

ESTIMASI HILANGNYA CADANGAN KARBON DARI PERUBAHAN PENGGUNAAN LAHAN DI KABUPATEN BOGOR

Estimation of Carbon Stock Loss from Land Use Changes in Bogor Regency

Gatot Setiawan^a, Lailan Syaufina^b, Nining Puspaningsih^c

^a Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Baranangsiang, Bogor, 16151, Telp (021) 53166141 / 081585326702—gatot.setiawan@gmail.com

^b Departemen Silviculture, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

^c Departemen Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

Abstract. One of the primary sectors that contributes to green house gas emissions is land use changes. Bogor Regency is one of the districts close to the capital city and industrial areas so that the intensity of land use changes are very dynamic. This study aims to determine the dynamics of land use changes and CO₂-eq emissions from land use change in 2000 to 2014 in Bogor. In the period 2000-2014 the most land undergone many changes occur in mixed garden, cropland, open land and shrub that converted turned into settlement with a total amounted to 11.12% of the total area, while the CO₂-eq emissions in 2005-2009 increased approximately six times the emissions from 2000-2005 in the amount of 681 006.94 tons of CO₂-eq per year.

Keywords: green house gas emission, land use change, CO₂-eq emissions

(Diterima: 07-07-2015; Disetujui: 06-10-2015)

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Kebutuhan penggunaan lahan semakin meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk. Penggunaan lahan dibentuk oleh dua pengaruh utama yaitu kebutuhan manusia, proses dan fitur lingkungan. Pengaruh tersebut berubah secara terus-menerus yang akan terjadi di berbagai tingkat spasial dalam berbagai periode waktu dan kadang memiliki dampak yang menguntungkan dan merugikan (Aklile *et al.* 2014). Di negara berkembang perubahan penggunaan lahan sangat cepat (Yuzhe *et al.* 2011). Dampak negatif dari pengaruh perubahan penggunaan lahan karena tekanan arus urbanisasi yang cepat terjadi pada sistem ekologi lokal dan lingkungan yang akan mempengaruhi stok karbon di daratan (Hualong *et al.* 2014 dan Yu *et al.* 2014), kondisi tersebut dapat ditunjukkan dengan banyak terjadinya konversi lahan dari lahan yang bervegetasi menjadi lahan non vegetasi yang akan mengakibatkan penurunan cadangan karbon pada suatu penggunaan lahan.

Pemanasan global merupakan penyebab terjadinya perubahan iklim yang diakibatkan oleh peningkatan emisi gas rumah kaca (GRK) dari kegiatan manusia (IPCC 2007). Salah satu sektor utama penyumbang emisi GRK adalah perubahan penggunaan lahan (IPCC 2006). Di dalam konteks perubahan iklim perubahan penggunaan lahan dapat berkontribusi sebagai sumber (*sources*) dan serapan (*sink*) karbon tergantung pada tipe penggunaannya (Chuai *et al.* 2014). Faktor yang mempengaruhi perubahan penggunaan lahan diantaranya interaksi spasial antara aktivitas sosial ekonomi

internal dan eksternal suatu wilayah. Perubahan penggunaan lahan saat ini cenderung menunjukkan dampak negatif seiring dengan peningkatan jumlah penduduk yang mengakibatkan peningkatan emisi GRK (Liao *et al.* 2013).

Berdasarkan inventarisasi sumber emisi GRK Indonesia periode tahun 2000 sampai 2005 dihasilkan total emisi GRK tanpa memasukkan sektor perubahan penggunaan lahan dan kehutanan sebesar 556,728.78 Gg CO₂-eq, dengan masuknya perubahan penggunaan lahan dan kehutanan total emisi GRK Indonesia meningkat secara signifikan menjadi sebesar 1,377,982.95 Gg CO₂-eq, (Second National Communication 2009). Tiga kategori utama penghasil emisi GRK sektor perubahan penggunaan lahan dan kehutanan diantaranya konversi hutan dan padang rumput; lahan gambut; dan emisi yang dihasilkan dari tanah.

Kabupaten Bogor merupakan salah satu kabupaten yang dekat dengan Ibu Kota Jakarta dan daerah industri sehingga intensitas perubahan penggunaan lahannya sangat dinamis. Badan Pusat Statistik Kabupaten Bogor (BPS 2013) mencatat jumlah penduduk Kabupaten Bogor menempati posisi pertama se-Jawa Barat, dengan luas wilayah Kabupaten Bogor kurang lebih 2,668.82 km², maka rata-rata tingkat kepadatan penduduk Kabupaten Bogor sebesar 1,873 orang/km² dan pertambahan penduduknya sebesar 3.15% per tahun. Berdasarkan penelitian Fajarini (2014) perubahan penggunaan lahan di Kabupaten Bogor dari tahun 1989-2013 paling banyak terjadi adalah lahan pertanian yang berubah menjadi lahan terbangun.

