses klasifikasi. Akurasi citra dilakukan dengan cara menyesuaikan kelas tutupan lahan yang telah diklasifikasi dengan data GCPs yang diambil melalui GPS. Nilai akurasi minimal yang diterima adalah 85%. Apabila nilai akurasi kurang dari 85% maka proses klasifikasi harus diulang. Nilai akurasi 85% dijadikan standar berdasarkan sejarah bahwa lembaga pertanian Amerika Serikat pernah mengambil potret udara untuk pengambilan data citra kemudian dilakukan klasifikasi hingga mencapai tingkat akurasi 85%, setelah klasifikasi tersebut dilakukan maka diperoleh citra hasil klasifikasi yang mendekati citra hasil potret udara sehingga diharapkan akan menghasilkan analisis data yang valid (Anderson *et al.* 1976). Terdapat 149 titik yang diperoleh namun hanya 128 titik yang terkoreksi dengan benar sehingga menghasilkan overall *classification accuracy* 85.91%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Perubahan Penutupan Lahan di Kabupaten dan Kota Bogor

Perubahan tutupan lahan didefinisikan sebagai bergesernya jenis tutupan lahan dari satu tipe ke tipe lainnya baik bertambah maupun berkurangnya dari waktu ke waktu atau berubahnya fungsi suatu lahan pada waktu yang berbeda (Diyono 2001). Perubahan penutupan lahan yang dianalisis pada penelitian ini dibatasi pada tahun 1990 dan 2014. Hal ini dilakukan untuk menghasilkan data yang signifikan setelah sekian lama berlangsungnya pembangunan di Kabupaten dan Kota Bogor. Berdasarkan analisis sistem informasi geografis (SIG) Kabupaten Bogor memiliki luas 298.446,39 ha dan Kota Bogor memiliki luas 11.800,00 ha. Adapun penutupan dan perubahan lahan di Kabupaten Bogor disajikan sebagaimana Tabel 4.

Kabupaten Bogor mengalami penurunan luas yang sangat drastis pada tipe penutupan lahan hutan sebesar 22,03 % atau seluas 65.738,00 ha. Seluas 15.889,68 ha hutan berubah menjadi lahan terbangun. Perubahan lahan hutan menjadi lahan terbangun diduga disebabkan oleh meningkatnya jumlah kepala keluarga, kesejahteraan masyarakat yang kurang sehingga menyebabkan banyak rumah tidak permanen serta bantuan pemerintah dalam pembangunan yang menyebabkan banyak lahan terbuka dan menjadi lahan terbangun (Pribadi *et al.* 2006). Selain faktor-faktor tersebut faktor lainnya adalah Rencana Tata Ruang Wilayah oleh Pemerintah Kabupaten Bogor pada tahun 2008-2025 untuk menjadikan beberapa kecamatan sebagai pusat permukiman. Selain itu seluas 23.873,85 ha lahan hutan berubah menjadi lahan pertanian dan seluas 32.941,17 ha berubah menjadi kebun campuran.

Perubahan lahan tersebut tidak terlepas dari meningkatnya kebutuhan warga dalam memenuhi perekonomiannya serta rencana dari pemerintah Kabupaten Bogor dalam bidang pertanian. Pemerintah Kabupaten Bogor mengalokasikan seluas 42.789,98 ha sebagai lahan sawah produktif yang tersebar di seluruh kecamatan, sedangkan rencana pengembangan pertanian lahan kering dan perkebunan hanya pada beberapa kecamatan tertentu saja (PEMKAB Bogor

2013). Pertambahan lahan pertanian tidak serta merta berdampak positif karena dengan bertambahnya lahan pertanian akan menyebabkan bertambahnya volume debit banjir maupun kekeringan di beberapa wilayah (Pawitan 2014).

Perubahan penutupan lahan tidak hanya terjadi di Kabupaten Bogor melainkan juga terjadi di Kota Bogor. Adapaun perubahan lahan di Kota Bogor dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 4 Perubahan penutupan lahan di Kabupaten Bogor

