

**PROGRAM PELESTARIAN DAN PENGEMBANGAN POHON ASLI
BERNILAI TINGGI PALAHLAR (*Dipterocarpus retusus* Blume dan
Dipterocarpus hasseltii Blume) DI JAWA BARAT**

(Program for Conservation and Development of Palahlar (*Dipterocarpus retusus*
Blume and *Dipterocarpus hasseltii* Blume) as High Value Native Species in
West Java)

Istomo, Iskandar Z. Siregar
Dep. Silvikultur, Fakultas Kehutanan IPB

ABSTRAK

Untuk penyelamatan jenis palahlar (*Dipterocarpus hasseltii* Blume dan *Dipterocarpus retusus* Blume) di Jawa Barat Istomo dkk. mulai tahun 2004 sampai tahun 2006 bekerjasama dengan Perum Perhutani telah berhasil membangun petak penanaman palahlar (*D. hasseltii* dan *D. retusus*) seluas 5 ha di areal Perum Perhutani di KPH Bogor dan KPH Banten. Hasil penelitian menunjukkan bahwa setelah berumur 5 tahun rata-rata diameter untuk jenis *D. hasseltii* di lokasi penelitian Cigudeg adalah 29.90 mm sedangkan rata-rata tinggi adalah 212.94 cm untuk jenis *D. retusus* rata-rata diameter 27.60 mm dan tinggi 217,60 cm. Pada lokasi penelitian Carita rata-rata diameter untuk jenis *D. hasseltii* adalah 48,70 mm sedangkan rata-rata tinggi adalah 421,20 cm, untuk jenis *D. retusus* rata-rata diameter 24.20 mm dan rata-rata tinggi 253,80 cm. Keragaman genetik berdasarkan hasil analisis POPGENE 32 menunjukkan bahwa untuk palahlar (*D. hasseltii*) nilai na (1,7727), ne (1,4021) dan he (0,2498) tertinggi. Sedangkan untuk palahlar gunung (*D. retusus*) nilai na(1,6818), ne(1,3797) dan he(0,2240) tertinggi. Mengingat keragaman genetik masih tinggi (18,69 %), maka tanaman *D. hasseltii* dan *D. retusus* pada petak contoh penelitian dalam jangka panjang dapat dikembangkan sebagai kebun benih.

Kata kunci : Palahlar, pertumbuhan tinggi, pertumbuhan diameter, keragaman genetic.

ABSTRACT

Since the year 2004, up to the year 2006, in cooperation with Perum Perhutani (State owned forestry company) has succeeded in establishing plantation plot of palahlar (*D. hasseltii* and *D. retusus*) as large as 5 ha in the area of Perum Perhutani, in KPH Bogor and KPH Banten. Research results showed that after reaching 5 years age, average diameter for species *D. hasseltii* in research location of Cigudeg was 29.90 mm, whereas the average height was 212.94 cm. For species *D. Retusus*, average diameter was 27.60 mm and that of height was 217.60 cm. In the research location of Carita, average diameter for species *D. hasseltii* was 48.70 mm, whereas the average height was 421.20 cm; and for species *D. retusus* the average diameter was diameter was 24.20 mm and that of height was 253,80 cm. Genetic variability based on analysis results of POPGENE 32 showed that for palahlar (*D. hasseltii*) the following values were obtained, namely na (1.7727), ne (1.4021) and he (0.2498), the highest. On the other hand, for palahlar gunung (*D. retusus*) the value of na was (1,6818), ne was (1.3797) and he was (0.2240), the highest. Considering that the genetic variability was still high (18.69 %), in long term, the plants of *D. hasseltii* and *D. retusus* in the research sample plots could be developed into 125 seed orchards.

Keywords: Palahlar, height growth, diameter growth, genetic variability.

