

**INOVASI METODOLOGI DAN METODE ESTIMASI CADANGAN
KARBON DALAM HUTAN DALAM RANGKA *REDUCED EMISSIONS
FROM DEFORESTATION AND DEGRADATION (REDD) INDONESIA***
(Inovation on Methodology and Methods of Forest Carbon Stock Estimation
in Line with the Indonesian Programme on Reduced Emissions from
Deforestation and Degradation (REDD))

Elias¹⁾, I Nyoman Jaya Wistara²⁾

¹⁾ Dep. Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan IPB

²⁾ Dep. Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan IPB

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah menciptakan suatu metodologi dan metode yang tepat guna untuk mengestimasi cadangan karbon di dalam berbagai tipe hutan di Indonesia. Penelitian tahun pertama difokuskan pada rekayasa dan aplikasi metodologi dan metode untuk mengestimasi cadangan karbon hutan rakyat jeunjing (*Paraserianthes falcataria* L Nielsen) di Desa Julagajaya, Kecamatan Jasinga, Kabupaten Bogor, Jawa Barat. Metodologi dan metode estimasi cadangan karbon ini berdasarkan survei potensi karbon hutan dan model persamaan massa karbon pohon. Hasil studi menunjukkan terdapat perbedaan kadar karbon dalam biomassa dari bagian-bagian pohon. Model persamaan massa karbon pohon jeunjing adalah $C = 0,7 D^{1,48}$, dengan R^2 adj. = 95,7 %. Hasil estimasi massa karbon pohon jeunjing berdasarkan model persamaan penelitian ini lebih rendah dibandingkan dengan hasil estimasi berdasarkan model Brown (1997), tetapi lebih tinggi bila dibandingkan hasil estimasi berdasarkan model Ketterings et al. (2001). Berdasarkan model penelitian ini potensi karbon hutan rakyat jeunjing di Desa Julagajaya berturut-turut adalah 29,262; 33,555; 36,041; 39,163; 33,163; dan 56,943 ton/ha untuk tegakan berumur 1,2,3,4,5 dan 6 tahun. Implementasi metodologi dan metode tersebut terhadap hutan rakyat jeunjing menunjukkan tingkat aplikasinya yang baik dalam mengestimasi massa karbon di hutan.

Kata kunci : Metodologi, metode, model, karbon, hutan.

ABSTRACT

The objective of this study is to create an appropriate methodology and methods of forest carbon stock estimation for various forest types in Indonesia. In the first year, the study was focused on the engineering and application of the methodology and methods for carbon stock estimation in the community forest of falcata (*Paraserianthes falcataria* L Nielsen) of Jalagajaya Village, Jasinga Subdistrict, Bogor District, West Java, Indonesia. The methodology and methods were based on field surveys of the forest and an equation model of tree biomass carbon. It was found that carbon content within different parts of tree biomass was different, and model equation of tree carbon mass estimation for falcata was $C = 0.7 D^{1.48}$, with R^2 adj. = 95.7. Carbon mass of falcata estimated by the use of current equation model was found lower than that of Brown's (1997). However it was higher than that of Ketterings et al. (2001). Based on current equation model, carbon stocks of the falcata in the community forest of Julagajaya village were estimated as high as 29.262 ton/ha, 33.555 ton/ha, 36.041 ton/ha, 39.163 ton/ha, 33.163 ton/ha, and 56.943 ton/ha, respectively for the 1,2,3,4,5 and 6 year old stands. The implementation of the methodology and methods to the community forest of falcata has demonstrated it's applicability to assess the forest carbon mass stock in the forest.

Keywords: Methodology, method, model, carbon, forest.

PENDAHULUAN

Hingga saat ini metode estimasi massa karbon dalam pohon yang digunakan di Indonesia adalah persamaan alometrik biomassa pohon yang dikembangkan Brown (1997) dan Ketterings et al. (2001). Kedua model ini mengasumsikan kadar karbon rata-rata dalam biomassa semua jenis pohon adalah 50 %. Asumsi tersebut mungkin kurang tepat bagi wilayah tropis seperti Indonesia, karena biodiversitas yang sangat tinggi. Beberapa penelitian telah menunjukkan terdapat variasi kadar karbon di dalam biomassa tipe-tipe hutan, yang terjadi tidak saja pada tingkat jenis dan struktur tegakan, tetapi juga pada bagian-bagian dalam satu pohon (Elias dan Rafiko, 2009; data sementara, Peichl dan Arain, 2006 dan 2007).