Salah satu masalah perubahan iklim terkait dengan perubahan penggunaan lahan adalah hilangnya ca-

dangan karbon yang menyebabkan terjadinya peningkatan emisi GRK. Jumlah cadangan karbon antar lahan berbeda-beda tergantung pada keanekaragaman dan kepadatan tumbuhan yang ada.

Kegiatan pengukuran biomassa pada berbagai perubahan penggunaan lahan dilapangan yang dikombinasikan dengan teknologi citra satelit akan memberikan pendugaan cadangan karbon dan mengestimasi emisi dari perubahan penggunaan lahan. Penelitian Alberto (2010) menjelaskan penurunan cadangan karbon sampai tahun 2020 di DAS Cisadane yang terjadi disebabkan oleh pengaruh perubahan penggunaan lahan dari hasil analisis citra landsat.

Penelitian ini diharapkan dapat memperoleh gambaran mengenai dinamika perubahan penggunaan lahan dan emisinya dari berbagai kategori penggunaan lahan di wilayah Kabupaten Bogor sehingga dapat digunakan oleh para pembuat kebijakan untuk membuat rencana aksi daerah Kabupaten Bogor dalam penurunan emisi GRK.

1.2. Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menganalisis dinamika perubahan penggunaan lahan tahun 2000-2014 di Kabupaten Bogor.
2. Memperkirakan emisi CO₂-eq yang disebabkan oleh perubahan penggunaan lahan tahun 2000-2014 di Kabupaten Bogor.

2. Metode

2.1. Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilakukan di wilayah Kabupaten Bogor, Jawa Barat yang terletak pada 6018'6"4710 LS dan 106023'45"- 107013'30 BT. Waktu penelitian dilaksanakan pada Bulan Desember 2014 hingga Juni 2015. Analisis data karbon dilakukan di Laboratorium Ekologi Hutan, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor.

2.2. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra *landsat path row 122/64 dan 122/65* Kabupaten Bogor tahun 2000 dengan tanggal akuisisi 20 Juli 2000, 2005 dengan tanggal akuisisi 2 Juli 2005, 2009 dengan tanggal akuisisi 6 Agustus 2009 dan tahun 2014 dengan tanggal akuisisi 9 Juni 2014 serta peta batas administrasi Kabupaten Bogor untuk proses analisis perubahan lahan.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperangkat komputer yang dilengkapi dengan *software ERDAS Imagine, ArcGis 9.3 dan Microsoft Excel*. Peralatan lainnya yang digunakan pada saat survey lapangan adalah GPS, pita ukur, tali plastik, tongkat kayu, alat pengukur tinggi pohon, blangko pengamatan, kamera digital serta alat tulis menulis yang digunakan

untuk mengukur biomassa dari beberapa penggunaan lahan.

a. Analisis Data

Penelitian ini dilaksanakan melalui dua tahapan analisis, yaitu analisis spasial perubahan penggunaan lahan dan estimasi emisi CO₂-eq yang dihasilkan dari perubahan penggunaan lahan di Kabupaten Bogor dengan menggunakan pendekatan berbasis simpanan karbon atau dikenal dengan *Stock Difference Methode*. (KLH 2012).

1. Interpretasi Penggunaan Lahan

Analisis perubahan penggunaan lahan dilakukan melalui proses interpretasi citra *landsat* untuk wilayah Kabupaten Bogor dengan tahapan pemotongan batas area penelitian yang kemudian dilakukan koreksi geometrik. Pemotongan batas area penelitian diperlukan untuk melakukan clip citra landsat untuk memperoleh wilayah yang akan dianalisis yaitu Kabupaten Bogor. Klasifikasi dilakukan dengan menggunakan *software ERDAS Imagine* dengan metode klasifikasi secara terbimbing (*supervised classification*) pada kombinasi band 6, 5, 4 (RGB) pada citra tahun 2014 dan kombinasi band 5, 4, 3 (RGB) pada citra tahun 2000, 2005 dan 2009 dengan klasifikasi penggunaan lahan dibagi menjadi 11 kelas yang meliputi: Hutan Primer (Hp), Hutan Sekunder (Hs), Kebun Sawit (Ks), Pemukiman (Pm), Tubuh Air (A), Sawah (Sw), Kebuh Teh (Kt), Semak Belukar (B), Kebun Campuran (Kc) dan Hutan Akasia (Ha). Setelah dilakukan klasifikasi dengan metode *supervised classification* kemudian dilakukan interpretasi secara visual dengan peta perubahan lahan dari Kementerian Kehutanan.