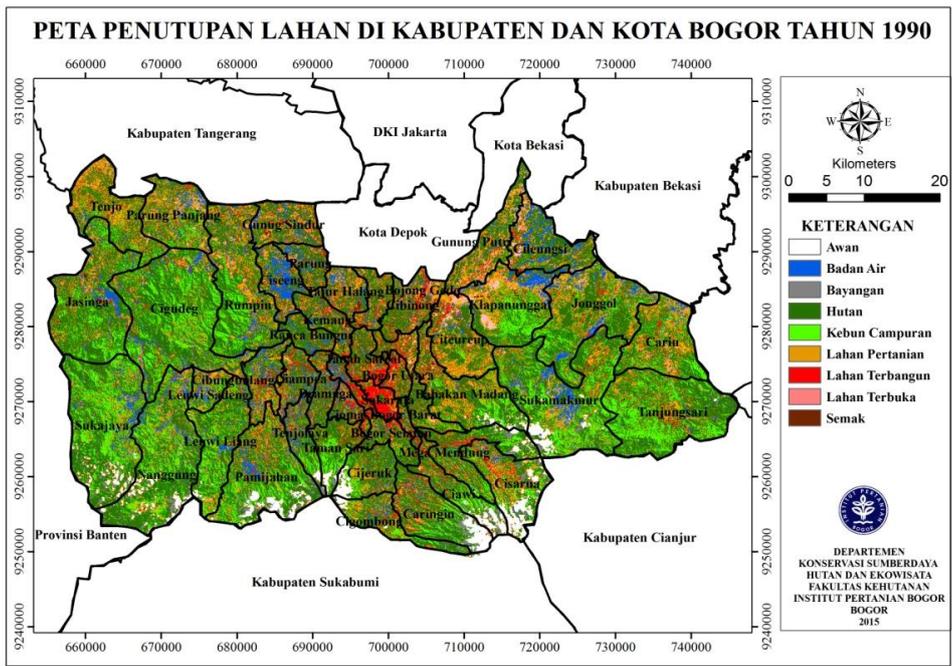
No	Tipe Penutupan Lahan	Tahun 1990		Tahun 2014		Perubahan Tahun 1990-2014	
		Luas (ha)	(%)	Luas (ha)	(%)	Luas (ha)	(%)
1	Lahan Terbangun	11.086,47	3,71	36.887,85	12,36	25.801,38	8,65
2	Badan Air	21.597,66	7,24	11.119,59	3,73	-10.478,10	-3,51
3	Lahan Terbuka	3.520,80	1,18	5.963,76	2,00	2.442,96	0,82
4	Lahan Pertanian	58.409,10	19,57	62.653,23	20,99	4.244,13	1,42
5	Kebun Campuran	44.584,92	14,94	74.659,50	25,02	30.074,58	10,08
6	Semak	8.657,28	2,90	22.311,09	7,48	13.653,81	4,57
7	Hutan	136.949,40	45,89	71.210,61	23,86	-65.738,80	-22,03
8	Tidak Ada Data	13.640,76	4,57	13.640,76	4,57	0,00	0,00
Jumlah		298.446,38	100,00	298.446,38	100,00		

Tabel 5 Perubahan penutupan lahan di Kota Bogor

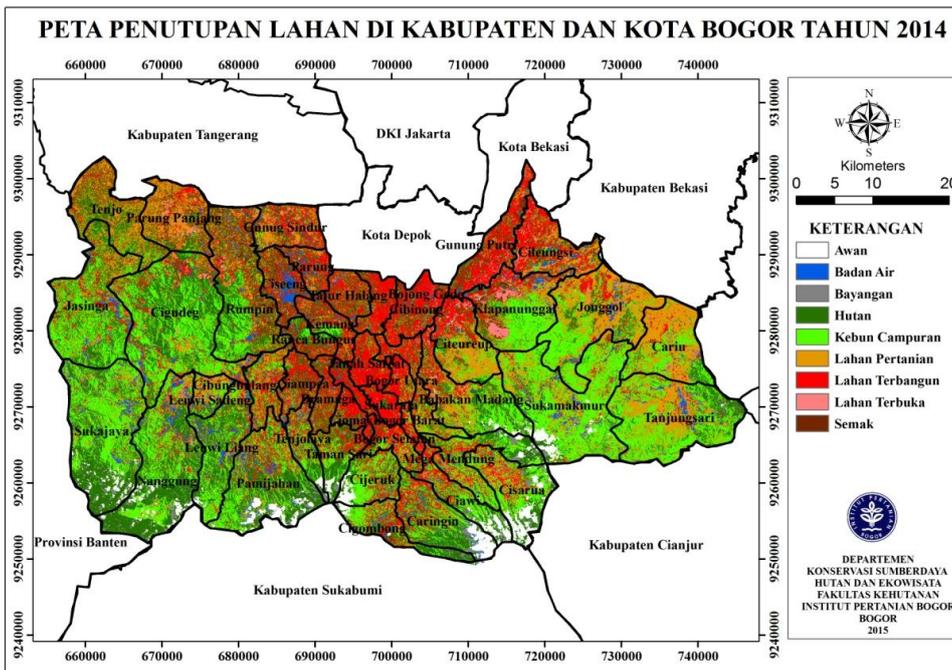
No	Tipe Penutupan Lahan	Tahun 1990		Tahun 2014		Perubahan Tahun 1990-2014	
		Luas (ha)	(%)	Luas (ha)	(%)	Luas (ha)	(%)
1	Lahan Terbangun	3.150,54	26,17	6.235,02	51,79	3.084,48	25,62
2	Badan Air	714,33	5,93	205,47	1,71	-508,86	-4,23
3	Lahan Terbuka	104,67	0,87	205,47	1,71	100,80	0,84
4	Lahan Pertanian	2.065,41	17,15	1.619,19	13,45	-446,22	-3,71
5	Kebun Campuran	343,26	2,85	585,36	4,86	242,10	2,01
6	Semak	404,55	3,36	1.114,01	9,25	709,46	5,89
7	Hutan	4.532,40	37,64	1.350,48	11,22	-3.181,92	-26,43
8	Tidak Ada Data	485,00	4,03	485,00	4,03	0,00	0,00
Jumlah		11.800,00	100,00	11.800,00	100,00	-	-