PENDAHULUAN

Palahlar adalah nama daerah untuk beberapa jenis pohon dari marga *Dipterocarpus* suku *Dipterocarpaceae*. Dari sekitar 37 jenis pohon anggota marga *Dipterocarpus* yang ada di Indonesia, 4 jenis diantaranya terdapat di Pulau Jawa, yaitu *Dipterocarpus hasseltii* Blume, *Dipterocarpus gracilis* Blume, *Dipterocarpus retusus* Blume dan *Dipterocarpus littoralis*. Populasi keempat jenis tersebut di Jawa semakin sulit ditemukan. Menurut Al-Rasyid (1999), salah satu faktor penyebabnya yaitu adanya degradasi hutan di Jawa akibat tekanan penduduk sedangkan kegiatan penanaman (budidaya) belum dilakukan.

Untuk penyelamatan keempat jenis tersebut Istomo dkk. mulai tahun 2004 sampai tahun 2006 bekerjasama dengan Perum Perhutani telah berhasil membangun petak penanaman palahlar (*D. hasseltii* dan *D. retusus*) seluas 5 ha di areal Perum Perhutani di KPH Bogor dan KPH Banten. Petak penelitian penanaman palahlar tersebut terus dipelihara dan dipantau pertumbuhannya termasuk perlunya dilakukan pengkajian status dan tingkat keragaman genetik kedua jenis palahlar tersebut untuk pengembangannya kedepan.

Berbagai metoda untuk menelaah sifat genotipa tumbuhan telah banyak dikembangkan seperti metoda isoenzim maupun dengan analisis DNA. Akan tetapi teknik isoenzim banyak memiliki kelemahan dibandingkan dengan analisis DNA salah satunya yaitu sulit untuk mendeteksi keragaman genetik diantara gen-gen yang memiliki hubungan dekat.

Salah satu pendekatan yang dapat dilakukan untuk mengetahui keragaman genetik adalah dengan analisis molekuler, salah satu penanda molekuler berbasis DNA yang telah banyak diaplikasikan sebagai penanda genetik tanaman adalah RAPD (*Random Amplified Polymorphic DNA*).

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi pertumbuhan tanaman palahlar setelah merumur lima tahun dan mengetahui status keragaman genetik tanaman palahlar. Di samping itu sesuai target penelitian, hasil dari kegiatan penelitian ini telah dihasilkan satu buku diktat tentang palahlar dan tiga naskah jurnal nasional terakreditasi dalam proses terbit serta workshop sosialisasi hasil-hasil penelitian palahlar. Salah satu hasil rumusan workshop adalah palahlar dapat dijadikan jenis unggulan hutan tanaman di Jawa Barat.

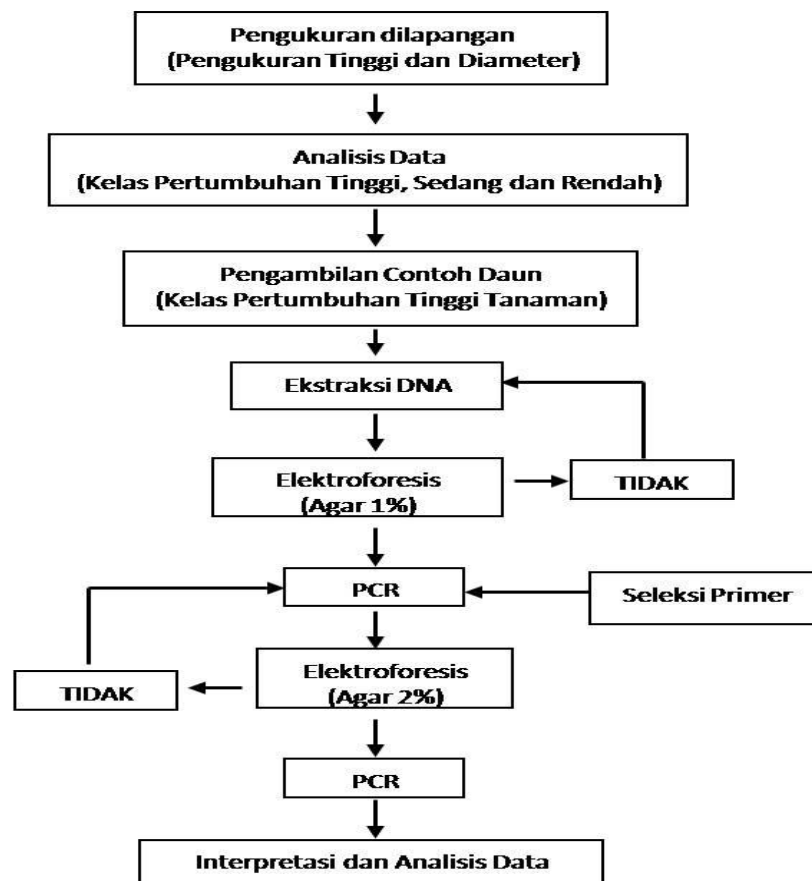
METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanaman palahlar gunung (*D. retusus*) dan palahlar (*D. hasseltii*) berumur lima tahun. Bahan-bahan untuk proses ekstraksi DNA dan RAPD adalah *sillica gel*, nitrogen cair, bahan-bahan kimia seperti Tris-HCL, EDTA, NaCl, CTAB 10 %, etanol, propanol, kloroform dan fenol. Promega (*Green gotaq*), dan primer (Promega, 2003).