Analisis perubahan penggunaan lahan dilakukan melalui proses tumpang susun antara peta penggunaan lahan tahun 2000, 2005, 2009 dan 2014 dengan menggunakan *software ArcGis* yang akan menghasilkan matrik transformasi perubahan penggunaan lahan. Pengambilan data lapangan, kegiatan ini dilakukan untuk mengetahui keadaan tutupan lahan yang sebenarnya di lapangan dan titik koordinat yang berguna untuk mengecek kebenaran hasil klasifikasi. Untuk memvalidasi hasil dari perubahan penggunaan lahan dilakukan dengan mengecek lapangan dan membandingkan dengan citra resousi tinggi yaitu dengan google earth. Penghitungan luasan perubahan penggunaan lahan dilakukan dengan menggunakan program Excel.

2. Pendugaan Cadangan Karbon

Pengukuran karbon tersimpan di atas permukaan tanah untuk biomassa pohon dan tumbuhan berkayu dilakukan dengan menggunakan persamaan alometrik dengan menggunakan data diameter dan tinggi pohon. Adapun persamaan alometrik yang digunakan untuk tegakan pada kebun campuran adalah $V=0.25\mu (D/100)^2H.F$ (Kemenhut 2013) sedangkan untuk tanaman kelapa sawit adalah $AGB = 0.0976H + 0.0706$ (Hairiah 2011). Selain itu, untuk beberapa karbon menggunakan nilai karbon dari hasil penelitian terdahulu diantara hutan primer dari penelitian Arifanti

(2014), hutan sekunder dari penelitian Darmawan (2010), hutan akasia dari penelitian Heriansyah (2003) dan perkebunan teh dari penelitian Haryadi (2005).

Perhitungan rumus alometrik pada setiap kategori biomassa menggunakan nilai kerapatan kayu pada masing-masing kategori penggunaan lahan. Pendugaan nilai biomassa tumbuhan bawah dan serasah didapatkan dari perhitungan total berat kering (BK) sampel yang diacu dalam Hairiah dan Rahayu (2007) dengan persamaan (1) sebagai berikut. Adapun pendugaan biomassa padi sawah juga dilakukan perhitungan yang sama dengan tumbuhan bawah dan serasah yang ada pada kebun campuran, semak belukar, dan kebun sawit pada penelitian ini

$$\text{Total BK} = \frac{\text{BK sub contoh}}{\text{BB sub contoh}} \times \text{Total BB} \dots\dots\dots (1)$$

- BK = Berat Kering (gr)
- BB = Berat Basah (gr)

Nilai kandungan karbon tersimpan pada masing-masing kategori penggunaan lahan dihitung dengan menggunakan faktor konversi 46% Hairiah (2007) dengan persamaan (2). Pada tipe penggunaan lahan untuk pemukiman, lahan terbuka dan badan air tidak dilakukan pengukuran cadangan karbon dan diasumsikan bernilai nol karena tidak bervegetasi.

$$\text{Kandungan Karbon} = \text{BK} \times 46\% \dots\dots\dots(2)$$

BK = Berat Kering (gr)

3. Memperkirakan Emisi CO₂-eq Akibat Perubahan Penggunaan Lahan

Emisi CO₂-eq yang dihasilkan dari perubahan penggunaan lahan diperkirakan dengan menggunakan

pendekatan berbasis simpanan, yang memperkirakan perbedaan simpanan karbon pada dua titik waktu. Pendekatan ini dalam IPCC 2006 *Guideline* dikenal dengan *Stock Difference Methode*. Simpanan di dalam tampungan karbon diukur pada dua titik waktu untuk menilai perubahan simpanan karbon dengan persamaan (4). Dalam menggunakan *Stock Difference Methode* untuk kategori penggunaan lahan tertentu penting untuk memastikan bahwa luas lahan dalam kategori pada waktu t₁ dan t₂ adalah sama untuk menghindari kerancuan perkiraan perubahan simpanan akibat perubahan luas (KLH 2012).