Perubahan lahan paling besar adalah perubahan lahan hutan menjadi tipe penutupan lahan lainnya yaitu sebesar 25,62% atau seluas 3.084 m 48 ha. Seluas 1.859 m 76 ha lahan hutan berubah menjadi lahan terbangun, hal ini dipicu oleh meningkatnya jumlah penduduk di Kota Bogor. Meningkatnya jumlah penduduk menuntut meningkatnya jumlah lahan terbangun yang diperlukan. Pemerintah kota Bogor merencanakan sejumlah lahan dengan luas total 5.400 ha untuk permukiman yang akan digunakan untuk membangun permukiman baru baik itu permukiman yang berkepadatan rendah, sedang maupun tinggi. Selain itu pemerintah Kota Bogor pun merencanakan kawasan perdagangan dan jasa seluas 920 ha, sehingga total lahan terbangun yang direncanakan seluas 6.320 ha. Hutan tidak hanya berubah menjadi lahan terbangun, sebanyak 761,49 ha menjadi lahan pertanian, hal itu sebagaimana rencana Kota Bogor untuk mengalokasikan kurang lebih 600 ha sebagai kawasan pertanian (PEMKOT Bogor 2011).

Pertambahan lahan terbangun berkorelasi dengan meningkatnya akses jalan karena dengan adanya akses maka potensi keuntungan ekonomi akan semakin meningkat (Dimiyati *et al.* 2007). Pertambahan lahan terbangun yang terus menerus dapat meningkatkan luasan areal bersuhu tinggi karena bahan lahan terbangun yang terbuat dari beton memiliki kapasitas kalor yang rendah sehingga cepat menyalurkan panas (Tursilowati 2006). Selain itu jumlah luasan lahan terbangun dan pertanian yang terus meningkat akan menyebabkan frekuensi debit dan volume air menurun yang berakibat pada meningkatnya potensi banjir dan kekeringan (Pawitan 2014). Adapun peta penutupan lahan Kabupaten dan Kota Bogor pada tahun 1990 tersaji pada Gambar 3 dan tahun 2014 tersaji pada Gambar 4.



Gambar 3 Peta Tutupan Lahan Kabupaten dan Kota Bogor Tahun 1990



Gambar 4 Peta Penutupan Lahan Kabupaten dan Kota Bogor Tahun 2014

2. Perubahan Jasa Lingkungan di Kabupaten dan Kota Bogor

Perubahan penutupan lahan memberikan pengaruh terhadap kuantitas dan kualitas jasa lingkungan. Semakin lengkap komponen-komponen suatu ekosistem maka akan semakin baik kualitas dan kuantitas jasa lingkungan dan begitu pula sebaliknya semakin tidak lengkap

komponen-komponen pada suatu ekosistem maka akan semakin tidak baik kualitas dan kuantitas jasa lingkungan. Terdapat beberapa jasa lingkungan yang dijadikan fokus kajian pada penelitian ini di antaranya adalah stok karbon, daya rosot karbon, keanekaragaman hayati, keindahan lanskap, pengaturan tata air dan ameliorasi iklim.

a. Jasa Lingkungan Stok karbon

Stok karbon merupakan kandungan karbon tersimpan baik pada permukaan tanah sebagai biomasa tanaman, sisa tanaman yang sudah mati maupun dalam tanah sebagai bahan organik tanah (Kauffman dan Donato 2012). Stok karbon di setiap tipe penutupan lahan memiliki kuantitas yang berbeda-beda. Hal ini ditentukan oleh banyak atau sedikitnya vegetasi yang terdapat di suatu tipe penutupan lahan.

