

# Pendugaan Emisi CO<sub>2</sub> sebagai Gas Rumah Kaca akibat Kebakaran Hutan dan Lahan pada Berbagai Tipe Penutupan Lahan di Kalimantan Tengah, Tahun 2000-2009

## *CO<sub>2</sub> Emission Suspection as Green House Gas Impact of Forest and Land Fire on Some Land Cover Type in Center Kalimantan, Year 2000-2009*

Bambang Hero Saharjo<sup>1</sup>, Erianto Indra Putra<sup>1</sup>, Umar Atik<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Silviculture Fakultas Kehutanan IPB

### ABSTRACT

*Land and forest fire can release carbon emissions into the air, for example happened in Central Kalimantan. Especially from land use conversion. Land and forest fire area can be predicted by using hotspot data. Carbon emissions measured by the potential of burnt area on every land covers. This research show that an increase in the number of hotspot from 2000 to 2009. The highest number of hotspot in 2006 reached 22,505 spot. The increasing number of hotspot form 2000 to 2009 is in line with the increasing of burned area on every land covers. Swamp shrub has the highest potential of burned area that reached 113,608.66 ha. Shrub converted to palm oil plantation released the highest carbon emission (801,764 ton). The highest carbondioxide emission on mineral land in Central Kalimantan was released from shrub in 2005 (459,427 ton). While on peat land, the highest carbondioxide emission was released from secondary swamp forest in 2005 (80,851 ton) and primary swamp forest in 2009 (180,531 ton).*

**Key words:** *burned area, carbondioxide, hotspot*

### PENDAHULUAN

Kebakaran hutan dan lahan menjadi suatu fenomena permasalahan yang rutin terjadi khususnya di Indonesia. Kejadian kebakaran hutan dan lahan tidak terlepas dari faktor alam dan manusia. Meningkatnya kejadian kebakaran hutan dan lahan sebagian besar disebabkan oleh kegiatan manusia dalam mengelola hutan. Pembukaan lahan untuk pertanian dan perkebunan dengan cara pembakaran dianggap sebagai metode yang murah dan cepat namun di sisi lain hal tersebut beresiko tinggi menyebabkan kebakaran hutan dan lahan.

Pada tahun 1996, pemerintah Indonesia menginisiasikan program *Mega Rice Project* di Kalimantan Tengah dengan mengonversi 1 juta ha lahan gambut menjadi lahan pertanian untuk budidaya padi dan mendukung program transmigrasi. Lahan gambut di area *Mega Rice Project* mudah mengering sehingga menjadi bahan bakar yang siap terbakar selama musim kemarau. Hal ini didukung dengan adanya kekeringan ekstrim yang diindikasikan sebagai El-Nino pada tahun 1997, 2002, 2004, dan 2006.

Kejadian kebakaran erat hubungannya dengan perubahan penggunaan lahan. Perubahan penggunaan lahan di suatu daerah akibat kebakaran hutan dan lahan dapat menghasilkan emisi karbon. Sebagian besar emisi karbon berupa gas karbondioksida (CO<sub>2</sub>). Emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan secara berlebih akan meningkatkan gas

rumah kaca di atmosfer yang berdampak pada peningkatan pemanasan global. Oleh karena itu perlu dilakukan pendugaan emisi karbon yang bertujuan mengetahui kecenderungan penutupan lahan yang menghasilkan emisi CO<sub>2</sub> terbesar.

### BAHAN DAN METODE

#### A. Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan pada bulan April–Juni 2012. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Kebakaran Hutan, Departemen Silviculture, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor.

