

PENDUGAAN 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, dan Nining Puspaningsih^c

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

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

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

ABSTRACT

One of the primary sectors that contribute on national greenhouse gas emissions are land use changes. Land use change contributes approximately 50% of national emissions. In the context of climate change, land use change can contribute as the source and sink of carbon. Bogor Regency is one of the districts close to the capital city of Indonesia and industrial areas so that the intensity of land use changes are very dynamic. The aim of this study was to determine the dynamics of land use change and CO₂-eq emissions from year 2000 to 2014 in Bogor Regency. Approach to estimate carbon stock change in this study was conducted with stock difference method, the method of calculation of carbon which assesses the carbon deposits at two time points. Most of land use change occurred in mixed garden, wetland, open land, and shrubs that converted into settlement that amounted to 33 283 ha or approximately 11.12% of the Bogor Regency, while the rate of total annual emissions of the greatest historical, namely in the period 2005-2009 amounted to 681 006.94 tones of CO₂-eq / year. Increase of emissions occurred in the conversion into other land uses that have a lower carbon stock.

Key words: *land use change, greenhouse gas emissions, carbon stock*

PENDAHULUAN

Kebutuhan penggunaan lahan manusia semakin lama 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 adalah 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 untuk mengalami perubahan. 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. Salah satu masalah perubahan iklim terkait dengan perubahan penggunaan lahan adalah hilangnya cadangan karbon yang menyebabkan terjadinya peningkatan emisi GRK. Jumlah cadangan karbon antar lahan berbeda-beda tergantung pada keanekaragaman dan kerapatan tumbuhan yang ada. Hasil penelitian Widiatmaka (2012) bahwa di Kabupaten Bogor telah terjadi penurunan total luasan hutan dan sawah masing-masing hingga 24 975 ha dan 54 406 ha. Penurunan ini secara langsung akan menyebabkan penurunan cadangan karbon tanah. Kegiatan pengukuran biomassa pada berbagai perubahan penggunaan lahan di lapangan yang dikombinasikan dengan teknologi citra satelit akan memberikan pendugaan cadangan karbon dan mengestimasi emisi dari perubahan penggunaan lahan. Penelitian tersebut 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 pengambil kebijakan untuk membuat rencana aksi daerah dalam penurunan emisi GRK akibat perubahan iklim di Kabupaten Bogor pada khususnya dan Provinsi Jawa Barat pada umumnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dinamika perubahan penggunaan lahan tahun 2000 – 2014 di Kabupaten Bogor dan memperkirakan emisi CO₂-eq yang disebabkan oleh perubahan penggunaan lahan tahun 2000 – 2014 di Kabupaten Bogor.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilakukan di wilayah Kabupaten Bogor, Jawa Barat yang terletak pada 6018'6"47 10 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.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra *landsat* Kabupaten Bogor tahun 2000, 2005, 2009 dan tahun 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 di 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.

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 cadangan karbon atau dikenal dengan *Stock Difference Method*.

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. 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. 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 berdasarkan pada kategori biomassa pada berbagai persamaan hasil penelitian terdahulu. Persamaan alometrik yang digunakan untuk vegetasi pohon yaitu $V = 0.25 \pi [(D/100)^2(HF)]$ dan $B = 0.0976 H + 0.0706$ untuk kelapa sawit. Selain itu, untuk beberapa karbon menggunakan nilai dari hasil penelitian terdahulu diantaranya hutan primer, hutan sekunder, hutan akasia dan perkebunan teh. Cadangan karbon pada hutan primer diperoleh dari penelitian Arfianti (2014) pada hutan sub montana di Taman Nasional Gunung Halimun Salak pada biomassa di atas permukaan tanah. Sedangkan cadangan karbon pada hutan sekunder diperoleh dari penelitian Darmawan (2010) di wilayah Gunung Gede Pangrango. Cadangan karbon di kebun teh diperoleh dari penelitian Haryadi (2005) di Kawasan Taman Nasional Gunung Halimun dan cadangan karbon pada hutan akasia dari penelitian Heriansyah (2003).

Bentuk plot pengukuran biomassa tumbuhan berbentuk persegi panjang dengan pembagian sub plot yang disesuaikan dengan ukuran masing-masing sub plot dengan ulangan sebanyak tiga kali ulangan. Plot besar berukuran 20 m x 100 m digunakan untuk vegetasi berdiameter > 30 cm, ukuran 5 m x 40 m untuk vegetasi berdiameter 5-30 cm serta sub plot dengan ukuran 2 x 0.5 m x 0.5 m untuk tumbuhan bawah.