Metode

Secara lebih terperinci tahapan penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1



Gambar 1. Bagan Alur Tahapan Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pertumbuhan Tanaman

Hasil pengukuran diameter dan tinggi tanaman palahlar di lokasi penelitian Cigudeg (Bogor) berdasarkan perlakuan jenis dan jarak tanam dapat dilihat pada Tabel 1, sedangkan untuk lokasi penelitian Carita (banten) dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Rata-rata Hasil Pengukuran Pertumbuhan Tanaman Palahlar (*D. hasseltii*) dan Palahlar Gunung (*D. retusus*) di Lokasi Penelitian Cigudeg (Bogor)

Blok/ Petak	Jumlah Tanaman	Persen Hidup (%)	Rata-rata diameter (mm)	Rata-rata tinggi (cm)
D1J1	113	57.65	29.85	216.72
D1J2	136	69.39	29.94	209.15
D2J1	57	29.08	25.23	192.54
D2J2	88	44.90	29.64	232.18
Jumlah/ rata2 seluruh blok	394	50.26	28.67	212.60

Keterangan : D1 = *D. hasseltii* J1 = Jarak Tanam 5 x 5 m D2 = *D. retusus* J2 = Jarak Tanam 3 x 3 m

Tabel 2. Rata-rata Hasil Pengukuran Pertumbuhan Tanaman Palahlar (*D. hasseltii*) dan Palahlar Gunung (*D. retusus*) di Lokasi Penelitian Carita (Banten)

Blok/ Petak	Jumlah Tanaman	Persen Hidup (%)	Rata-rata Diameter (mm)	Rata-rata tinggi (cm)
D1J1	34	40.48	45.26	372.55
D1J2	47	55.95	52.22	469.83
D2J1	25	29.76	28.47	287.80
D2J2	19	33.93	19.84	219.84
Jumlah/Rata2 seluruh blok	125	37.2	36.45	337.50

Keterangan : D1 = *D. hasseltii* J1 = Jarak Tanam 5 x 5 m D2 = *D. retusus* J2 = Jarak Tanam 3 x 3 m

Pada Tabel 1 dan Tabel 2 dapat dilihat bahwa hasil pengukuran tanaman palahlar pada lokasi penelitian Cigudeg dan Carita bahwa persen tumbuh tanaman di Cigudeg lebih tinggi yaitu 50,26 % dan di Carita 27,20 %. Setelah 5 tahun penanaman beberapa petak penelitian dan tanaman mati karena longsor dan mati

karena pengolahan tanah oleh penggarap. Jumlah pohon yang berhasil diukur kembali sebanyak 394 pohon di Cigudeg dan 125 pohon di Carita atau total tananaman palahlar 519 pohon terdiri 330 jenis *D. hasseltii* dan 189 *D. retusus*.