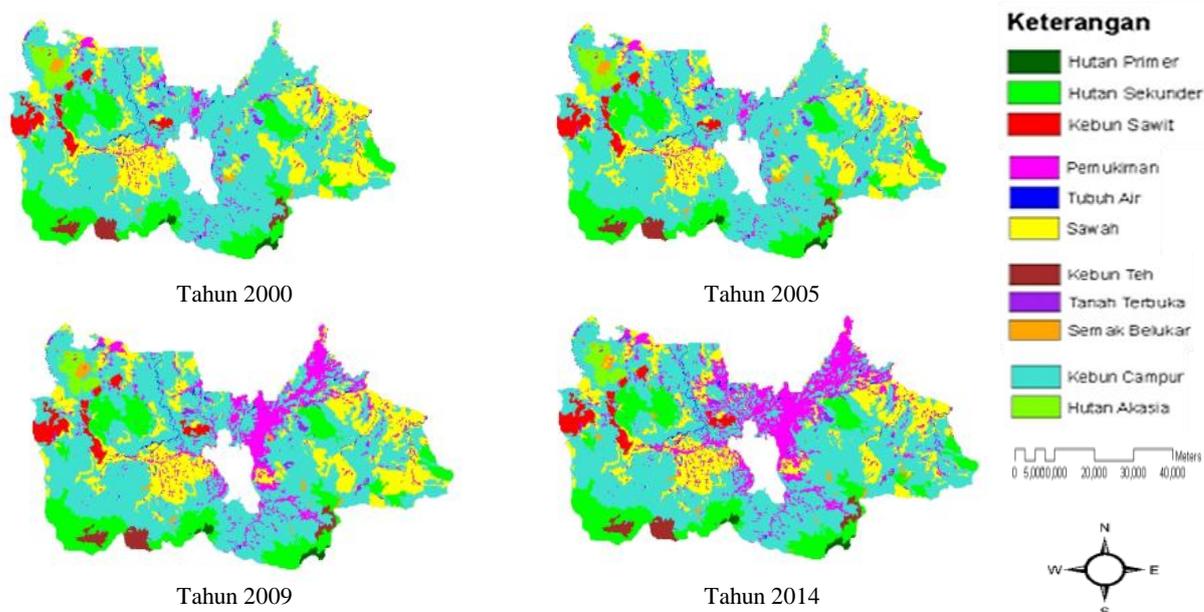
$$\Delta C = (C_{t_2} - C_{t_1}) / (t_2 - t_1) \dots\dots\dots(4)$$

- ΔC = Perubahan simpanan karbon tahunan di tampungan karbon, ton C/tahun
- C_{t₂} = Simpanan karbon di dalam tampungan karbon pada waktu t₂, ton C
- C_{t₁} = Simpanan karbon di dalam tampungan karbon pada waktu t₁, ton C

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Analisis Perubahan Penggunaan Lahan

Analisis perubahan penggunaan lahan merupakan cara untuk mengetahui bertambah dan berkurangnya penggunaan lahan pada kurun waktu tertentu (Wahyunto *et al.* 2001). Dinamika perubahan penggunaan lahan dapat terjadi pada segala bentuk pemanfaatan lahan. Hasil interpretasi citra landsat tahun 2000, 2005, 2009 dan 2014 menunjukkan berbagai perubahan penggunaan lahan. Hasil interpretasi penggunaan lahan Kabupaten Bogor tahun 2000, 2005, 2009 dan 2014 Gambar 1.



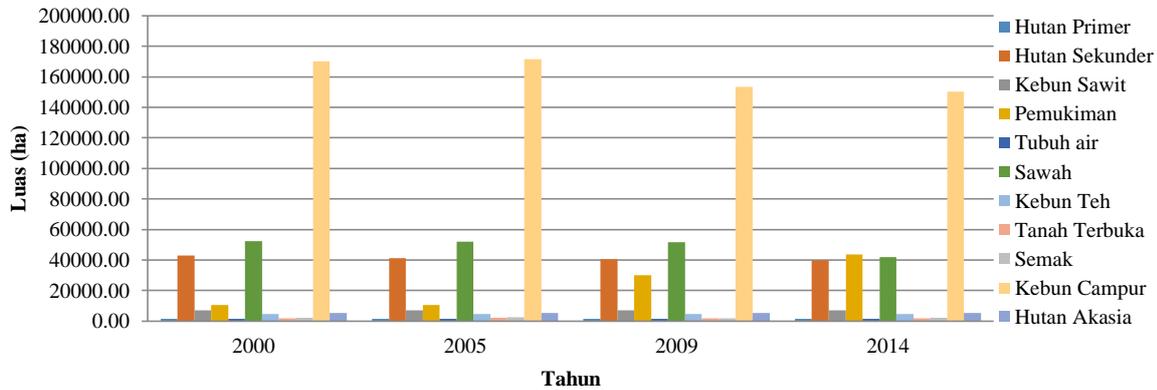
Gambar 1. Hasil Interpretasi penggunaan lahan Kabupaten Bogor tahun 2000, 2005, 2009 dan 2014