Pendugaan nilai biomassa tumbuhan bawah dan serasah didapatkan dari perhitungan total berat kering (BK) sampel yang diacu dalam Hairiah dan Rahayu (2007) dengan persamaan (2) sebagai berikut. Adapun pendugaan biomassa padi sawah juga dilakukan perhitungan yang sama dengan tumbuhan bawah dan serasah yaitu dengan pengambilan biomassa kurang lebih 300 gram kemudian dimasukkan dalam plastik spesimen lalu ditimbang berat basah kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 80°C selama 24 jam untuk mendapatkan nilai berat kering.

$$\text{Total BK} = \frac{\text{BK sub contoh}}{\text{BB sub contoh}} \times \text{Total BB} \dots \dots \dots (2)$$

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

Nilai kandungan karbon tersimpan pada masing-masing kategori penggunaan lahan dihitung dengan menggunakan faktor konversi 46% dengan persamaan (3). Berdasarkan Hairiah 2007 bahwa nilai kandungan karbon merupakan 46% dari biomasnya. Pada tipe penggunaan lahan untuk pemukiman, lahan terbuka dan badan air tidak dilakukan pengukuran cadangan karbon dan diasumsikan bernilai nol karena tidak bervegetasi.

$$\text{Kandungan Karbon} = \text{BK} \times 46\% \dots \dots \dots (3)$$

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 cadangan karbon yang

memperkirakan perbedaan cadangan karbon pada dua titik waktu. Pendekatan ini dalam IPCC 2006 *Guideline* dikenal dengan *Stock Difference Method*. Cadangan di dalam tampungan karbon (*carbon pools*) diukur pada dua titik waktu untuk menilai perubahan cadangan karbon dengan persamaan (4). Dalam menggunakan *Stock Difference Method* 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 cadangan akibat perubahan luas (KLH 2012).

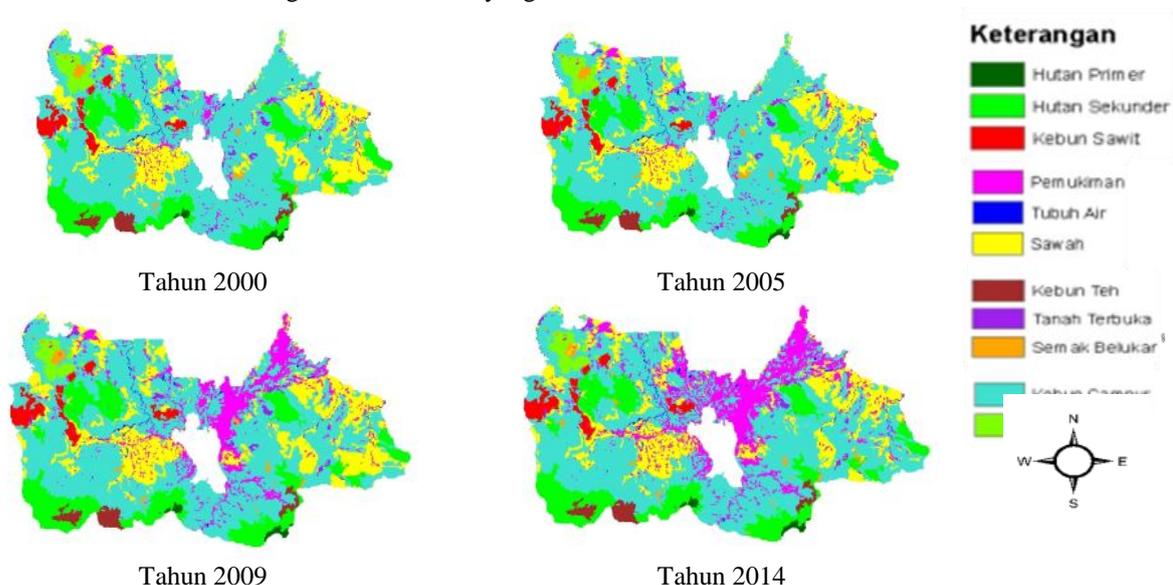
$$\Delta C = (C_{t_2} - C_{t_1}) / (t_2 - t_1) \dots \dots \dots (4)$$