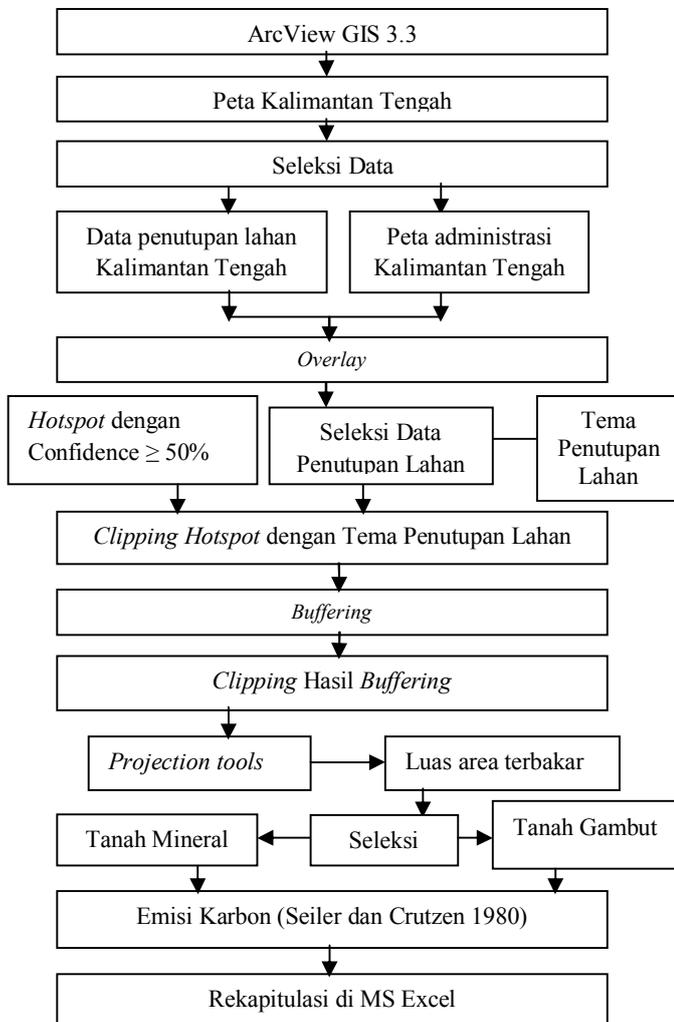
#### B. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah perangkat lunak ArcView GIS 3.3, *Microsoft Office*, alat tulis. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut, data sebaran *hotspot* Provinsi Kalimantan Tengah tahun 2000–2009 dari Citra Satelit MODIS dari FIRMS (*Fire Information Resources Management System*), data curah hujan Provinsi Kalimantan Tengah dari BMKG Pusat, data penutupan lahan dari RSPO (*Roundtable on Sustainable Palm Oil*) tahun 2000, 2005, 2009.

**C. Pengolahan Data**

**1. Pengolahan Data di Arc View 3.3**

Pengolahan data menggunakan *software* ArcView GIS 3.3. Langkah-langkah pengolahan data pada perangkat lunak ArcView GIS 3.3 seperti disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram alir pengolahan data

**2. Penghitungan Estimasi Emisi Karbon**

Emisi karbon dikalkulasikan dengan mengikuti persamaan menurut Seiler dan Crutzen (1980):

$$M = A \times B \times E$$

Dimana:

- M= Massa bahan bakar yang terbakar (ton)
- A = Luas area terbakar (hektar)
- B = Efisiensi pembakaran
- E = Muatan bahan bakar (ton/ha)

Kehilangan karbon dari pembakaran M (C) dikalkulasikan sebagai:

$$M(C) = 0,45 \times M$$

Dimana:

- M (C) = Emisi karbon (ton)
- M = Biomassa bahan bakar terbakar (ton)

**3. Analisis Data**

Tahap analisis data yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- a. Analisis perubahan penutupan lahan di Kalimantan Tengah.
- b. Analisis sebaran titik panas (*hotspot*) di Kalimantan Tengah pada tahun 2000–2009 menggunakan ArcView GIS 3.3.
- c. Analisis luas area kebakaran hutan dan lahan dari tahun 2000, 2005, 2009 di Kalimantan Tengah.
- d. Analisis perhitungan estimasi emisi karbondioksida yang ditimbulkan dari kebakaran hutan dan lahan di Kalimantan Tengah.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Tabel 1 Luasan penutupan lahan tahun 2000, 2005, dan 2009

No	Penutupan Lahan	2000 (ha)	2005 (ha)	2009 (ha)
1	Semak Belukar Rawa	1.463.934	1.530.765	1.676.550
2	Hutan Primer	6.119.290	5.903.447	5.297.260
3	Hutan Gambut Primer	2.621.214	2.456.094	2.258.254
4	Hutan Sekunder	824.628	675.555	780.064
5	Hutan Gambut Sekunder	523.379	593.039	465.180
6	HTI	94.578	78.932	63.773
7	Kebun Campuran	43.829	62.500	73.082
8	Karet	93.249	124.586	117.321
9	Kelapa Sawit	271.759	433.939	1.258.117
10	Mangrove	34.325	34.325	34.325
11	Rumput	95.569	24.099	32.604
12	Rumput Rawa	192.316	140.892	157.944
13	Semak Belukar	2.111.070	2.270.949	2.170.956
14	Sawah	61.098	71.945	65.007
15	Kolam	1.473	1.473	1.531
16	Tegalan	573.262	716.512	660.459
17	Pemukiman	25.906	26.190	26.409
18	Tambang	15.255	20.896	27.300