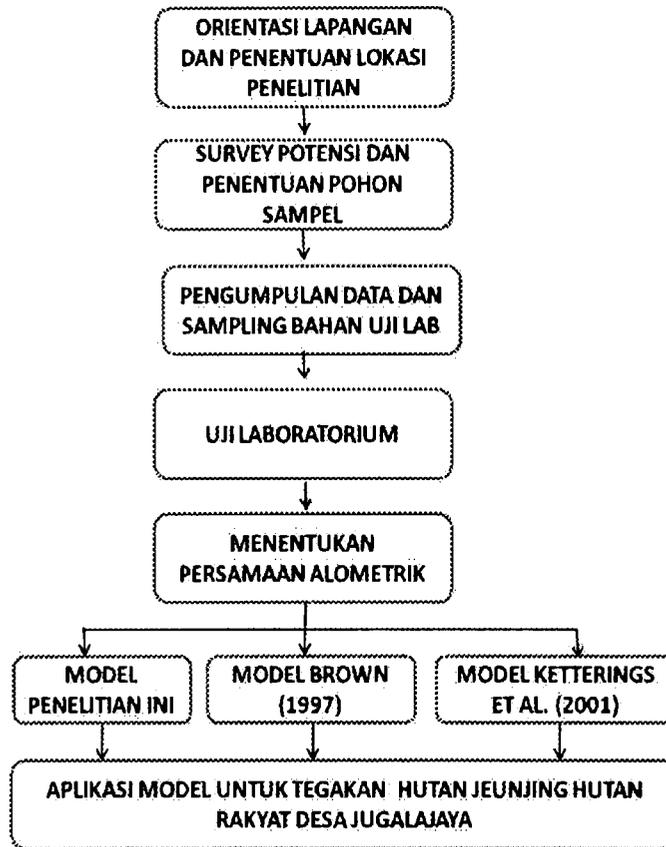
Tujuan penelitian ini adalah menciptakan metodologi dan metode estimasi massa karbon pohon yang tepat guna untuk berbagai tipe hutan di Indonesia. Penelitian tahun pertama ditujukan untuk menentukan kadar karbon dalam setiap bagian pohon jeunjing, tingkat hubungan antara masa karbon pohon dan diameternya, persamaan alometrik dan aplikasinya pada hutan rakyat jeunjing, dan membandingkan model pendugaan masa karbon hasil penelitian ini dengan model Brown (1997) dan Ketterings et al. (2001).

METODE PENELITIAN

Penelitian tahun pertama dilakukan di hutan jeunjing di Desa Jugalajaya, Kecamatan Jasinga, Kabupaten Bogor, Jawa Barat. Pengujian laboratorium dilakukan di Laboratorium Terpadu Hasil Hutan dan Laboratorium Pulp & Kertas, Departemen Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor. Gambar 1 menunjukkan garis besar tahapan penelitian.

Pemilihan lokasi survey dalam penelitian didasarkan pada kriteria keterwakilan umur tegakan, kelas diameter dalam tegakan seumur, dan kondisi rata-rata tegakan jeunjing di Desa Jugalajaya. Lokasi terpilih harus mewakili tegakan jeunjing berumur 1, 2, 3, 4, 5 dan >5 tahun. Metode survey yang dipergunakan adalah metode inventarisasi hutan sistem jalur dengan petak ukur berbentuk bujursangkar dan lebar jalur 10 meter. Luas tiap petak ukur adalah 0,01

ha. Pohon jeunjing yang diukur adalah yang berdiameter 5 cm ke atas, yang diukur dengan pita keliling.



Gambar 1. Garis besar tahapan penelitian.

Jumlah total sampel adalah 40 pohon. Pengumpulan data pohon sampel diawali dengan mengukur diameter pohon berdiri, pemangkasan cabang, perebahan batang utama, penggalian akar, pemisahan bagian-bagian pohon, dan pengukuran volume dan berat. Bagian-bagian pohon dikelompokkan kedalam kelompok batang utama (pangkal batang sampai ujung batang utama berdiameter 5 cm), cabang (batang cabang berdiameter > 5 cm), ranting (cabang dan ranting berdiameter < 5 cm), tunggak dan akar, dan daun.

Sampel bahan uji di laboratorium diambil dari bagian-bagian pohon sampel, yakni dari bagian batang utama, cabang, ranting, daun, tunggak dan akar. Replikasi sampel sebanyak 3 kali. Jenis sampel bahan uji laboratorium tertera di dalam Tabel 1.

Tabel 1. Sampel bahan uji laboratorium

Bagian Pohon	Sampel	Keterangan
Batang Utama	Bagian pangkal	Dibuat potongan melintang batang setebal ± 5 cm
	Bagian tengah	
	Bagian ujung	
Cabang	Cabang besar	Diameter > 5 cm
	Cabang sedang	Dibuat potongan melintang cabang setebal ± 5 cm
	Cabang kecil	
Ranting	Ranting besar	Masing-masing ± 1 kg
	Ranting sedang	
	Ranting kecil	
Daun	Representatif dari semua jenis kelompok daun.	Sebanyak ± 1 kg
Akar dan Tunggak	Tunggak	Masing-masing ± 1 kg
	Akar diameter > 5 cm	
	Akar diameter < 5 cm	

Berat jenis, kadar air, zat terbang, kadar abu, dan kadar karbon bahan uji masing-masing ditentukan dengan mengikuti metode standar ASTM D 2395-970, ASTM D 4442-07, ASTM D 5832-98, ASTM D 2866-94, dan SNI 06-3730-1995. Model estimasi massa karbon pohon penelitian ini menggunakan persamaan alometrik yang diperoleh dari hubungan antara massa karbon pohon dan diameternya, yang dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$C = a D^b$$

dimana: C = Berat massa karbon dalam setiap pohon (kg)

D = Diameter setinggi dada (cm)

a dan b = Konstanta.