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

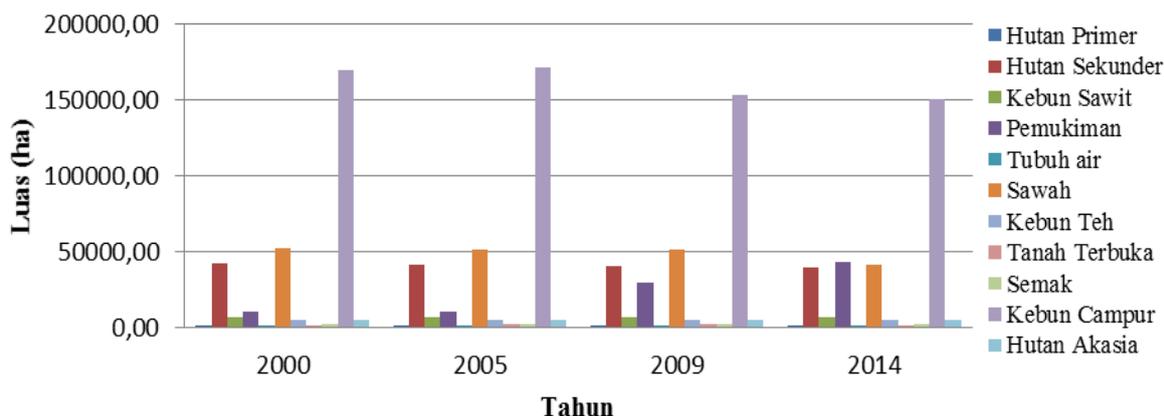
HASIL DAN PEMBAHASAN

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. Penggunaan lahan terdiri dari sebelas kelas yang meliputi: Hutan Primer (Hp), Hutan Sekunder (Hs), Kebun Sawit (Ks), Pemukiman (Pm), Tubuh Air (A), Sawah (Sw), Kebun Teh (Kt), Semak Belukar (B), Kebun Campuran (Kc) dan Hutan Akasia (Ha). Hasil interpretasi penggunaan lahan Kabupaten Bogor tahun 2000, 2005, 2009 dan 2014 dengan nilai akurasi masing-masing citra adalah 71.73%, 76.69%, 78.20%, 86.25% (Gambar 1).



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



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

Penggunaan lahan di Kabupaten Bogor dari tahun 2000 sampai 2014 didominasi oleh kebun campur, sawah, hutan sekunder dan pemukiman (Gambar 2). Pada tahun 2000 luas kebun campur 170 205.03 ha mengalami penurunan sebesar 11.72% pada tahun 2014 atau sebesar 150 244.23 ha. Pemukiman mengalami pertumbuhan yang signifikan yaitu 10 333.45 ha pada tahun 2000 menjadi 43 651.38 ha pada tahun 2014 atau sebesar 322.42%. Sedangkan penggunaan lahan lainnya secara umum 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) untuk keperluan peningkatan kebutuhan pangan.

Berdasarkan penelitian Fajarini (2014) 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 lahan awal dan penggunaan tahun akhir, apakah mengalami 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 3310 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 kemiringan 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).

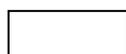
Estimasi Emisi CO₂-eq Akibat Perubahan Penggunaan Lahan

Kegiatan perubahan penggunaan lahan selain menyebabkan kehilangan keanekaragaman hayati juga 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 cadangan karbon yang lebih kecil. Dengan menggunakan pendekatan berbasis cadangan karbon maka emisi CO₂ dapat dihitung setelah mendapatkan matrik perubahan penggunaan lahan. Cadangan karbon masing-masing penggunaan lahan berbeda, sehingga jika terjadi perubahan penggunaan lahan dengan kandungan biomasa yang tinggi penggunaan lahan dengan kandungan biomasa rendah akan menghasilkan karbon yang lebih kecil.

Data cadangan karbon pada Tabel 2 merupakan data cadangan karbon di atas permukaan tanah (*above ground*), sedangkan cadangan karbon di bawah permukaan tanah di Kabupaten Bogor tidak diperhitungkan karena pada tanah mineral memiliki cadangan karbon yang rendah. Data cadangan karbon pada Tabel 2 menunjukkan bahwa penggunaan lahan dengan kerapatan vegetasi yang lebih tinggi akan mengindikasikan besarnya cadangan karbon rata-rata dari penggunaan lahan tersebut.