Tabel 2 *Hotspot* di penutupan lahan Kalimantan Tengah tahun 2000, 2005, dan 2009

No	Penutupan Lahan	2000	2005	2009
1	Semak Belukar Rawa	328	605	1.983
2	Hutan Primer	19	471	376
3	Hutan Gambut Primer	164	498	1.321
4	Hutan Sekunder	45	205	157
5	Hutan Gambut Sekunder	295	702	720
6	HTI	24	46	8
7	Kebun Campuran	7	18	34
8	Karet	16	64	92
9	Kelapa Sawit	39	121	647

No	Penutupan Lahan	2000	2005	2009
10	Mangrove	1	1	2
11	Rumput	15	16	12
12	Rumput Rawa	380	323	440
13	Semak Belukar	140	758	643
14	Sawah	13	25	50
15	Kolam	-	-	-
16	Tegalan	251	383	899
17	Pemukiman	2	15	9
18	Tambang	6	2	12
	Total	1.745	4.253	7.405

Tabel 3 Luas area terbakar di Kalimantan Tengah tahun 2000, 2005, dan 2009

No	Penutupan Lahan	Tahun 2000 (ha)	Tahun 2005 (ha)	Tahun 2009 (ha)
1	Semak Belukar Rawa	19.335	40.743	113.609
2	Hutan Primer	1.655	36.707	31.375
3	Hutan Gambut Primer	9.364	24.804	57.317
4	Hutan Sekunder	3.661	15.482	13.361
5	Hutan Gambut Sekunder	17.985	32.816	39.862
6	HTI	1.782	3.072	728
7	Kebun Campuran	628	1.468	2.658
8	Karet	1.370	4.920	6.102
9	Kelapa Sawit	2.878	9.243	39.547
10	Mangrove	82	91	78
11	Rumput	1.216	1.030	914
12	Rumput Rawa	13.883	13.623	21.525
13	Semak Belukar	8.825	56.719	50.266
14	Sawah	1.183	1.704	3.801
15	Kolam	-	-	-
16	Tegalan	15.703	24.020	52.088
17	Pemukiman	195	686	524
18	Tambang	302	151	781
	Total	100.046	267.281	434.536

Tabel 4 Emisi karbon tahun 2000, 2005, dan 2009

No	Penutupan Lahan	2000 (ton)	2005 (ton)	2009 (ton)
1	Semak belukar rawa	130.510	275.017	766.858
2	Hutan primer	20.853	462.509	395.326
3	Hutan gambut primer	117.982	312.534	722.196
4	Hutan sekunder	41.189	174.175	150.309
5	Hutan gambut sekunder	161.869	295.348	358.756
6	HTI	20.044	34.555	8.191
7	Kebun campuran	3.956	9.251	16.745

No	Penutupan Lahan	Tahun 2000 (ha)	Tahun 2005 (ha)	Tahun 2009 (ha)
8	Kebun karet	3.699	13.283	16.476
9	Kelapa sawit	25.904	83.188	355.925
10	Mangrove	554	613	527
11	Rumput	4.377	3.708	3.292
12	Rumput rawa	87.462	85.827	135.610
13	Semak belukar	79.423	510.475	452.392
14	Sawah	4.790	6.900	15.395
15	Kolam	-	-	-
16	Tegalan	148.394	226.990	492.228
17	Pemukiman	351	1.235	943
18	Tambang	543	272	1.406

Menurut Hartanto (2006) penutupan lahan adalah jenis kenampakan yang terdapat di permukaan bumi sementara penggunaan lahan mengarah pada kegiatan manusia pada obyek tersebut. Luas area Provinsi Kalimantan Tengah yang terukur berdasarkan pengolahan data dari peta Kalimantan Tengah yakni seluas 15.283.345 ha. Sementara berdasarkan literatur Tata Guna Hutan Kesepakatan dari Kementerian Kehutanan tahun 2001 luas Kalimantan Tengah adalah 15.249.222 ha. Perbedaan ini disebabkan karena adanya deliniasi pada peta citra satelit.