Selain itu juga dilakukan uji t-student terhadap data kadar karbon dalam biomassa bagian-bagian pohon, dan analisis deskriptif terhadap persamaan massa karbon pohon dari model penelitian ini, model Brown (1997), dan model Ketterings *et al.* (2001).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar Karbon Biomassa Pohon

Hasil analisis kadar karbon biomassa pohon jeunjing dari Desa Julagajaya disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Kadar karbon biomassa bagian-bagian pohon junjing di Desa Julagajaya

Kelas Diameter (cm)	Kadar Karbon (%)							
	Akar Ø < 5 cm	Akar Ø > 5 cm	Tunggak	Batang Utama	Batang Cabang	Batang Utama di Atas Cabang	Ranting	Daun
5-10.	37,10	39,19	42,52	50,42	41,66	39,51	36,73	35,42
10-15.	37,66	37,90	42,28	45,86	39,19	38,21	37,62	37,24
15-20	38,51	38,51	42,05	50,35	40,72	39,31	36,76	37,04
20-25	37,71	41,40	42,55	46,34	42,64	42,37	36,58	35,35
25-30	37,60	38,21	40,33	43,50	39,59	39,51	35,82	35,08
30-40	37,33	37,62	42,06	45,58	41,53	41,56	36,64	35,42
40-50	38,51	40,29	45,16	50,47	41,46	41,43	37,08	36,76
50-up	37,44	38,82	41,50	45,86	40,72	40,32	37,36	36,65
Rata-rata	37,73	38,99	42,31	47,30	40,94	40,28	36,82	36,12

Kadar karbon biomassa pohon junjing hasil penelitian ini lebih rendah dari yang diasumsikan oleh Brown (1997) dan Ketterings, *et al.* (2001), yaitu sebesar 50% dari biomassa pohon. Kadar karbon junjing di Desa Julagajaya setara dengan kadar karbon kayu sejenis yang tumbuh di daerah Ciamis sebagaimana dilaporkan oleh Budyanto (2006). Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa kadar karbon biomassa batang utama, cabang, ranting, daun, dan kulit masing-masing sebesar 45,59%; 37,08%; 34,39%; 30,29%; dan 28,79%.

Dari hasil uji t-student terhadap kadar karbon pada bagian-bagian pohon junjing diketahui bahwa terdapat perbedaan kadar karbon yang sangat nyata sampai nyata. Perbedaan yang nyata dalam kontribusi simpanan karbon pada bagian yang berbeda di dalam sebatang pohon ditemukan juga pada tegakan *temperate pine* (Peichl dan Arain, 2006) dan *white pine* (Peichl dan Arain, 2007). Berdasarkan fakta tersebut dapat disimpulkan bahwa kadar karbon biomassa pada bagian-bagian pohon adalah sangat berbeda.

Model Estimasi Massa Karbon Pohon

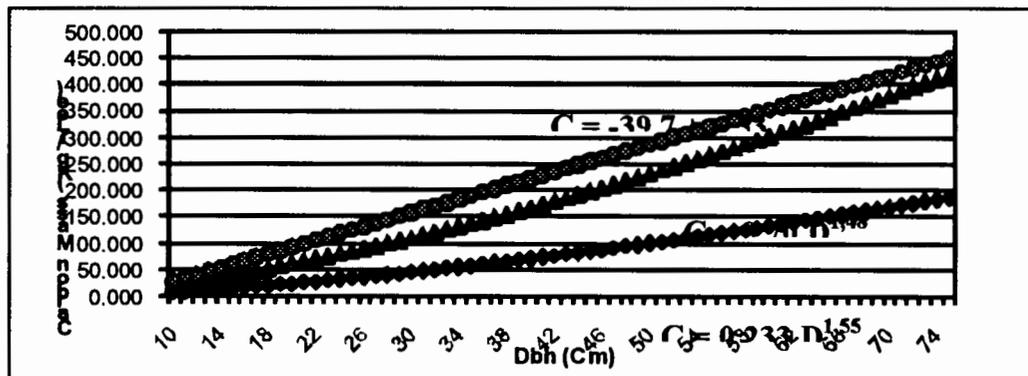
Analisis hubungan antara massa karbon pohon junjing dan diameternya menghasilkan model persamaan $C = 0,7 D^{1,48}$, dengan R^2 adj. = 95,7 %. Disamping itu dibuat juga persamaan biomassa dari model Brown (1997) dan

model Ketterings, *et al.* (2001). Ketiga model tersebut disajikan dalam Tabel 3 dan Gambar 2.

Tabel 3. Model persamaan massa karbon pohon jeunjing di Desa Julagajaya.

No.	Model-Model Persamaan Alometrik	R ² adj.(%)	s	p
1.	Berdasarkan Model Brown (1997) ⁴ $C = -39,7 + 6,53 D$	98,3	12,81	0,00
2.	Berdasarkan Model Ketterings <i>et al.</i> (2001) ² $C = 0,233 D^{1,55}$	96,3	0,09	0,00
3.	Berdasarkan Penelitian ini $C = 0,70 D^{1,48}$	95,7	0,91	0,00

Catatan: C= Berat kering oven massa karbon pohon (kg/pohon), D = Diameter setinggi dada (cm).



Gambar 2. Persamaan massa karbon pohon jeunjing di Desa Julagajaya.