Pada tahun 1990 nilai rata-rata jasa lingkungan stok karbon di Kabupaten Bogor adalah 4,82 dan di Kota Bogor adalah 4,49. Hal tersebut menunjukkan kualitas jasa lingkungan di Kabupaten dan Kota Bogor berada dalam keadaan baik. Pada tahun 2014 jasa lingkungan stok karbon di Kabupaten Bogor berkurang menjadi 4,54 dan di Kota Bogor berkurang menjadi 3,99. Hal tersebut menunjukkan bahwa kualitas jasa lingkungan stok karbon di Kabupaten Bogor adalah baik dan di Kota Bogor adalah cukup baik.

b. Jasa Lingkungan Daya Rosot Karbon

Rosot karbon merupakan pengambilan CO₂ secara semi permanen oleh tumbuhan melalui fotosintesis dari atmosfer ke dalam organik (Hairiah dan Rahayu 2007). Daya rosot karbon dipengaruhi oleh perbedaan luas kawasan, perbedaan kombinasi dan komposisi jenis, kerapatan tanaman dan perbedaan komposisi umur tegakan. Setiap tipe penutupan lahan memiliki daya rosot karbon yang berbeda-beda bergantung pada banyak atau tidaknya vegetasi yang terdapat di dalamnya.

Pada tahun 1990 nilai rata-rata jasa lingkungan daya rosot karbon di Kabupaten Bogor adalah 4,82 dan di Kota Bogor adalah 4,49. Hal tersebut menunjukkan kualitas jasa lingkungan di Kabupaten dan Kota Bogor berada dalam keadaan yang baik. Pada tahun 2014 jasa lingkungan daya rosot karbon di Kabupaten Bogor berkurang menjadi 4,54 dan di Kota Bogor berkurang menjadi 3,99. Hal tersebut menunjukkan bahwa kualitas jasa lingkungan daya rosot karbon di Kabupaten Bogor adalah baik dan di Kota Bogor adalah cukup baik.

c. Jasa Lingkungan Keanekaragaman Hayati

Keanekaragaman hayati merupakan jutaan hewan, tumbuhan, mikroorganisme, gen serta ekosistem rumit yang menjadi lingkungan hidup. Keanekaragaman hayati dapat digolongkan menjadi tiga yaitu keanekaragaman genetik, spesies dan ekosistem. Ketiga tingkatan tersebut diperlukan untuk kelanjutan kelangsungan hidup di bumi dan penting bagi manusia (Primack *et al.* 2007).

Pada tahun 1990 nilai rata-rata jasa lingkungan keanekaragaman hayati di Kabupaten Bogor adalah 5,16 sementara di Kota Bogor adalah 4,77. Hal itu menunjukkan kondisi keanekaragaman hayati di Kabupaten Bogor sangat baik dan di Kota Bogor baik. Pada tahun 2014 nilai rata-rata jasa lingkungan keanekaragaman hayati di Kabupaten Bogor berkurang

menjadi 4,53 dan di Kota Bogor berkurang menjadi 3,69. Hal ini menunjukkan kualitas keanekaragaman hayati di Kabupaten Bogor baik dan di Kota Bogor cukup baik.

Berkurangnya biodiversitas diduga disebabkan oleh bertambahnya lahan pertanian komersial yang digunakan untuk meningkatkan ekonomi penduduk. Meningkatnya lahan pertanian komersial otomatis akan menyebabkan berkurangnya hutan sehingga mengakibatkan berkurangnya ruang bagi biodiversitas satwaliar khususnya burung yang memerlukan kanopi pohon sebagai ruang untuk berkembangbiak dan tempat tinggal (Maitima *et al.* 2009). Young (2009) menyatakan bahwa transformasi tutupan lahan dan penggunaan lahan adalah kunci penyebab hilangnya biodiversitas pada suatu ekosistem.

d. Jasa Lingkungan Keindahan Lanskap

Lanskap merupakan areal yang bersifat heterogen yang tersusun dari ekosistem yang saling berinteraksi dan memiliki semacam pola yang berulang-ulang. Lanskap disusun dari sebuah unit-unit spasial yang relatif homogen, unit-unit tersebut berupa penutupan lahan yang berbeda seperti hutan, belukar, tanah pertanian, perkotaan dan sebagainya (Formon dan Gordon diacu dalam Dewi 2005). Lanskap memiliki estetika tertentu berdasarkan tingkat kealamiannya, semakin alami suatu lanskap maka akan semakin tinggi nilainya (Mahon dan Miller 2003).