Tahun 2000–2005 hutan primer mengalami pengurangan terbesar yakni 215.843 (4%) ha, sedangkan area kelapa sawit mengalami kenaikan luas area yakni 162.180 ha (60%). Pada tahun 2005–2009, hutan primer mengalami konversi terbesar yakni 606.187 ha (10%), sedangkan kelapa sawit mengalami kenaikan jumlah area yakni 824.177 ha (190%).

Penutupan hutan primer tersebut berubah menjadi pertambangan, kebun campuran, hutan tanaman industri, perkebunan kelapa sawit, hutan sekunder, belukar, dan tegalan dalam jangka waktu 5 tahun. Pada tahun 2009 luas hutan primer berkurang hingga 822.030 ha jika dibandingkan dengan luas hutan primer tahun 2000.

Perkebunan kelapa sawit mengalami peningkatan luas yakni 986.357 ha. Hal ini terjadi akibat beberapa penggunaan lahan seperti semak belukar rawa, tegalan, semak belukar, rumput rawa, rumput, kebun rakyat, hutan tanaman industri, hutan sekunder, hutan primer, semak belukar rawa, hutan rawa sekunder, dan hutan rawa primer dikonversi menjadi area kelapa sawit

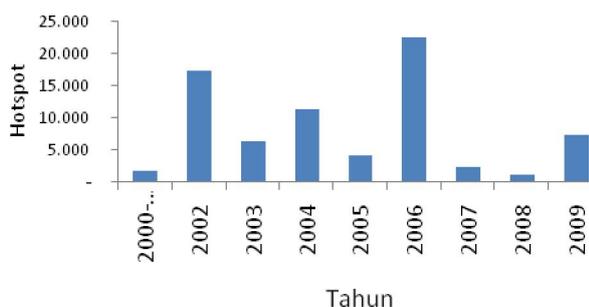
Terjadi perubahan penggunaan lahan yakni dari hutan menjadi bentuk penggunaan lahan non-hutan. Peningkatan luas area perkebunan didasari oleh alasan sosial ekonomi terkait dengan adanya kebijakan pemberian insentif terhadap sektor perkebunan sehingga menyebabkan luas perkebunan meningkat pesat (Syaufina 2008).

Terdapat 12 jenis penutupan lahan yang berubah menjadi perkebunan kelapa sawit dari tahun 2000 hingga tahun 2005. Perubahan penutupan lahan terbesar yaitu terjadi pada semak belukar menjadi kelapa sawit seluas 67.031 ha. Hal yang sama terjadi pada perubahan

luas penutupan semak belukar menjadi perkebunan kelapa sawit yang mencapai 287.149 ha pada tahun 2005–2009. Hal ini terjadi karena mudahnya penutupan semak belukar dibakar untuk penyiapan lahan kelapa sawit. Total pembakaran semak belukar menjadi lahan perkebunan kelapa sawit yaitu 26.770 ha (40%) di tahun 2000–2005 dan 89.085 ha (31%) di tahun 2005–2009. Semak belukar berada pada kawasan lahan kering yang ditumbuhi vegetasi alami heterogen dan homogen yang kerapatannya jarang hingga rapat. Kawasan tersebut didominasi vegetasi rendah (alami). Semak belukar di Indonesia biasanya kawasan bekas hutan dan biasanya tidak menampakkan bekas atau bercak tebangan (Standar Nasional Indonesia 2010).

Jumlah *hotspot* mengalami kenaikan pada tahun 2002, 2004 dan 2006. Pada tahun 2002 *hotspot* mencapai 17.324, pada tahun 2004 *hotspot* mencapai 11.332 dan pada tahun 2006 *hotspot* mencapai 22.505. Kenaikan ini salah satunya disebabkan karena adanya fenomena El-Nino pada tahun 2002, 2004, dan 2006. Jumlah *hotspot* di Kalimantan Tengah tahun 2000–2009 disajikan pada Gambar 2.

Data sebaran *hotspot* yang terjadi pada tahun-tahun tersebut dapat menggambarkan fenomena El-Nino yang telah terjadi. Menurut Putra *et al.* (2008) kejadian El-Nino merupakan kejadian kekeringan terjadi pada tahun 1997, 2002, 2004, dan 2006. Fenomena El-Nino yang terjadi dapat menyebabkan kekeringan bahan bakar akibat menurunnya curah hujan.