Berdasarkan grafik pada Gambar 2, hasil estimasi massa karbon pohon jeunjing dari model persamaan massa karbon penelitian ini lebih rendah dari hasil estimasi dengan model Brown (1997), tetapi lebih tinggi dari hasil estimasi

⁴ Persamaan biomassa pohon yang dikembangkan oleh Brown (1997) dan oleh Ketterings *et al.* (2001). Untuk pendugaaan massa karbon pohon, kedua persamaan tersebut mengasumsikan, bahwa kadar karbon rata-rata dalam biomassa pohon adalah 50 %.

berdasarkan model Ketterings, *et al.* (2001). Terlalu tingginya (*overestimate*) massa karbon pohon jeunjing hasil pendugaan dengan model Brown (1997) disebabkan asumsi kadar karbon rata-rata biomassa pohon yang dipakai model Brown (1997) terlalu tinggi, yakni 50 %. Padahal kadar karbon biomassa kayu jeunjing hasil penelitian ini hanya berkisar 36 – 47 %. Sedangkan hasil pendugaan massa karbon pohon jeunjing dengan model Ketterings *et al.* (2001) terlalu rendah (*underestimate*). Hal ini diduga disebabkan model Ketterings *et al.* (2001) memasukkan faktor pengali berat jenis terhadap biomassa pohon untuk menurunkan berat biomassa pohon yang diduga berdasarkan model Brown (1997), yang menurut Ketterings *et al.* (2001) *overestimate*.

Potensi Massa Karbon Pohon Jeunjing di Hutan Rakyat

Hasil survey potensi massa karbon pohon jeunjing di hutan rakyat di Desa Julagajaya disajikan dalam Tabel 4, dimana untuk menghitung potensi massa karbon tegakan jeunjing dipergunakan model alometrik $C = 0,70 D^{1,48}$.

Tabel 4. Hasil survey potensi massa karbon pohon jeunjing di hutan rakyat di Desa Julagajaya

No.	Nama Pemilik Hutan Rakyat	Luas Lahan (m ²)	Tahun Tanam	Diameter Pohon Rata-Rata(Cm)	Stok Karbon (Ton/Ha)
1	Udin	800	2008	9,50	33,249
2	Udin	600	2008	10,69	34,095
3	Jaih	200	2008	10,44	25,631
4	Ma'mun	400	2008	8,34	18,089
5	Yadi	400	2008	8,91	35,247
6	Udin	600	2007	12,37	33,470
7	Abung	400	2007	11,35	33,640
8	Udin	1 200	2006	11,21	28,746
9	Dede	200	2006	16,83	43,336
10	Ahdi	3 000	2005	10,57	36,554
11	Haeruddin	10 000	2005	12,58	41,772
12	Nuryadin	8 000	2004	10,05	33,164
13	Arif	8 000	2003	18,00	56,943

Berdasarkan data dalam Tabel 4 dapat disimpulkan bahwa semakin besar diameter pohon dalam tegakan atau semakin tua umur tegakan, semakin besar pula stok karbon dalam tegakan. Secara umum stok karbon pohon jeunjing dalam hutan rakyat di Desa Julagajaya berdasarkan umur tegakan 1, 2, 3, 4, 5, dan 6 tahun berturut-turut adalah 29,262 ton/ha, 33,555 ton/ha, 36,041 ton/ha, 39,163 ton/ha, 33,163 ton/ha, dan 56,943 ton/ha.

KESIMPULAN

1. Studi ini menghasilkan suatu metodologi dan metode estimasi potensi massa karbon pohon jeunjing di hutan rakyat melalui pendekatan model persamaan massa karbon pohon dan survey potensi massa karbon pohon di lapangan. Pendekatan ini merupakan cara baru yang memberikan kontribusi pembaharuan, pengembangan, dan perluasan cakupan penelitian pendugaan potensi karbon hutan yang selama ini masih menggunakan model persamaan biomassa pohon dan asumsi kadar karbon rata-rata dalam biomassa pohon.
2. Dari hasil studi tahun pertama dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:
 - Terdapat perbedaan kadar karbon yang sangat nyata dalam biomassa dari bagian-bagian pohon.
 - Persamaan terpilih sebagai model persamaan massa karbon pohon jeunjing di Desa Julagajaya adalah: $C = 0,7 D^{1,48}$, dengan $R^2 \text{ adj.} = 95,7 \%$, dan
 - Estimasi massa karbon pohon jeunjing berdasarkan model persamaan massa karbon pohon penelitian ini menghasilkan berat massa karbon yang lebih rendah dibandingkan dengan hasil estimasi berdasarkan model persamaan biomassa pohon dari Brown (1997), tetapi lebih tinggi bila dibandingkan hasil estimasi berdasarkan model Ketterings *et al.* (2001).
 - Potensi massa karbon pohon jeunjing di hutan rakyat di Desa Julagajaya sesuai umur tegakannya mulai dari 1,2,3,4,5 dan 6 tahun berturut-turut adalah 29,262 ton/ha, 33.555 ton/ha, 36,041 ton/ha, 39,163 ton/ha, 33,163 ton/ha, dan 56,943 ton/ha.

SARAN

1. Direkomendasikan agar pada masa yang akan datang penelitian potensi karbon pohon di hutan menggunakan metodologi dan metode estimasi massa karbon pohon.
2. Penelitian ini perlu dilanjutkan, terutama untuk memperluas cakupan obyek penelitian, sehingga dapat diperoleh suatu metodologi dan metode estimasi potensi karbon pada berbagai tipe hutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim Peneliti menyampaikan ucapan terimakasih kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional Republik Indonesia, dan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Institut Pertanian Bogor yang telah membiayai dan mendukung penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- American Society For Testing Material [ASTM]. 2008a. ASTM D 04442-07: Standard Test Methods for Direct Moisture Content Measurement of Wood and Wood-Base Materials. 2008 Annual Book of ASTM Standard. Baltimore, MD. USA.
- American Society For Testing Material [ASTM]. 2008b. ASTM D 2395-97a: Standard Test Methods for Specific Gravity of Wood and Wood-Base Materials. 2008 Annual Book of ASTM Standard. Baltimore, MD. USA.
- American Society For Testing Material [ASTM]. 1990a. ASTM D 2866-94: Standard Test Method for Total Ash Content of Activated Carbon. Philadelphia. USA.
- American Society For Testing Material [ASTM]. 1990b. ASTM D 5832-98: Standard Test Method for Volatile Matter Content of Activated Carbon. Philadelphia. USA
- Brown, S. 1997. Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forest: A Primer. Rome, Italy: FAO Forestry Paper. 134p.