Pada tahun 1990 nilai rata-rata jasa lingkungan keindahan lanskap di Kabupaten Bogor adalah 4,91 dan di Kota Bogor 4,58. Hal ini menunjukkan kondisi jasa lingkungan keindahan lanskap di kedua wilayah tersebut baik. Pada tahun 2014 nilai rata-rata jasa lingkungan keindahan lanskap di Kabupaten Bogor berkurang menjadi 4,16 sementara di Kota Bogor menjadi 3,41, hal ini menunjukkan jasa lingkungan keindahan lanskap di Kabupaten Bogor berada dalam kondisi baik dan Kota Bogor berada dalam kondisi cukup baik.

e. Jasa Lingkungan Pengaturan Tata Air

Salah satu fungsi jasa lingkungan pengaturan tata air adalah pencegahan terhadap erosi. Erosi merupakan terangkatnya lapisan tanah atau sedimen karena tekanan yang ditimbulkan oleh pergerakan angin atau air pada permukaan tanah atau dasar perairan (Poerbandono 2006 diacu dalam Herawati 2010). Salah satu komponen dalam pengukuran erosi adalah pengukuran tingkat bahaya erosi (TBE) dengan memperkirakan jumlah tanah yang hilang maksimum yang akan terjadi pada suatu lahan apabila pengelolaan tanaman dan tindakan konservasi tanah tidak mengalami perubahan. Pengaturan tata air di suatu tipe penutupan lahan yang semakin banyak vegetasinya maka akan semakin tinggi dan sebaliknya apabila suatu tipe penutupan lahan memiliki vegetasi yang jarang maka nilai akan semakin rendah.

Pada tahun 1990 nilai rata-rata jasa lingkungan pengaturan tata air di Kabupaten Bogor adalah 4,82 dan

di Kota Bogor adalah 4,49. Hal ini menunjukkan kondisi jasa lingkungan pengaturan tata air di kedua wilayah tersebut baik. Pada tahun 2014 nilai rata-rata jasa lingkungan pengaturan tata air berkurang di Kabupaten Bogor menjadi 4,36 dan di Kota Bogor menjadi 3,28. Hal ini menunjukkan kondisi jasa lingkungan di Kabupaten Bogor baik dan Kota Bogor cukup baik.

Penurunan jasa lingkungan pengaturan tata air akan menyebabkan erosi, sedimentasi dan banjir. Remondi *et al.* (2016) menjelaskan bahwa terjadinya kerusakan siklus hidrologi yang ditandai oleh seringnya banjir disebabkan oleh tidak terkontrolnya laju urbanisasi pada suatu kota yang mengakibatkan meningkatnya alih fungsi lahan menjadi perumahan khususnya di daerah sempadan sungai.

f. Jasa Lingkungan Ameliorasi Iklim

Iklim merupakan sintesis dari perubahan nilai unsur-unsur cuaca dalam jangka panjang di suatu tempat atau pada suatu wilayah (Handoko 1993). Iklim memiliki beberapa unsur di antaranya adalah suhu dan kelembapan. Salah satu metode untuk mengukur pengaruh parameter-parameter iklim terhadap kenyamanan manusia adalah dengan *Temperature*

Humidity Index (THI). Metode ini menghasilkan suatu indeks untuk menetapkan efek dari kondisi panas pada kenyamanan manusia dengan mengkombinasikan suhu dan kelembapan (Encyclopedia 2003 dalam Pratama 2013). Perbedaan penutupan lahan sangat menentukan kondisi iklim pada masing-masing penutupan lahan tersebut. Perubahan penutupan lahan mengakibatkan terjadinya perubahan neraca atau keseimbangan energi yang pada akhirnya mempengaruhi suhu udara.

Pada tahun 1990 nilai rata-rata jasa lingkungan ameliorasi iklim di Kabupaten Bogor adalah 4,91 dan di Kota Bogor 4,36. Hal itu menunjukkan kondisi jasa lingkungan ameliorasi iklim di kedua wilayah tersebut adalah baik. Pada tahun 2014 nilai rata-rata jasa lingkungan ameliorasi iklim di Kabupaten Bogor berkurang menjadi 4,67 dan di Kota Bogor menjadi 3,44.

h. Perubahan Jasa Lingkungan Secara Keseluruhan di Kabupaten dan Kota Bogor

Perubahan jasa lingkungan secara keseluruhan yang mencakup jasa lingkungan stok karbon, daya rusak karbon, keanekaragaman hayati, keindahan lanskap, pengaturan tata air dan ameliorasi iklim tersaji pada Tabel 6.