Penggunaan lahan di Kabupaten Bogor dari tahun 2000 sampai 2014 didominasi oleh kebun campuran,

sawah, hutan sekunder dan pemukiman. Dinamika perubahan penggunaan lahan di Kabupaten Bogor tahun

2000-2014 Gambar 2. Pada tahun 2000 luas kebun campur 170.205.03 ha dan mengalami penurunan pada tahun 2014 sebesar 13.2% atau 150 244.23 ha. Pemukiman mengalami pertumbuhan yang signifikan yaitu sebesar 322.43% dari 10 333.45 ha pada tahun 2000 menjadi 43,651.38 ha pada tahun 2014. Sedangkan penggunaan lahan lainnya seperti tanah terbuka, hutan akasia, sawah, kebun campuran, dan semak belukar secara umum mengalami penurunan walaupun pada

awal tahun 2005 mengalami kenaikan, namun tren dari penggunaan lahan tersebut mengalami penurunan, hal tersebut terjadi pada penggunaan lahan terbuka, berkurangnya lahan terbuka karena pemanfaatan lahan untuk pemukiman dan perluasan lahan untuk kebun campur dan sawah. Pada umumnya di negara tropis atau berkembang lahan dikonversi menjadi lahan pertanian (Campos 2005) hal ini digunakan untuk keperluan peningkatan kebutuhan pangan.



Gambar 2. Dinamika penggunaan lahan Kabupaten Bogor tahun 2000, 2005, 2009, dan 2014

Tabel 1. Matrik perubahan penggunaan lahan Kabupaten Bogor tahun 2000-2014

PL 2000	PL 2014 (ha)											Total 2009
	Hp	Hs	Ks	Pm	A	Sw	Kt	T	B	Kc	Ha	
Hp	1320.06	0.63								0.03		1320.72
Hs		39925.72	0.18	33.81		37.87	0.62	28.47	363.44	2421.68		42811.78
Ks			6880.90	0.35								6881.25
Pm				10333.45								10333.45
A					1399.44							1399.44
Sw			1.28	3310.44	2.61	40604.81	0.00	408.28	108.03	7824.75		52260.19
Kt				0.00		0.00	4706.27	23.99		2.25		4732.51
T				320.92		0.02		1078.15		283.58		1682.66
B				696.97		179.56		0.16	1233.33	39.42		2149.44
Kc			0.22	28955.20	0.91	1049.97		84.55	441.81	139672.36		170205.03
Ha										0.13	5317.90	5318.10
Total 2005	1320.06	39926.35	6882.57	43651.14	1402.96	41872.28	4706.89	1623.60	2146.61	150244.20	5317.90	299094.57

□ = Berubah ■ = Tetap

Keterangan : Hp= Hutan Primer, Hs= Hutan Sekunder, Ks= Kebun Sawit, Pm=Pemukimn, A= Tubuh Air, Sw=Sawah, Kt= Kebun Teh, T= Lahan Terbuka, B= Semak Belukar, Kc= Kebun Campur, Ha= Hutan Akasia

Berdasarkan penelitian Fajarini (2014) sekuen perubahan penggunaan lahan yang terjadi di Kabupaten Bogor yaitu dari penggunaan lahan hutan dan pertanian yang meliputi kebun, sawah dan tegalan akan mengalami perubahan menjadi lahan terbangun (misalnya pemukiman). Matrik transisi perubahan penggunaan lahan dapat dibangun untuk mengetahui penggunaan tahun awal dan penggunaan tahun akhir, apakah men-

galami perubahan ataupun tetap. Matrik transisi perubahan penggunaan di Kabupaten Bogor tahun 2000-2014 Kabupaten Bogor pada Tabel 1.

Perubahan penggunaan lahan pada tahun 2000-2014 didominasi oleh konversi dari lahan sawah, tanah terbuka, semak dan kebun campur menjadi pemukiman atau lahan terbangun masing-masing sebesar 3,310 ha, 320.92 ha, 696.97 ha dan 28,955.20 ha, dengan total kurang lebih 11.12 % dari luas Kabupaten Bogor. Sawah dan tegalan merupakan lahan yang memiliki

kelerengan yang landai dan dekat dengan pemukiman sehingga kecenderungan dikonversi menjadi daerah untuk pengembangan aktifitas (Fajarini 2014).