direction and its content can be used as the basic in determining the estimated affected area and minimize the impacts directly and indirectly, especially on human health and transportation as smoke haze disaster mitigation.

Keywords : Smoke haze disaster, carbon emission, peat fire, disaster mitigation.

PENDAHULUAN

Hasil penelitian yang dilakukan oleh satu tim peneliti Jepang dan Indonesia pada September 1997 di Sumatera Selatan didapatkan telah terjadi peningkatan gas karbon monoksida sebanyak 40 kali lipat, methyl klorida 123 kali lipat, methyl bromide 15 kali lipat serta methyl iodide sebanyak 43 kali lipat.

Kebakaran hutan di Indonesia telah menyebabkan tingkat polusi udara memiliki akses yang besar sebagaimana tertulis dalam WHO Guidelines. Polutan kimiawi seperti SO₂, NO_x, O₃, CO dan bahan partikel bersifat membahayakan bagi kesehatan manusia. Pada bulan September-November 1997 di delapan provinsi menunjukkan peningkatan penderita asma dan ISPA. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS), sebanyak 12.360.000 orang terkena dampak haze pada tahun 1997, diantara mereka terdapat 1.802.340 kasus bronchial asma, bronchitis dan ISPA serta 527 orang meninggal dunia. Pada tahun 2008 Indonesia menempati urutan ke 102 EPI (Environmental Performance Index) atau kinerja lingkungan diantara 149 negara di dunia yang dinilai yang berarti bahwa Indonesia termasuk Negara yang tidak mengelola lingkungan hidupnya dengan baik, bahkan termasuk Negara dengan deforestasi tinggi sehingga Greenpeace menemukannya di dalam Guines Book World of Record.

Sampai saat ini belum ada upaya mitigasi bencana haze yang optimal. Penelitian ini berupaya untuk memberikan solusi dalam bencana haze melalui modeling distribusi asap dan kandungannya.

Tujuan penelitian ini adalah untuk: 1) Mengidentifikasi jenis bahan bakar yang terbakar di lahan gambut di Riau; 2) Menganalisis kandungan asap dari bahan bakar yang terbakar; 3) Membangun model sebaran asap dan kandungan yang terdapat di dalamnya; 4) Membangun database daerah terbakar dan luas daerah paparannya.

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah : 1) Untuk memperkecil dampak bencana pada masyarakat dan Negara; 2) Dapat digunakan sebagai dasar dalam menentukan daerah yang akan terpapar asap.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada provinsi Riau sebagai salah satu daerah rawan kebakaran. Pelaksanaan studi dilaksanakan pada saat awal musim kemarau tahun 2009.

Penentuan Lokasi Pengambilan Sample Asap

Didasarkan pada analisis data dan sejarah kebakaran hutan dan lahan yang pernah terjadi, dengan kriteria memiliki hotspot tinggi serta sebaran asap yang tinggi. Dipilih 4 (empat) titik pengambilan sampel di kabupaten Kampar dengan tipe bahan bakar yang berbeda.

Pembangunan Plot Pembakaran di Lokasi Penelitian

Pembangunan plot pembakaran berukuran 2 x 2 m² dengan 3 kali ulangan untuk 4 tipe bahan bakar, yaitu: gambut, semak belukar, log dan campuran.

Identifikasi Bahan Bakar Penyusun Plot Pembakaran

Di dalam plot pembakaran tersebut dilakukan identifikasi jenis bahan bakar penyusunnya, ketebalan bahan bakar, potensi bahan bakar dan kadar air bahan bakar.

Pembakaran Biomassa

Pembakaran biomassa dilakukan pada masing-masing plot dengan parameter perilaku api seperti laju penjalaran api, tinggi api, suhu nyala api.

Pengambilan dan Analisa Contoh Asap

Pengambilan contoh asap sebanyak 15 ml dilakukan pada setiap fase dari proses kebakaran (*combustion processes*) yaitu fase flaming, smoldering dan glowing. Pemeriksaan dilakukan di di Laboratorium Pengujian, Fakultas Teknologi Pertanian IPB di Bogor.