Tabel 6 Jasa lingkungan di Kabupaten dan Kota Bogor

No	Jasa Lingkungan	Kabupaten Bogor			Kota Bogor		
		1990	2014	Δ	1990	2014	Δ
1	Stok Karbon	4,82	4,54	0,28	4,49	3,99	0,50
2	Daya Rosot Karbon	4,82	4,54	0,28	4,49	3,99	0,50
3	Keanekaragaman Hayati	5,16	4,53	0,63	4,77	3,69	1,08
4	Keindahan Lanskap	4,91	4,16	0,75	4,58	3,41	1,17
5	Pengaturan Tata Air	4,82	4,54	0,28	4,49	3,99	0,50
6	Ameliorasi Iklim	4,67	4,06	0,61	4,36	3,28	1,08
Jumlah		29,20	26,37	2,83	27,18	22,35	4,83
Rata-Rata		4,86	4,30	0,56	4,53	3,72	0,80

Jasa lingkungan di Kabupaten Bogor pada tahun 1990 bernilai rata-rata 4,86, hal ini menunjukkan kondisi jasa lingkungan yang baik, kemudian pada tahun 2014 berkurang menjadi 4,30 yang menunjukkan kondisi jasa lingkungan yang juga masih baik. Jasa lingkungan di Kota Bogor pada tahun 1990 bernilai rata-rata 4,56 yang menunjukkan kondisi jasa lingkungan baik sementara itu pada tahun 2014 jasa lingkungan bernilai 3,63 yang menunjukkan jasa lingkungan cukup baik.

Nilai rata-rata jasa lingkungan di Kabupaten Bogor baik pada tahun 1990 dan 2014 menunjukkan angka yang lebih tinggi daripada jasa lingkungan di Kota Bogor. Hal ini disebabkan karena persentase lahan terbangun di Kabupaten Bogor yang lebih rendah daripada persentase lahan terbangun di Kota Bogor. Selain disebabkan oleh lahan terbangun perbedaan perubahan jasa lingkungan di Kabupaten Bogor dan Kota Bogor disebabkan oleh persentase hutan di masing-masing daerah. Hutan merupakan tipe penutupan lahan dengan nilai jasa lingkungan paling tinggi mengingat kelengkapan

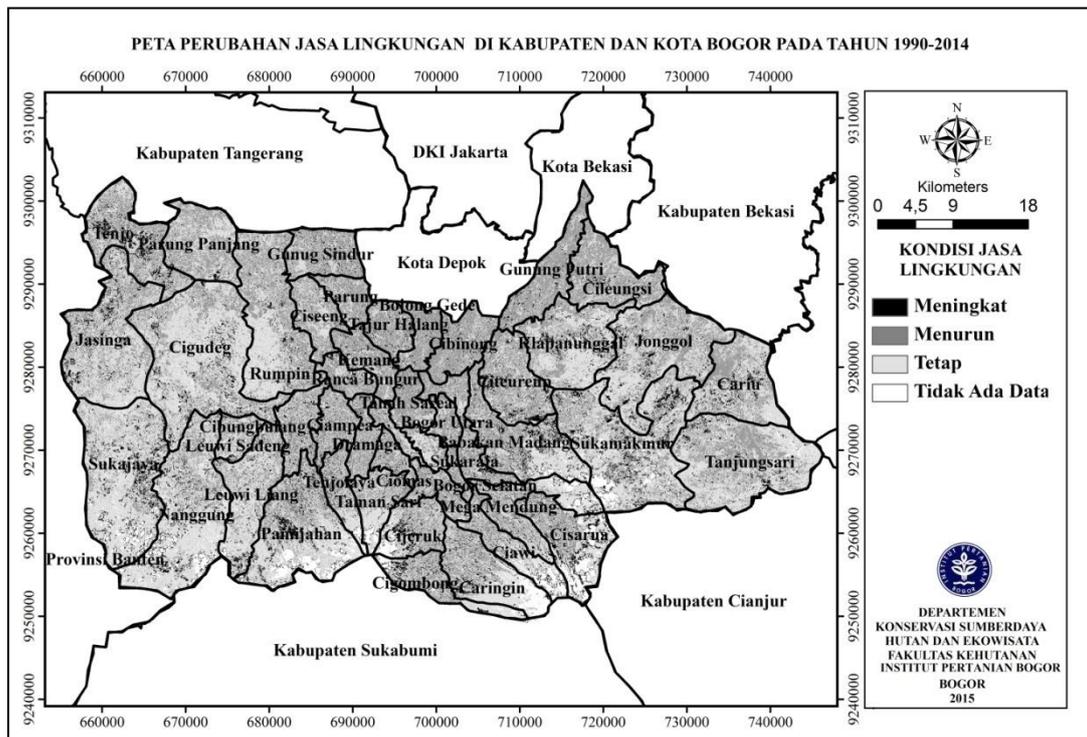
komponen-komponen ekosistem di dalamnya. Pada tahun 1990 dan 2014 Kabupaten Bogor memiliki persentase hutan yang lebih besar daripada Kota Bogor.