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

PL 2000	PL 2014 (ha)											Total 200
	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 = Pemukiman, A = Tubuh Air, Sw = Sawah, Kt = Kebun Teh, T = Lahan Terbuka, B = Semak Belukar, Kc = Kebun Campur, Ha = Hutan Akasia

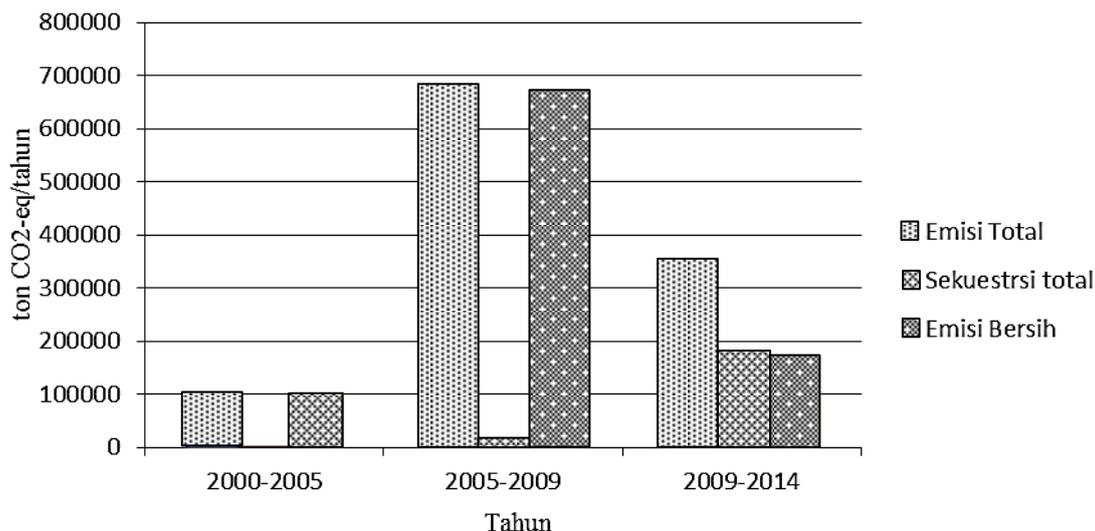
Grafik emisi CO₂-eq dari perubahan penggunaan lahan pada periode tahun 2000-2005, 2005-2009 dan 2009-2014 (Gambar 3) menunjukkan bahwa emisi total tahunan Kabupaten Bogor pada sektor penggunaan lahan tertinggi terjadi pada periode tahun 2005-2009 sebesar 681 006.94 ton CO₂-eq, sedangkan pada periode 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 ruang dalam RTRW Kabupaten Bogor yang telah menetapkan dominasi kawasan pertanian lahan basah, namun yang terjadi adalah penggunaan lahan pertanian beralih fungsi 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 akan 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 tanaman terkait pemanenan kayu sehingga pada periode tersebut bisa mengindikasikan adanya kerusakan hutan atau konversi lahan.

Tabel 2 Cadangan karbon beberapa penggunaan lahan

No	Penggunaan Lahan	Cadangan Karbon (ton/ha)	Sumber
1	Hutan Primer	147.06	Arfianti, 2014
2	Hutan Sekunder	113.20	Darmawan, 2010
3	Kebun Sawit	52.70	Hasil pengolahan data
4	Pemukiman	0.00	Hairiah, 2007
5	Tubuh Air	0.00	Hairiah, 2007
6	Sawah	5.24	Hasil pengolahan data
7	Kebun Teh	22.13	Haryadi, 2005
8	Tanah Terbuka	0.00	Hairiah, 2007
9	Semak	1.70	Hasil pengolahan data
10	Kebun Campur	36.20	Hasil pengolahan data
11	Hutan Akasia	82.24	Heriansyah, 2003

Keterangan : Cadangan karbon pada kebun sawit, sawah, semak dan kebun campur merupakan hasil pengukuran lapangan, sedangkan pada hutan primer, hutan sekunder, kebun teh dan hutan akasia merupakan hasil penelitian terdahulu



Gambar 3 Grafik emisi bersih, sekuestrasi total dan emisi total dari perubahan penggunaan lahan Kabupaten Bogor tahun 200-2005, 2005-2009 dan 2009-2014

Emisi total pada periode 2009-2014 mengalami penurunan kurang lebih 50% ton CO₂-eq per tahun dari periode 2005-2009, hal ini disebabkan karena sekuestrasi pada periode tersebut mengalami peningkatan 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. Cadangan karbon masing-masing penggunaan lahan berbeda, oleh karena itu jika terjadi perubahan penggunaan lahan dengan kandungan biomassa yang tinggi penggunaan lahan dengan kandungan biomassa rendah akan menghasilkan karbon yang lebih kecil (Brown 1997).

SIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian tersebut dapat disimpulkan bawah:

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.

Saran

Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk penyusunan rencana aksi mitigasi dalam penurunan emisi GRK pada masing-masing penggunaan lahan dengan klasifikasi yang lebih beragam.

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

- Arfianti, V, 2014. Potensi Cadangan Karbon Tegakan Hutan Sub Montana di Taman Nasional Gunung Halimun Salak. *Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan*. Vol 11 No. 1, Hal 13-31.
- Aklile Y, Fekadu B. 2014. Examining drivers of land use change among pastoralists in Eastern Ethiopia. *Journal of Land Science* 4(9): 402-413.
- Brown, Sandra, 1997. Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forests: a Primer. (FAO Forestry Paper - 134). FAO, Rome.
- [BPS] Badan Pusat Statistik Kabupaten Bogor. 2013. Statistik Kabupaten Bogor Tahun 2013. Bogor. BPS Kabupaten Bogor.

- Campos C, Maria SM, Luiz PR. 2005. Historical CO₂ emission and concentrations due to land use change of croplands and pastures by contry. *Science of the Total Environment*. 346:149-155.
- Darmawan, I.W.S., I. Samsuedin dan C.A. Siregar. 2010. Dinamika Potensi biomasa karbon pada lanskap hutan bekas tebangan. *Jurnal Penelitian Hutan*. Pusat Penelitian Hutan dan Konservasi Alam. Bogor.
- Fajarini R. 2014. Dinamika Perubahan Penggunaan Lahan dan Perencanaan Tata Ruang Di Kabupaten Bogor. [Tesis].Bogor (ID): Sekolah Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor.
- [FWI] Forest Watch Indonesia. 2011. Potret Keadaan Hutan Indonesia. Bogor.
- Hairiah K dan Subekti R. 2007. *Pengukuran Karbon Tersimpan di Berbagai Macam Penggunaan Lahan*. World Agroforestry Centre. Bogor.
- Hariyadi. 2005. Kajian Potensi Cadangan Karbon Pada Pertanaman Teh (*Camelia sinensis* (L) O. Kunstzo) dan Berbagai Tipe Penggunaan Lahan di Kawasan Taman Nasional Gunung Halimun, Kecamatan Nanggung, Kabupaten Bogor. [Disertasi]. Bogor (ID): Sekolah Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor.
- Hualong L, Yongqiang L, Xuegang H, Tingting L, Yuri L. 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* 44:536-544.
- [IPCC] Intergovernmental Panel on Climate Change. 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Hayama, Japan.
- [IPCC] Intergovernmental Panel on Climate Change. 2007. *Climate Change: The Scientific Basis*. Cambridge University Press: Cambridge.
- [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.
- 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. *Int.J. Environ Sci. Techno*. 10:1275-1286.
- [MoE] Ministry of Environment, 2009. *Second National Communication Indonesia under The United Nation Framework for Climate Change Convention*. Indonesia.
- Trimarwanti TKE. 2013. Evaluasi perubahan penggunaan lahan Kecamatan di Daerah Aliran Sungai Cisadane. *Jurnal pembangunan wilayah dan kota*. Vol 10(1) : 43-58 Maret 2014.
- Yu T, Feng L, Ruong W, Dan Z. 2014. Effect of land use and cover change on terrestrial carbon stocks in urbanized area: a study from Changzhou, china. *Journal of Cleaner Production* xxx: 1-7.
- Yuzhe W, Xiaoling Z, Liyin S. 2011. The impact of urbanization policy on land use change: a scenario analysis. *Cities* 28: 147-15.
- Wahyunto, 2001, Studi Perubahan Lahan di Sub Das Citarik, Jawa Barat dan Kali Garang Jawa Tengah. Prosiding Seminar Nasional Multif.
- Widiatmaka, M. Ardiansyah dan Wiwin Ambarwulan. 2012. Perubahan Cadangan Karbon Organik Tanah dalam Konteks Perubahan Penggunaan Lahan selama 2 Dekade; Studi Kasus Kabupaten Bogor. *Globe* 2(14): 170-177.