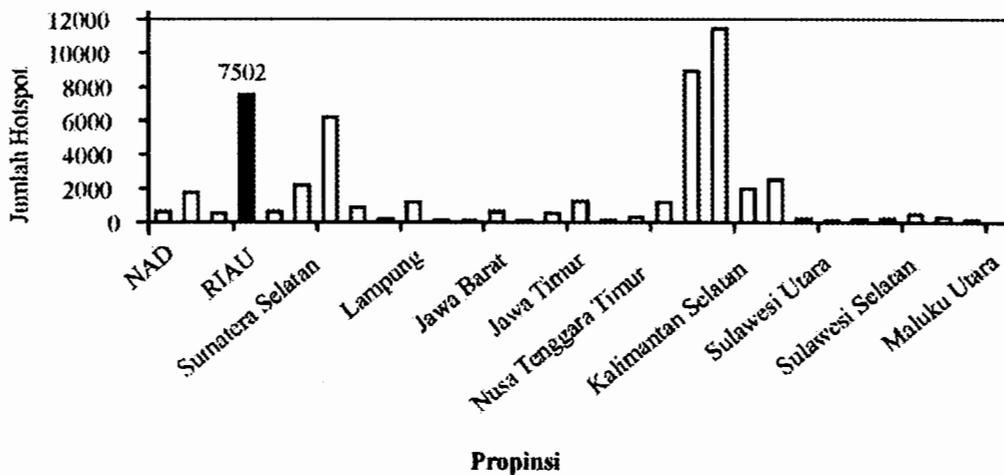
Modelling Penduga Potensi Asap

Dilakukan dengan menggunakan *The Air Pollution Model* (TAPM) yang dikembangkan oleh para ilmuwan *Australia's Commonwealth Scientific and Research Organization* (CSIRO).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kebakaran Hutan dan Lahan di Provinsi Riau

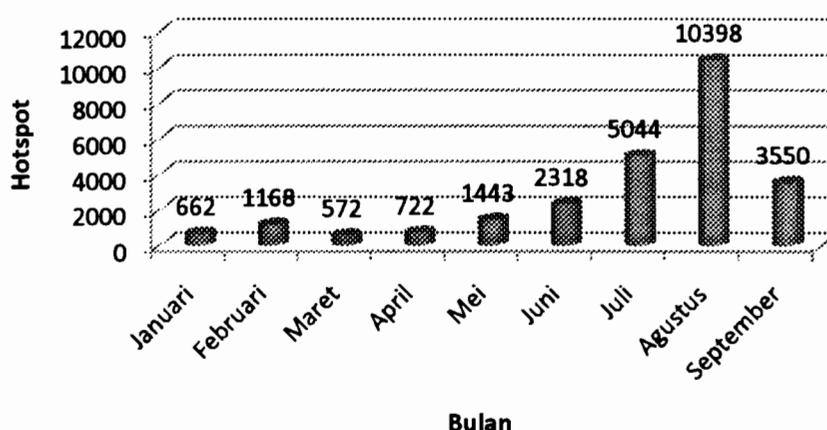
Berdasarkan data hotspot pada tahun 1998 – 2008, provinsi Riau merupakan salah satu provinsi yang paling rawan terhadap kebakaran hutan dan lahan di Indonesia dengan jumlah hotspot tahunan rata-rata sebesar 7502 (Gambar 1). Provinsi lainnya yang rawan kebakaran hutan dan lahan, yaitu Kalimantan Tengah, Kalimantan Barat, Sumatera Selatan dan Jambi.



Gambar 1. Distribusi hotspot di Indonesia pada periode 1998 – 2008 (sumber : Departemen Kehutanan, 2008)

Kejadian kebakaran hutan dan lahan di provinsi Riau memiliki pengaruh yang besar terhadap terjadinya polusi kabut asap yang melintas batas Negara. Pada umumnya, kebakaran yang terjadi di provinsi Riau berada di lahan gambut yang mendominasi wilayah ini sebesar 60 %. Karena itu, kabut asap merupakan fenomena alam yang umum terjadi pada saat musim kebakaran dan memberikan dampak ke Malaysia dan Singapore.

Hampir setiap bulannya terjadi hotspot di provinsi Riau. Hal ini ditunjukkan oleh Gambar 2 tentang distribusi hotspot di provinsi Riau pada tahun 2009. Jumlah hotspot rata-rata selama bulan Januari sampai dengan Agustus 2009 sebesar 2790, hotspot tertinggi dicapai pada bulan Agustus dimana musim kemarau tiba dan mengeringkan lahan gambut di wilayah ini.



Gambar 2. Distribusi hotspot di provinsi Riau pada periode bulan Januari sampai dengan pertengahan bulan September 2009

Emisi Gas dari Kebakaran Gambut

Pembakaran biomass merupakan pembakaran vegetasi, termasuk hutan, perkebunan, padang rumput, lahan pertanian, lahan untuk penyiapan lahan dan perubahan penggunaan lahan (Levine and Cofer III, 2000). Pada umumnya, pembakaran biomass di Indonesia disebabkan oleh manusia, terutama untuk tujuan penyiapan lahan dan perubahan penggunaan lahan sebagai akibatnya. Pembakaran sempurna tidak pernah tercapai pada kondisi pembakaran biomass, hasil lain dari pembakaran biomass yang tidak sempurna berupa karbon monoksida (CO), metan (CH₄), non methane hydrocarbons (NMHCs), dan partikel karbon. Selanjutnya, nitrogen dan sulfur dihasilkan dari pembakaran nitrogen dan sulfur yang terkandung dalam bahan biomass.