Gambar 2 Grafik jumlah *hotspot* di Kalimantan Tengah Tahun 2000-2009

Curah hujan berpengaruh terhadap kelembaban bahan bakar. Semakin tinggi curah hujan maka kelembaban akan semakin tinggi yang mengakibatkan kejadian kebakaran menjadi sulit. Selain itu, kenaikan jumlah *hotspot* ini diduga karena perubahan area hutan menjadi area tidak berhutan. Hal ini diindikasikan dengan munculnya titik-titik panas dan kebakaran yang terjadi di area non-hutan.

Pada tahun 2000, rumput rawa mencatat jumlah *hotspot* tertinggi yang disebabkan faktor konversi lahan salah satunya menjadi lahan pertanian. Sehingga menyebabkan rawa mengalami subsiden dan kekeringan yang tinggi. Hal ini akan memicu terjadinya kebakaran gambut dan gambut yang subsiden tidak dapat kembali ke bentuk awal.

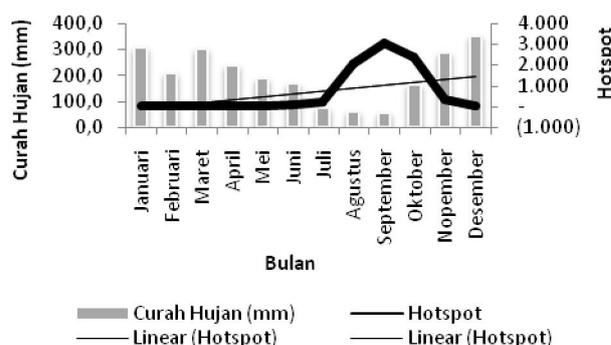
Pada tahun 2005, semak belukar mencapai jumlah *hotspot* tertinggi karena diindikasikan ekosistem tersebut memiliki kondisi vegetasi yang mudah

terbakar. Hal ini terkait dengan faktor perilaku kebakaran hutan yaitu bahan bakar. Semak belukar termasuk pada klasifikasi bahan bakar bawah (*surface fuels*) dan atas (*crown fuels*) yang berada di antara tajuk tumbuhan tingkat bawah sampai tajuk tumbuhan tingkat tinggi. Bahan bakar ini terdiri dari cabang-cabang pohon, daun, semak belukar serta pohon mati yang masih berdiri (Brown dan Davis 1973).

Semak belukar rawa mencapai jumlah *hotspot* tertinggi pada tahun 2009, hal ini disebabkan luas area semak belukar rawa semakin meningkat yakni terjadi kenaikan mencapai 145.784 ha (10%) di tahun 2009. Peningkatan ini disebabkan karena perubahan penutupan lahan berupa hutan gambut primer (21.996 ha), hutan gambut sekunder (52.139 ha) dan rumput rawa (16.482 ha) menjadi semak belukar rawa. Kondisi penutupan semak belukar rawa memungkinkan munculnya *hotspot* karena terkait semak belukar sebagai bahan bakar yang mudah terbakar dan lahan gambut yang mendominasi penutupan semak belukar rawa.

*Hotspot* yang terdapat di lahan mineral adalah 6.391 titik sedangkan pada lahan gambut adalah 7.012 titik. Jumlah titik *hotspot* yang terdapat di gambut lebih banyak daripada di tanah mineral disebabkan karena lahan gambut di Kalimantan Tengah memiliki kondisi yang lebih cepat mengalami kekeringan dan mudah terbakar. Salah satunya adalah sebagai akibat *Mega Rice Project* (MRP) di tahun 1996 yang mengonversi 1 juta hektar lahan gambut menjadi lahan untuk pertanian dan transmigrasi. Kepadatan *hotspot* di area *Mega Rice Project* mencapai 3,28 *hotspot*/km<sup>2</sup> sementara *hotspot* di luar area *Mega Rice Project* hanya mencapai 0,92 *hotspot*/km<sup>2</sup> selama tahun 1997–2007. Lahan gambut di area *Mega Rice Project* mudah mengering sehingga menjadi bahan bakar yang siap terbakar selama musim kemarau. Hal ini diperparah dengan adanya kekeringan ekstrim yang diindikasikan sebagai El-Nino pada tahun 1997, 2002, 2004, dan 2006 (Putra *et al.* 2008).