Setelah berumur 5 tahun hasil pengukuran menunjukkan bahwa rata-rata diameter untuk jenis *D. hasseltii* di lokasi penelitian Cigudeg adalah 29,90 mm sedangkan rata-rata tinggi adalah 212,94 cm untuk jenis *D. retusus* rata-rata diameter 27,60 mm dan tinggi 217,60 cm. Pada lokasi penelitian Carita rata-rata diameter untuk jenis *D. hasseltii* adalah 48,70 mm sedangkan rata-rata tinggi adalah 421,20 cm, untuk jenis *D. retusus* rata-rata diameter 24,20 mm dan rata-rata tinggi 253,80 cm.

Dari data tersebut tampak bahwa berdasarkan jenis yang ditanam, pertumbuhan *D. hasseltii* baik di Carita maupun di Cigudeg lebih cepat bila dibandingkan dengan jenis *D. retusus*. Sementara berdasarkan lokasi pertumbuhan palahlar (terutama *D. hasseltii*) di lokasi penelitian Carita lebih cepat bila dibandingkan dengan pertumbuhan palahlar di lokasi penelitian Cigudeg. Hal ini menunjukkan bahwa faktor kesuburan tanah menentukan kecepatan pertumbuhan, dimana kesuburan tanah lokasi penelitian di Carita lebih baik bila dibandingkan dengan lokasi penelitian di Cigudeg, tetapi karena lokasi penelitian Carita telah menjadi areal perambahan masyarakat berupa kebun melinjo sehingga aktifitas manusia ikut menentukan persen tumbuh tanaman.

Berdasarkan hasil pengukuran pertumbuhan tinggi untuk masing-masing jenis dibagi kedalam tiga kelas dengan selang pertumbuhan dari tiap kelasnya yaitu, Kelas A (pertumbuhan kecil), Kelas B (pertumbuhan sedang) dan untuk Kelas C (pertumbuhan tinggi). Pembagian kelas tinggi dan rentang kelas tinggi pada setiap jenis setiap lokasi penelitian dan jumlah pohon dapat dilihat pada Tabel 3 untuk lokasi penelitian Cigudeg dan Tabel 4 untuk lokasi penelitian Carita.

Pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa jumlah pohon untuk jenis *D. hasseltii* kelas A sebanyak 101 pohon, kelas B sebanyak 48 pohon dan kelas C sebanyak 48 pohon, sedangkan untuk jenis *D. retusus* yang termasuk kelas A sebanyak 72

pohon, kelas B sebanyak 46 pohon dan termasuk kelas C sebanyak 26 pohon. Pada Tabel 4 jumlah pohon untuk jenis *D. hasseltii* kelas A sebanyak 29 pohon, kelas B sebanyak 34 pohon dan kelas C sebanyak 17 pohon sedangkan untuk jenis *D. retusus* kelas A sebanyak 19 pohon, kelas B sebanyak 12 pohon dan kelas C sebanyak 11 pohon.

Tabel 3. Jumlah pohon berdasarkan kelas tinggi jenis *D. hasseltii* dan *D. retusus* di lokasi penelitian Cigudeg

Perlakuan	Jumlah pohon per kelas tinggi			
	Jenis <i>D. Hasseltii</i>	A (< 150 cm)	B (150-300 cm)	C (> 300 cm)
D1J1		47	45	22
D1J2		42	56	26
Jumlah D1		101	48	48
Jenis <i>D. retusus</i>	A (< 200 cm)	B (200-400 cm)	C (> 400 cm)	
D2J1	35	15	7	
D2J2	37	31	19	
Jumlah D2	72	46	26	

Tabel 4. Jumlah pohon berdasarkan kelas tinggi jenis *D. hasseltii* dan *D. retusus* di lokasi penelitian Carita