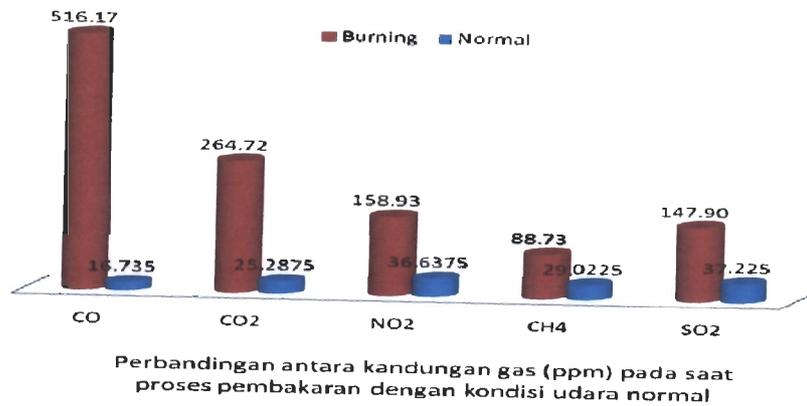
Berdasarkan hasil analisis asap seperti ditunjukkan pada Tabel 1, terdapat peningkatan kandungan CO, CO₂, NO₂, CH₄ dan SO₂ yang signifikan pada kondisi setelah dibakar baik per fase/tahapan pembakaran maupun rata – rata dari

ketiga fase pembakaran (*flaming, smoldering dan glowing*) dibandingkan dengan kondisi sebelum dibakar (*ambien*).

Tabel 1. Hasil analisis asap pada plot penelitian

Plot	Jenis Sampel	Kandungan Asap (ppm)				
		CO	CO ₂	NO ₂	CH ₄	SO ₂
Semak plot 2	Ambien	18.55	27.12	38.79	30.45	36.92
	Flaming	310.1	107.47	89.6	51.12	70.31
	Smoldering	453.27	235.87	120.34	67.44	119.96
	Glowing	944.72	485.78	249.11	120.68	251.22
	Rata-rata :	569.36	276.37	153.02	79.75	147.16
Campuran plot 3	Ambien	15.51	23.76	35.34	28.22	37.38
	Flaming	311.69	167.94	239.06	137.3	227.51
	Smoldering	418.67	233.65	122.32	73.89	96.3
	Glowing	768.34	439.56	247.59	127.9	244.74
	Rata-rata :	499.57	280.38	202.99	113.03	189.52
Gambut plot 3	Ambien	16.12	25.64	36.51	27.97	36.43
	Flaming	451.29	267.28	132.49	85.33	115.36
	Smoldering	423.76	187.99	108.68	65.11	99.49
	Glowing	323.09	167.94	239.06	137.3	227.51
	Rata-rata :	399.38	207.74	160.08	95.91	147.45
Log plot2	Ambien	16.76	24.63	35.91	29.45	38.17
	Flaming	289.61	119.45	97.48	49.66	75.1
	Smoldering	521.4	248.21	125.7	70.31	107.58
	Glowing	978.06	477.39	255.34	121.09	246.09
	Rata-rata :	596.36	281.68	159.51	80.35	142.92

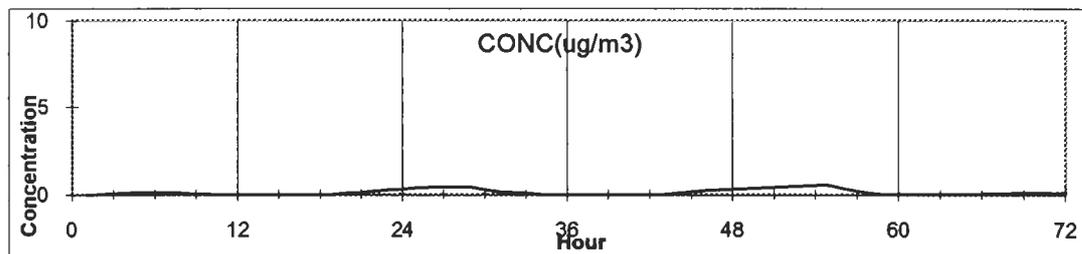
Kebakaran gambut merupakan tipe kebakaran bawah yang didominasi oleh proses smoldering (Syaufina, 2008). Penelitian ini menunjukkan bahwa produksi gas tertinggi dari kebakaran gambut di lokasi penelitian adalah CO (516 ppm), diikuti oleh CO₂ (264.7 ppm), NO₂ (158.9 ppm), SO₂ (147.9 ppm), dan CH₄ (88.73 ppm) (Gambar 3.). Jika dibandingkan dengan kondisi normal, proses pembakaran berkontribusi secara nyata pada emisi gas di atmosfer. Proses pembakaran ini meningkatkan kandungan emisi gas sekitar 30.8 kali untuk CO, 10.5 kali untuk emisi CO₂, 4.3 kali untuk NO₂, 3 kali untuk CH₄ dan 4 kali untuk SO₂. Angka tersebut menunjukkan bahwa emisi karbon dari pembakaran gambut menghasilkan 74 % dari emisi gas lainnya.



Gambar 3. Emisi gas dari kebakaran gambut di provinsi Riau

Analisa Output TAPM untuk Konsentrasi Polutan

Gambar 4 menunjukkan profil konsentrasi CO₂ yang diemisikan oleh pembakaran di Provinsi Riau pada tanggal 18 Agustus 2009.