Curah hujan merupakan unsur iklim yang memiliki korelasi tinggi dengan kejadian kebakaran hutan (Soares dan Sampaio 2000a). Rataan curah hujan dari BMKG Pusat dan *hotspot* per bulan pada tahun 2000 hingga tahun 2009 disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3 Rataan curah hujan dan *hotspot* per bulan tahun 2000–2009 Kalimantan Tengah

Kenaikan jumlah *hotspot* pada bulan Juli hingga September terjadi karena penurunan curah hujan pada

periode bulan kering tersebut. Semakin tinggi curah hujan maka jumlah *hotspot* akan berkurang begitu pula sebaliknya. Puncak dari kenaikan *hotspot* yaitu pada bulan September dan sejalan dengan penurunan paling rendah curah hujan di bulan September.

Estimasi luas area terbakar pada tahun 2000, didominasi oleh semak belukar rawa seluas 19.334,82 ha. Estimasi luas area terbakar pada tahun 2005 didominasi oleh penutupan lahan belukar seluas 56.719,42 ha. Estimasi luas area terbakar pada tahun 2009 didominasi oleh semak belukar rawa seluas 113.608,67 ha. Jika dibandingkan dengan data jumlah *hotspot*, pada tahun 2000 penutupan lahan rumput rawa memiliki jumlah *hotspot* terbanyak, namun pada luas area terbakar tahun 2000 semak belukar rawa memiliki luas terbakar tertinggi. Hal ini terjadi karena terjadi tumpang tindih (*overlapping*) *hotspot* pada lahan yang lebih sempit di penutupan lahan rumput rawa (192.316 ha) sementara luas area semak belukar rawa lebih luas yakni 1.463.934,45 ha. Hal tersebut menyebabkan luasan area terbakar lebih banyak pada daerah yang lebih luas yakni semak belukar rawa. Selain itu, posisi *hotspot* pada rumput rawa cenderung berkumpul di satu wilayah yang menyebabkan luasan area terbakar menjadi berkurang. Namun pada tahun 2005 dan 2009 luas area terbakar sejalan dengan jumlah *hotspot* yang terdapat pada semak belukar dan semak belukar rawa. Hal ini disebabkan jumlah *hotspot* tertinggi memiliki perbedaan yang signifikan besar dengan jumlah *hotspot* yang lainnya.

Berdasarkan rekapitulasi emisi karbon pada tahun 2000, penutupan hutan gambut sekunder menghasilkan nilai emisi karbon tertinggi 161.869 ton hal ini disebabkan karena luas area terbakar di hutan gambut sekunder menempati urutan kedua setelah luas area terbakar semak belukar rawa pada tahun 2000. Semak belukar rawa tidak menghasilkan emisi karbon tertinggi walaupun luas area terbakarnya terbesar disebabkan karena koefisien bahan bakarnya lebih rendah daripada nilai koefisien bahan bakar hutan gambut sekunder (Seiler and Crutzen 1980).

Penutupan lahan semak belukar menghasilkan emisi karbon tertinggi mencapai 510.475 ton pada tahun 2005. Hal ini disebabkan karena luas area terbakar semak belukar mencapai luas tertinggi pada tahun 2005. Selain itu nilai koefisien pembakaran yang mencapai 0,8 (Seiler and Crutzen 1980) menunjukkan bahwa semak belukar merupakan bahan bakar yang sangat mudah terbakar.

Semak belukar rawa menghasilkan emisi karbon tertinggi yaitu mencapai 766.858 ton pada tahun 2009. Penyebab utama yaitu karena luas area terbakar semak belukar rawa mencapai luasan tertinggi di tahun 2009. Akumulasi emisi karbon dari tahun 2000, 2005, dan 2009 menunjukkan bahwa penutupan lahan semak belukar rawa menghasilkan emisi tertinggi yaitu mencapai 1.172.385 ton. Hal ini terkait dengan luas area yang terbakar di semak belukar rawa dan kandungan gambut dalam rawa lebih banyak. Kandungan gambut yang lebih banyak dapat menyebabkan kejadian kebakaran meningkat (Agus *et al.* 2011).