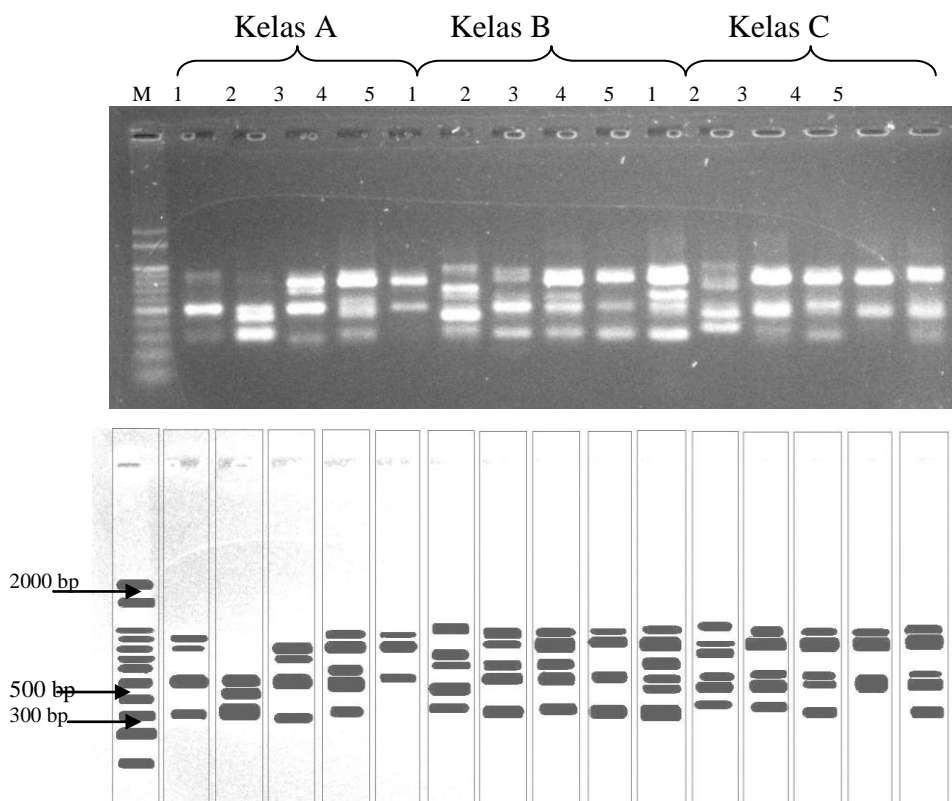
Perlakuan	Jumlah pohon per kelas tinggi			
	Jenis <i>D. hasseltii</i>	A (< 400 cm)	B (400-600 cm)	C (> 600 cm)
D1J1		17	10	7
D1J2		12	24	10
Jumlah D1		29	34	17
Jenis <i>D. retusus</i>	A (< 200 cm)	B (200-400 cm)	C (> 400 cm)	
D2J1	8	6	8	
D2J2	11	6	3	
Jumlah D2	19	12	11	

Keragaman Genetik Palahlar (*D. hasseltii*) dan Palahlar Gunung (*D. retusus*)

Penelitian keragaman genetik dari tiga kelas pertumbuhan *D. hasseltii* dan *D. retusus* menggunakan penanda RAPD yang dapat digunakan untuk mengetahui informasi keragaman genetik dan hubungan kekerabatan antar kelas pertumbuhannya, sehingga didapatkan gambaran penyebaran genetik. Hal ini

merupakan salah satu langkah penting, terutama pada usaha eksplorasi sumber-sumber genetik dalam rangka program pemuliaan.

Berdasarkan hasil PCR yang telah dilakukan didapatkan pita yang berbeda-beda (polimorfik) baik antara primer maupun didalam primer yang digunakan (Gambar 1). Scoring dilakukan dengan melihat pola pita hasil PCR, yang kemudian dimasukkan dalam program POPGENE 32 untuk menampilkan dendrogram.