Pertumbuhan penduduk Kabupaten Bogor cukup tinggi yaitu sebesar 3.15% per tahun (BPS 2013) sehingga konversi lahan menjadi pemukiman semakin meningkat setiap tahun. Sedangkan variasi perubahan penggunaan lahan paling banyak terjadi pada hutan sekunder yang dikonversi menjadi kebun sawit, pemukiman, sawah, kebun teh, tanah terbuka, semak belukar dan kebun campur dengan luas masing-masing sebesar 0.18 ha, 33.81 ha, 37.87 ha, 0.67 ha, 28.47 ha, 363.44 ha dan 2421.68 ha. Kompleksitas antara faktor-faktor fisik, biologi, sosial, politik, dan ekonomi yang terjadi dalam dimensi ruang dan waktu pada saat bersamaan merupakan penyebab utama perubahan penggunaan lahan (Wu *et al.* 2008).

3.2. Estimasi Emisi CO₂-eq Akibat Perubahan Penggunaan Lahan

Kegiatan perubahan penggunaan lahan selain menyebabkan kehilangan keanekaragaman hayati juga

akan mempengaruhi jumlah karbon ataupun emisi CO₂ dari berbagai tipe penggunaan lahan (Arifanti 2014). Emisi CO₂-eq dihasilkan akibat dari penurunan kualitas ataupun konversi suatu lahan menjadi lahan lainnya yang memiliki simpanan karbon yang lebih kecil. Dengan menggunakan pendekatan berbasis simpanan karbon maka emisi CO₂ dapat dihitung setelah mendapatkan matrik perubahan penggunaan lahan. Simpanan karbon masing-masing penggunaan lahan berbeda, oleh karena itu jika terjadi perubahan penggunaan lahan dengan kandungan biomasa yang tinggi penggunaan lahan dengan kandungan biomasa rendah akan menghasilkan karbon yang lebih kecil.

Data simpanan karbon pada Tabel 2 merupakan data simpanan karbon diatas permukaan tanah (*above ground*). Sedangkan simpanan karbon di bawah permukaan tanah tidak diperhitungkan karena pada tanah mineral memiliki simpanan simpanan karbon yang relatif rendah hal ini mengingat bahwa Kabupaten Bogor tanahnya berupa tanah mineral. Data simpanan karbon dibawah menunjukkan bahwa penggunaan lahan dengan kerapatan vegetasi yang lebih tinggi akan mengindikasikan besarnya simpanan karbon rata-rata dari penggunaan lahan tersebut.

Tabel 2. Simpanan karbon beberapa penggunaan lahan

No	Penggunaan Lahan	Simpanan Karbon (ton/ha)
1	Hutan Primer	147,06
2	Hutan Sekunder	113,2
3	Kebun Sawit	52,7
4	Pemukiman	0
5	Tubuh Air	0
6	Sawah	5,24
7	Kebun The	22,13
8	Tanah Terbuka	0
9	Semak	1,7
10	Kebun Campur	36,2
11	Hutan Akasia	82,24

keterangan : Simpanan karbon pada kebun sawit, sawah, semak dan kebun campur merupakan hasil pengukuran lapangan, sedangkan pada hutan primer, hutan sekunder, kebun the dan hutan akasia merupakan hasil penelitian terdahulu

Grafik emisi CO₂-eq dari perubahan penggunaan lahan pada periode tahun 2000-2005, 2005-2009 dan 2009-2014 pada Gambar 3. Gambar tersebut menunjukkan bahwa emisi total tahunan Kabupaten Bogor pada sektor penggunaan lahan tertinggi terjadi pada periode tahun 2005-2009 sebesar 681,006.94 ton CO₂-eq, sedangkan pada periode tahun 2000-2005 dan 2009-2014 memiliki nilai yang lebih rendah masing-masing sebesar 104 598.26 ton CO₂-eq dan 348 911.27 ton CO₂-eq. Pada periode tahun 2000-2005 perubahan terbesar terjadi perubahan hutan sekunder menjadi penggunaan lahan lainnya seperti kebun sawit, pemukiman, sawah dan kebun campur. Kemudian diikuti perubahan penggunaan lahan dari sawah menjadi penggunaan lahan lainnya. Menurut Trimarwanti (2013) Pola rang dalam RTRW Kabupaten Bogor yang telah menetapkan dominasi kawasan pertanian lahan