Pada penutupan lahan yang berjenis tanah mineral, emisi karbondioksida (CO<sub>2</sub>) dari semak belukar menempati urutan pertama berturut-turut dari tahun 2000, 2005, dan 2009. Emisi karbondioksida tertinggi pada penutupan lahan semak belukar di Kalimantan Tengah berada pada tahun 2005 (459.427 ton). Dominasi emisi karbondioksida yang dihasilkan oleh semak belukar disebabkan karena faktor utama yaitu luas area terbakar semak belukar yang seluruhnya terdapat pada tanah mineral.

Sementara pada penutupan lahan gambut, jenis hutan gambut sekunder menempati urutan pertama emisi karbondioksida (CO<sub>2</sub>) pada tahun 2000 dan 2005. Emisi karbondioksida tertinggi berasal dari penutupan hutan gambut sekunder pada tahun 2005 (80.851 ton). Hal ini disebabkan area terbakar hutan gambut sekunder didominasi oleh lahan gambut. Kondisi hutan gambut sekunder yang sudah mengalami intervensi menyebabkan hutan ini mudah mengalami kebakaran hal ini terkait dengan proses pengeringan gambut karena sudah berubah dari hutan gambut primer. Sedangkan pada tahun 2009 hutan gambut primer menghasilkan emisi karbondioksida (CO<sub>2</sub>) tertinggi (180.531 ton).

## KESIMPULAN

1. Berdasarkan jenis penutupan lahan di Kalimantan Tengah, semak belukar rawa memiliki jumlah *hotspot* tertinggi yaitu 1.983 titik *hotspot* pada tahun 2009, sementara jumlah *hotspot* tertinggi di Kalimantan Tengah terdapat pada tahun 2006 (22.505 titik).
2. Luas area terbakar tertinggi di Kalimantan Tengah adalah pada penggunaan semak belukar rawa seluas 113.609 ha di tahun 2009. Pada tahun 2009 diperoleh estimasi total luas area terbakar seluruh penutupan lahan seluas 434.536 ha.
3. Jenis perubahan lahan semak belukar menjadi perkebunan kelapa sawit di Kalimantan Tengah menghasilkan emisi gas rumah kaca (CO<sub>2</sub>) tertinggi yaitu mencapai 801.764 ton pada tahun 2005 hingga tahun 2009. Emisi karbondioksida tertinggi di Kalimantan Tengah yang dihasilkan pada tanah mineral berasal dari penutupan lahan semak belukar pada tahun 2005 (459.427 ton). Sementara pada lahan gambut emisi karbondioksida tertinggi berasal dari penutupan hutan gambut sekunder tahun 2005 (80.851 ton) dan hutan gambut primer tahun 2009 (180.531 ton).

## SARAN

Perlu dilakukan penelitian di wilayah lain di Indonesia sehingga dapat diperoleh hasil rekapitulasi *hotspot*, luas area terbakar dan emisi karbon pada seluruh wilayah Indonesia.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agus F, Hairiah K, Mulyani A. 2011. *Pengukuran Cadangan Karbon Tanah Gambut*. Bogor: World Agroforestry Centre-ICRAF, Sea Regional Office dan Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian (BBSDLP).
- Brown AA, Davis KP. 1973. *Forest Fire Control and Use*. McGraw Hill. Inc: Toronto, Canada.
- Hartanto. 2006. Land use dan land cover. [terhubung berkala].  
<http://hartanto.wordpress.com/2006/08/14/land-use-dan-land-cover/> [17 Juni 2012].
- Putra E, Hayasaka H, Takahashi H, Usup A. 2008. Recent peat fire activity in the mega rice project area Central Kalimantan Indonesia. *Journal of disaster research* 3(5):1-6.
- Seiler W, Crutzen P. 1980. Estimates of gross and net fluxes of carbon between the biosphere and the atmosphere from biomass burning. *Climate change* 2:207-247.
- Soares R, Sampaio O. 2000. Wildfire occurrence in a forest district and other Brazilian protected areas. *XXI IUFRO World Congress. Prosiding Pertemuan Ilmiah*; Kuala Lumpur 7-12 August 2000. Malaysia: Malaysian XXI IUFRO World Congress Organizing Committee. hlm 498.
- Standar Nasional Indonesia. 2010. *Klasifikasi Penutupan Lahan*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Syaufina L. 2008. *Kebakaran Hutan dan Lahan di Indonesia Perilaku Api, Penyebab, dan Dampak Kebakaran*. Malang: Bayumedia.