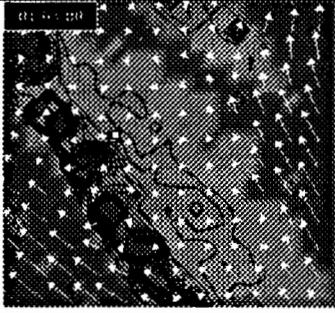
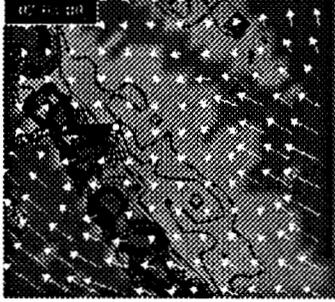
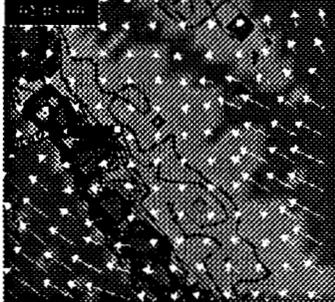
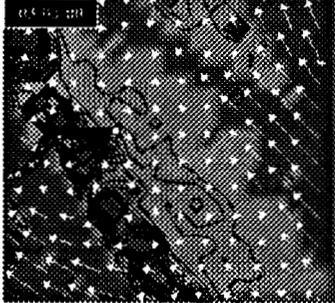


Gambar 4. Konsentrasi rata - rata CO₂ pada Plot Penelitian

Selama dua hari pengamatan (tanggal 19 – 20 Agustus 2009), titik tertinggi konsentrasi CO₂ pada penelitian ini rata – rata terjadi pada malam hari, yaitu berkisar antara pukul 24.00 – 03.00 WIB. Titik terendah pada siang hari yaitu berkisar antara pukul 12.00 - 15.00 WIB. Sedangkan pada hari ketiga pengamatan (21 Agustus 2009), konsentrasi CO₂ menurun drastis. Hal ini disebabkan pada hari ketiga curah hujan di daerah penelitian ini meningkat.

Pola Dispersi dan Trayektori Polutan *Output* TAPM

Trayektori asap kebakaran hutan sangat dipengaruhi oleh angin dan arah angin. Berdasarkan hasil *output* TAPM trayektori pada jenis bahan bakar campuran, semak, log dan gambut tidak menunjukkan perbedaan yang nyata, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 5.

No	Hari	Trayektori Gambut	Trayektori semak
1	Pertama		
2	Kedua		
3	Ketiga		

Gambar 5. Trayektori asap pada jenis bahan bakar campuran dan semak

Arah trayektori asap kebakaran hutan bergerak ke arah barat dengan melewati lorong pegunungan bukit barisan. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi topografi mempengaruhi pergerakan asap. Proses pergerakan asap di atas daratan lebih lambat, karena nilai kekasaran permukaannya tinggi dengan adanya pohon,

pegunungan dan lain sebagainya. Setelah itu asap kebakaran bergerak ke bawah ke arah selatan.

KESIMPULAN

1. Provinsi Riau merupakan salah satu daerah paling rawan kebakaran hutan dan lahan di Indonesia yang didominasi oleh kebakaran gambut dimana 60 % dari daratannya merupakan lahan gambut.
2. Kebakaran gambut menghasilkan gas-gas CO, CO₂ NO₂, CH₄ and SO₂, dan berkontribusi sebesar 74 % dari emisi karbon.
3. Karena kebakaran gambut didominasi oleh fase smoldering, kebakaran ini menghasilkan lebih banyak senyawa karbon dalam bentuk CO dan CO₂, sekitar 66 %, dibandingkan dengan senyawa lainnya pada fase pembakaran yang berbeda seperti flaming dan glowing.
4. Konsentrasi CO₂, CO, NO₂ dan SO₂ terbesar terjadi pada malam hari, sedangkan pada siang hari konsentrasinya lebih rendah. Hal ini disebabkan oleh kestabilan atmosfer dan *mixing height*. Pada malam hari kondisi udara yang stabil dan *mixing height* yang rendah menyebabkan tingginya konsentrasi polutan di atmosfer.
5. Pola trayektori pada jenis bahan bakar semak, campuran, log dan gambut pada penelitian ini belum menunjukkan perbedaan yang significant. Hal ini disebabkan karena jarak antara plot penelitian setiap jenis bahan bakar terlalu berdekatan, sehingga tidak teridentifikasi perbedaannya oleh TAPM.
6. Faktor meteorologis yang paling berpengaruh terhadap konsentrasi polutan adalah *mixing height* dan kestabilan atmosfer. Faktor meteorologis yang paling berpengaruh terhadap pola trayektori asap adalah arah dan kecepatan angin.

DAFTAR PUSTAKA

- Hurley, P.J. 2005. *The Air Pollution Model (TAPM) version 3 User Manual*. CSIRO : Australia.
- Levine, J. S. and Cofer III, W. R. 2000. Boreal Forest Fire Emissions and the Chemistry of the Atmosphere. In: Kasischke, E. S. and B. J. Stocks (Eds). *Fire, Climate, and Carbon Cycling in the Boreal Forest*. Ecological Studies 138. Springer-Verlag. New York.
- Departemen Kehutanan RI. 2007. *Kompilasi data hotspot tahun 1998 – 2006*. Ministry of Forestry. Jakarta.
- Saharjo, B.H. 2006. *Faktor yang Diperhitungkan Dalam Penetapan Biaya Kerusakan dan Pemulihan Sumberdaya Alam (Hutan) Akibat Kebakaran Hutan dan Lahan*. Fakultas Kehutanan IPB.
- Syaufina, L. 2008. *Kebakaran Hutan dan Lahan di Indonesia: Perilaku Api, Penyebab dan Dampak Kebakaran*. PT. Bayu Media. Malang.