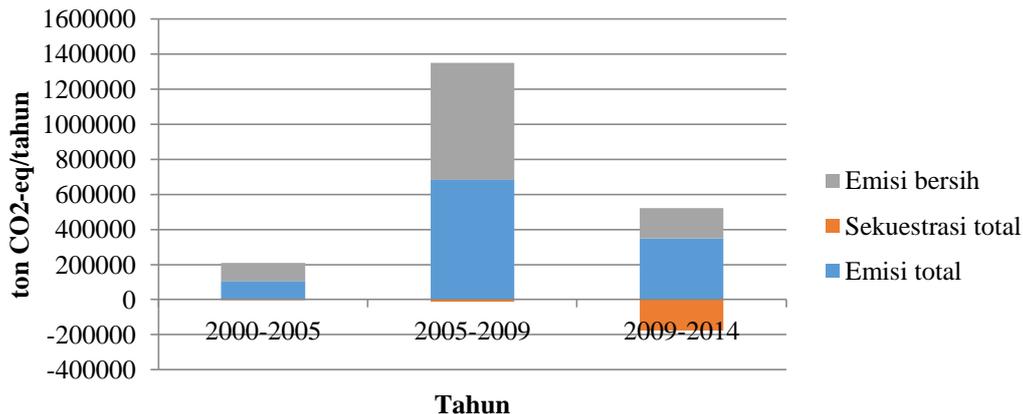
basah, namun yang terjadi adalah penggunaan lahan pertanian beraih dungs menjadi lahan pemukiman.

Peningkatan emisi pada periode tahun 2005-2009 dapat dipengaruhi oleh kebijakan pemerintah yaitu terkait Undang-undang No 32 tahun 2004 tentang Pemerintah Daerah, memberikan kewenangan otonomi yang sangat besar pada daerah untuk mengelola pemerintahan dan sumber daya daerahnya. Peraturan tersebut secara langsung berdampak terhadap proses perubahan penggunaan lahan pada setelah tahun 2005. Peningkatan emisi tahun 2005-2009 juga diperkuat hasil studi dari FWI (2011) bahwa pada periode tahun 2000-2008 telah terjadi peningkatan produksi kayu nasional, peningkatan produksi kayu tersebut akan memicu konversi hutan alam ataupun hutan tana-

man terkait pemanenan kayu sehingga pada periode tersebut bisa mengindikasikan adanya kerusakan hutan atau konversi lahan.

Pada periode 2009-2014 mengalami penurunan emisi total yaitu kurang lebih 50% ton CO₂-eq per tahun dari periode 2005-2009 hal ini disebabkan karena sekuestrasi pada periode tersebut mengalami peningkatan yaitu sebesar 175 977.59 ton CO₂-eq/tahun, sedangkan sekuestrasi pada tahun 2000-2005 dan 2005-2009 masing-masing sebesar 1513.3 ton CO₂-eq/tahun dan 12 684.06 ton CO₂-eq/tahun. Sekuestrasi terjadi

akibat perubahan penggunaan lahan dari alih fungsi lahan dengan jumlah biomassa yang lebih rendah ke biomassa yang lebih tinggi misalnya penanaman pada lahan terbuka atau pemanfaatan lahan terlantar dengan komoditas yang lebih produktif misalkan perubahan dari semak ke perkebunan. Kegiatan tersebut akan meningkatkan cadangan karbon. Simpanan karbon masing-masing penggunaan lahan berbeda, tergantung pada kandungan biomasanya, semakin tinggi biomasa maka akan semakin besar nilai karbonnya dan semakin kecil nilai biomasa semakin kecil nilai kandungan karbonnya (Brown 1997).



Gambar 3. Grafik emisi bersih, sekuestrasi total dan emisi total dari perubahan penggunaan lahan Kabupaten Bogor tahun 2000-2005, 2005-2009 dan 2009-2014

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Kabupaten Bogor pada periode tahun 2000 sampai 2014 mengalami perubahan penggunaan lahan secara dinamis. Lahan yang paling banyak mengalami perubahan adalah kebun campur, lahan sawah, tanah terbuka, dan semak yang dikonversi menjadi pemukiman yaitu sebesar 33.283 ha atau kurang lebih 11.12% dari luas Kabupaten Bogor.
2. Hasil perhitungan emisi tahun 2000-2014 menunjukkan bahwa laju emisi historis total tahunan paling besar Kabupaten Bogor yaitu pada periode tahun 2005-2009 sebesar 668,322.88 ton CO₂-eq/tahun. Hal ini menunjukkan bahwa emisi tahun 2005-2009 mengalami peningkatan enam kali lipat dari emisi tahun 2000-2005.

5. Saran

1. Kebijakan terkait penurunan emisi gas rumah kaca di Kabupaten Bogor sangat diperlukan kaitannya dengan alih fungsi lahan, sehingga tingkat emisi yang dihasilkan tidak semakin meningkat. Aksi mitigasi yang nyata untuk penurunan emisi sektor lahan dapat segera disusun.
2. Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk penyusunan rencana aksi mitigasi dalam penurunan emisi

GRK pada masing-masing penggunaan lahan dengan klasifikasi yang lebih beragam.

6. Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan yang telah membiayai penelitian ini. Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada Pemerintah Daerah Kabupaten Bogor yang membantu dalam kelancaran penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] Alberto, A., 2010. Model perubahan penggunaan lahan untuk menduga cadangan karbon di daerah aliran Sungai Cisadane, Jawa Barat. Skripsi. Departemen Geofisika dan Meteorologi Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- [2] Arifanti, V., 2014. Potensi cadangan karbon tegakan hutan sub Montana di Taman Nasional Gunung Halimun Salak. Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan 11(1), pp. 13-31.
- [3] Aklile, Y., B. Fekadu, 2014. Examining drivers of land use change among pastoralists in Eastern Ethiopia. Journal of Land Science 4(9), pp. 402-413.
- [4] Brown, Sandra, 1997. Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forests: a Primer. (FAO Forestry Paper - 134). FAO, Rome.
- [5] [BPS] Badan Pusat Statistik Kabupaten Bogor, 2013. Statistik Kabupaten Bogor Tahun 2013. BPS Kabupaten Bogor, Bogor.
- [6] Campos, C., S. M. Maria, P. R. Luiz, 2005. Historical CO₂ emission and concentrations due to land use change of croplands and

- pastures by contry. *Science of the Total Environment* 346, pp. 149-155.
- [7] Darmawan, I. W. S., I. Samsodin, C.A. Siregar, 2010. Dinamika potensi biomasa karbon pada lanskap hutan bekas tebangan. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, Bogor.
- [8] Fajarini, R., 2014. Dinamika perubahan penggunaan lahan dan perencanaan tata ruang di Kabupaten Bogor. Tesis. Sekolah Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- [9] [FWI] Forest Watch Indonesia, 2011. Potret Keadaan Hutan Indonesia. FWI, Bogor.
- [10] Hairiah, K., R. Subekti, 2007. Pengukuran Karbon Tersimpan di Berbagai Macam Penggunaan Lahan. *World Agroforestry Centre*, Bogor.
- [11] Hairiah, K., K. Andree, R. S. Rika, R. Subekti, 2011. Pengukuran Karbon Tersimpan di Berbagai Macam Penggunaan Lahan. *World Agroforestry Centre*, Bogor.
- [12] Hariyadi, 2005. Kajian potensi cadangan karbon pada per-tanaman teh (*Camelia sinensis* (L) O. Kunstzo) dan berbagai tipe penggunaan lahan di Kawasan Taman Nasional Gunung Halimun, Kecamatan Nanggung, Kabupaten Bogor. Disertasi. Sekolah Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- [13] Hualong, L., L. Yongqiang, H. Xuegang, L. Tingting, L. Yuri, 2014. Effects of land use transitions due to rapid urbanization on ecosystem services: Implications for urban planning in the new developing area of China. *Habitat International* 44, pp. 536-544.
- [14] [IPCC] Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Hayama, Japan.
- [15] [IPCC] Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007. Climate Change: The Scientific Basis. Cambridge University Press, Cambridge.
- [16] [Kemenhut] Kementerian Kehutanan, 2012. Pedoman Penggunaan Model Alometrik untuk Pendugaan Biomassa dan Stok Karbon Hutan di Indonesia. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, Jakarta.
- [17] [KLH] Kementerian Lingkungan Hidup, 2012. Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca: Buku II. Pedoman Umum. Volume 3. Metodologi Penghitungan Tingkat Emisi dan Penyerapan Gas Rumah Kaca, Pertanian, Kehutanan dan Penggunaan Lahan Lainnya. KLH, Jakarta.
- [18] Liao, C. H., C. L. Chang, C. Y. Su, P. T. Chiueh, 2013. Correlation between land use change and greenhouse gas emission in urban areas. *International Journal Environment Science Technology* 10, pp. 1275-1286.
- [19] [MoE] Ministry of Environment, 2009. Second National Communication Indonesia under the United Nation Framework for Climate Change Convention. MoE, Indonesia.
- [20] Trimarwanti, T. K. E., 2013. Evaluasi perubahan penggunaan lahan kecamatan di Daerah Aliran Sungai Cisadane. *Jurnal Pembangunan Wilayah dan Kota* 10(1), pp. 43-58.
- [21] Yu, T., L. Feng, W. Ruong, Z. Dan, 2014. Effect of land use and cover change on terrestrial carbon stocks in urbanized area: a study from Changzhou, china. *Journal of Cleaner Production*, pp. 1-7.
- [22] Yuzhe, W., Z. Xiaoling, S. Liyin, 2011. The impact of urbanization policy on land use change: a scenario analysis. *Cities* 28, pp. 147-150.
- [23] Wahyunto, 2001. Studi Perubahan Lahan di Sub Das Citarik, Jawa Barat dan Kali Garang Jawa Tengah. *Prosiding Seminar Nasional Multif*.