Perbedaan kualitas dan kuantitas jasa lingkungan antara Kabupaten Bogor dan Kota Bogor juga tidak terlepas dari Rencana Tata Ruang Wilayah di kedua wilayah tersebut. Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten dan Kota Bogor memiliki perbedaan yang disebabkan oleh kondisi biofisik dan masyarakat yang terdapat di dalamnya. Kabupaten memiliki wilayah pemerintahan yang relatif lebih luas daripada Kota serta terdapat banyak pedesaan sehingga menyebabkan penduduk bermata pencaharian dalam bidang pertanian dan bersifat agraris yang pada akhirnya pemerintah Kabupaten lebih condong mengalokasikan sebagian besar wilayahnya untuk sektor pertanian, sementara itu Kota memiliki luas wilayah yang relatif kecil dengan kepadatan penduduk yang relatif tinggi. Sebagian besar penduduk perkotaan bekerja pada sektor perdagangan dan jasa sehingga kebijakan pemerintah lebih condong

dalam pengembangan sektor perdagangan dan jasa (Abdullah 2011).

Terdapat tiga kategori perubahan jasa lingkungan yaitu menurun, tetap dan meningkat. Penurunan jasa lingkungan yang paling tinggi terjadi di Kecamatan Bojong Gede sebesar 64,08% dan penurunan yang paling rendah terjadi di Kecamatan Sukajaya sebesar 9,01%. Peningkatan jasa lingkungan yang paling besar terjadi pada Kecamatan Ciampea sebesar 41,94% dan

peningkatan yang paling rendah terjadi pada Kecamatan Parung Panjang sebesar 4,57%. Selain penurunan dan peningkatan terdapat kondisi jasa lingkungan yang tidak berubah dengan persentase paling tinggi terjadi pada Kecamatan Cigudeg 75,21% sebesar 73,39% dan yang paling rendah terjadi pada Kecamatan Ciampea dengan persentase sebesar 19,78%. Adapun peta perubahan jasa lingkungan di Kabupaten dan Kota Bogor pada tahun 1990 – 2014 tersaji sebagaimana Gambar 5.



Gambar 5 Peta perubahan jasa lingkungan di Kabupaten dan Kota Bogor

SIMPULAN

1. Kabupaten Bogor mengalami perubahan penutupan lahan pada tahun 1990-2014 dengan perubahan terbesar yaitu perubahan penutupan lahan hutan menjadi penutupan lahan lainnya sebesar 22,03% dari luas Kabupaten. Kota Bogor mengalami perubahan penutupan lahan dengan perubahan penutupan lahan terbesar yaitu hutan menjadi penutupan lahan lainnya sebesar 26,43% dari luas Kota. Penyebabnya adalah pertumbuhan penduduk di Kota Bogor yang pesat sehingga menuntut bertambahnya lahan terbangun. Konsekwensi terhadap kerusakan lingkungan adalah berkurangnya daerah resapan air, meningkatkan potensi erosi dan banjir dan bertambahnya suhu udara
2. Secara keseluruhan nilai rata-rata jasa lingkungan di Kabupaten Bogor pada tahun 1990 adalah 4,86 dan menurun pada tahun 2014 menjadi 4,30, demikian halnya dengan Kota Bogor yaitu pada tahun 1990

adalah 4,53 dan menurun pada tahun 2014 menjadi 3,72.

3. Perubahan nilai jasa lingkungan di Kota Bogor lebih besar daripada Kabupaten Bogor yang disebabkan oleh perbedaan rencana pengembangan wilayah.

DAFTAR PUSTAKA

Anderson JR, Hardy EE, Roach JT, Witmer RE. 1976. A land use and land cover classification system for use with remote sensor data. *Geological Survey Professional*. 28 (1964).

Abdullah S. 2011. Perbedaan kabupaten dan kota. [diunduh 14 Juli 2014]. Tersedia pada <https://syukriy.wordpress.com/2011/02/01/apakah-perbedaan-antara-kabupaten-dan-kota/>.