Gambar 1. Hasil Proses PCR-RAPD menggunakan primer OPO-13 pada *D. hasseltii*

Secara umum dapat digambarkan bahwa untuk kedua jenis tanaman baik *D. hasseltii* maupun *D. retusus* terdapat pengelompokan kelas pertumbuhan secara genetik yaitu kelompok kelas pertumbuhan sedang-besar (kelas B dan C) dan kelompok kelas pertumbuhan kecil (kelas A). Dapat dilihat dalam Gambar 2, kelompok satu yaitu kelas pertumbuhan A untuk jenis *D. hasseltii* dan *D. retusus*. Kelompok dua terdiri dari dua sub kelompok. Sub-kelompok pertama kelas pertumbuhan B dan C untuk *D. hasseltii* serta kelas C untuk *D. retusus*, sedangkan sub-kelompok kedua yaitu kelas pertumbuhan B untuk *D. retusus*.

Dari hasil analisis, diketahui hubungan kekerabatan dari jarak genetik antar individu dan populasi. Jarak genetik ini dapat diketahui dengan melakukan analisis terhadap pola pita yang digambarkan dari hasil elektroforesis. Jarak genetik antar kelas pertumbuhan *Dipterocarpus* spp. hasil analisis menggunakan program POPGENE 32 dapat disajikan pada Tabel 5.

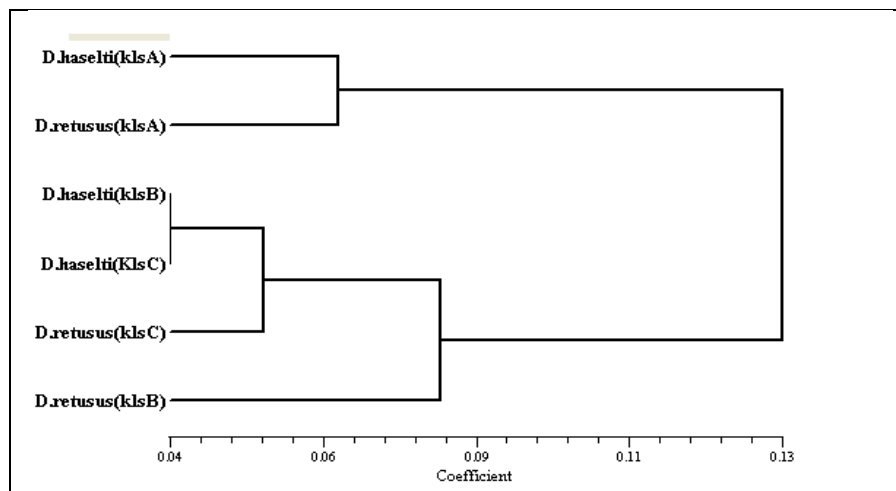
Tabel 5. Jarak genetik antar kelas diameter tanaman palahlar (*D. hasseltii*) dan palahlar gunung (*D. retusus*)

Populasi	<i>D.hasseltii</i> (klsA)	<i>D.hasseltii</i> (KlsB)	<i>D.hasseltii</i> (KlsC)	<i>D.retusus</i> (KlsA)	<i>D.retusus</i> (KlsB)	<i>D.retusus</i> (KlsC)
<i>D.hasseltii</i> (klsA)	*****					
<i>D.hasseltii</i> (klsB)	0,1280	*****				
<i>D.hasseltii</i> (klsC)	0,1301	0,0383	*****			
<i>D.retusus</i> (klsA)	0,0644	0,1144	0,1138	*****		
<i>D.retusus</i> (klsB)	0,1826	0,0846	0,0993	0,1293	*****	
<i>D.retusus</i> (klsC)	0,1379	0,0509	0,0548	0,1306	0,0569	*****

Berdasarkan analisis data jarak genetik (Tabel 5) menunjukkan jarak genetik antar kelas pertumbuhan jenis *D. retusus* dan *D. hasseltii*, hasil uji dapat dibaca secara diagonal kebawah. Jarak genetik terdekat terdapat pada kelas pertumbuhan C dan B pada tanaman *D. hasseltii* (0,083) begitu pula pada jenis *D. retusus* jarak terdekatnya pada kelas pertumbuhan C dengan kelas B sebesar 0,0569.