[BKPM] Badan Koordinasi Penanaman Modal. 2015. Jumlah Penduduk Kabupaten Bogor. Bandung (ID):

- BKPM.[diunduh22Juni2015]. Tersedia pada: <http://regionalinvestment.bkpm.go.id>.
- Dewi TS. 2005. Kajian keanekaragaman jenis burung di berbagai tipe lanskap hutan tanaman pinus [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Dimiyati M, Mizuno K, Kobayashi K, Kitamura T. 2007. An analysis of land use and cover change in Indonesia. *International Journal of Remote Sensing*. 17(5): 931-944.
- Diyono.2001.Kajian kualitas interpretasi citra gabungan untuk mendeteksi perubahan liputan lahan. [tesis]. Bandung (ID): Insitut Teknologi Bandung.
- Hairiah K, Rahayu S. 2007. *Pengukuran Karbon. Tersimpan di Berbagai Penggunaan Lahan*. Bogor (ID): World Agroforestry Centre ICRASA.
- Handoko. 1993. *Klimatologi Dasar*. Bogor(ID): Pustaka Jaya.
- Herawati T. 2010. Analisis spasial tingkat baya erosi di wilayah DAS Cisadane Kabupaten Bogor. *Pusat Litbang Hutan dan Konservasi Alam*. 413-424.
- Kauffman JB, Donato DC. 2012. Protocols for the measurement, monitoring and reporting of structure, biomass and carbon stocks in mangrove forests. *Working Paper CIFOR*. 86.
- Mahon JR, Miller RW. 2003. Identifying high-value greenspace prior to land development. *Journal of Arboiculture*. 29(1) : 25-33.
- Maltima JM, Mugatha SM, Reid RS, Gachimbi N, Majule A, Lyaruu H, Poemery D, Mathai S, Mugisha S. 2009. *The linkages between land use change land degradation and biodiversity across East Africa*. *Journal of Environmental Science and Technology*. 3(10): 310-325.
- Murti SH. 2011. Kajian Data Pengineraan Jauh Multiresoulsi untuk Identifikasi Fitur Tipologi Pesisir. Yogyakarta (ID): UGM.
- Pawitan H. 2014. Perubahan Penggunaan Lahan dan Pengaruhnya terhadap Hidrologi Daerah Aliran Sungai. Bogor (ID): NAROTAMA. [diunduh 15 Desember 2016]. Tersedia pada : narotama.ac.id
- [PEMKAB Bogor] Pemerintah Daerah Kabupaten Bogor. 2013. Peraturan Daerah Nomor 35 Tahun 2013 tentang Rencana Kerja Pembangunan Daerah Kabupaten Bogor Tahun 2013. Bogor (ID): Sekretariat Daerah.
- [PEMKOT Bogor] Pemerintah Daerah Kota Bogor. 2011. Peraturan Daerah Nomor 8 Tahun 2011 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Bogor Tahun 2011-2031. Bogor (ID): Sekretariat Daerah.
- Pratama GE. 2013. Rencana pengembangan ruang terbuka hijau berdasarkan distribusi suhu permukaan dan temperature humidity index (THI) Kota Surakarta [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Pribadi DO, Shiddiq D, Ermyanila M. 2006. Model Perubahan Lahan dan Faktor-Faktor yang Mempengaruhinya. *Jurnal Teknik Lingkungan*. (1): 35-51.
- Primack RB, Supriatna J, Indrawan M. 2007. *Biologi Konservasi Edisi Revisi*. Jakarta (ID): Yayasan Obor Indonesia.
- Remondi F, Burlando P, Vollmer D. 2016. Exploring hydrological impact of incrasing on a tropical river catchment of the metropolitan Jakarta Indonesia. *Sustainable Cities and Society Journal*. (20): 210-221.
- Rohmah G. 2014. *Ecological and psychological carrying capacity of tourism in Themepark, case study: Taman Wisata Matahari Cisarua Bogor* [tesis]. Bogor (ID) : Institut Pertanian Bogor.
- Sugandi D, Lili S, Sugito NT. 2009. *Sistem Informasi Geografis*. Bandung (ID): Univesitas Pendidikan Indonesia.
- Suprayitno.2008.*Teknik Pemanfaatan Jasa Lingkungan dan Wisata Alam*. Bogor: Departemen Kehutanan Pusat DIKLAT Kehutanan.
- Tursilowati L. 2005. *Pulau Panas Perkotaan Akibat Perubahan Tata Guna dan Penutupan Lahan di Bandung dan Bogor*. *Jurnal Sains Dirgantara*. 3(1): 43-64.
- Wunder S. 2005. Payments for environmental services: some nuts and bolts. Bogor (ID) : CIFOR.[diunduh 20 Desember 2014]. Tersedia pada: http://www.cifor.org/publications/pdf_files/OccPapers/OP-42.pdf.
- Young RH. 2009. Land use and biodiversity relationship. *Journal of Land Use Policy*. (26): 178-186.