Kelas pertumbuhan B dan C untuk tanaman *D. hasseltii* dan *D. retusus* memiliki hubungan kekerabatan yang dekat. Hal ini dapat dilihat dengan jarak genetik antar kelas pertumbuhannya sangat kecil yaitu sebesar 0,04 (*D. hasseltii*) dan 0,06 (*D. retusus*). Pada pertumbuhan kelas B dan C memiliki hubungan kekerabatan yang lebih dekat, begitu pula jarak genetik antar kelas A dengan kelas B atau kelas C selang perbedaannya atau jaraknya tidak begitu jauh. Hal ini dikarenakan letak geografis pada lahan penanaman yang berdekatan serta sumber benih yang sama untuk setiap individunya. Tanaman *D. hasseltii* sumber benih berasal dari Cagar Alam Leuweung Sancang dan *D. retusus* sumber benihnya berasal dari Cakrabuana Sumedang. Secara umum, pengelompokan pohon plus memperlihatkan hubungan yang nyata dengan distribusi geografis dari pohon-pohon tersebut. Hal tersebut dapat digambarkan pada dendrogram seperti terlihat pada Gambar 2.

Rata-rata keragaman gen atau heterozigitas harapan (h_e) dari kedua jenis tanaman sebesar 18,69 % (Tabel 3). Besarnya nilai tersebut dapat dikatakan tinggi. Finkeldey (2005) menjelaskan bahwa rata-rata heterozigotas harapan untuk pohon tropis cukup tinggi yaitu sebesar 19,1 %. Besarnya nilai h_e yang tinggi dapat diartikan bahwa, keragaman gen dialam untuk kedua jenis tanaman masih tersedia dalam jumlah yang banyak. Diharapkan, kedua jenis dialam dapat menghasilkan keturunan yang baik serta mampu bertahan dari kepunahan akibat penurunan kualitas gen.



Gambar 2. Dendrogram jarak genetik kelas pertumbuhan tinggi tanaman palahlar (*D. hasseltii*) dan palahlar gunung (*D. retusus*) berdasarkan metode Nei (1973)

KESIMPULAN

1. Setelah berumur 5 tahun rata-rata diameter untuk jenis *D. hasseltii* di lokasi penelitian Cigudeg adalah 29,90 mm sedangkan rata-rata tinggi adalah 212,94 cm untuk jenis *D. retusus* rata-rata diameter 27,60 mm dan tinggi 217,60 cm. Pada lokasi penelitian Carita rata-rata diameter untuk jenis *D. hasseltii* adalah 48,70 mm sedangkan rata-rata tinggi adalah 421,20 cm, untuk jenis *D. retusus* rata-rata diameter 24,20 mm dan rata-rata tinggi 253,80 cm.
2. Keragaman genetik berdasarkan hasil analisis POPGENE 32 menunjukkan bahwa untuk palahlar (*D. hasseltii*) kelas pertumbuhan B memiliki nilai n_a (1,7727), n_e (1,4021) dan h_e (0,2498) tertinggi. Sedangkan untuk palahlar

gunung (*D. retusus*) kelas pertumbuhan A memiliki nilai $ne(1,6818)$, $ne(1,3797)$ dan $he(0,2240)$ tertinggi.

3. Analisis gerombol menunjukkan bahwa untuk kedua jenis tanaman terdapat dua pengelompokan. Kelompok pertama terdiri dari kelas pertumbuhan sedang-besar (kelas B dan C) dan kelompok kelas pertumbuhan kecil (kelas A) dengan rata-rata keragaman gen dari kedua jenis sebesar 18,69 % (cukup tinggi), sehingga keragaman gen di alam untuk kedua jenis tanaman masih tersedia dalam jumlah yang banyak

SARAN

1. Mengingat pertumbuhan palahlar (*D. hasseltii* dan *D. retusus*) termasuk jenis cepat tumbuh dan mempunyai nilai ekonomis tinggi maka kedua jenis tersebut dapat direkomendasikan sebagai jenis pohon unggulan untuk dikembangkan sebagai hutan tanaman di Jawa barat
2. Mengingat keragaman genetik masih tinggi (18,69 %), maka tanaman *D. hasseltii* dan *D. retusus* pada petak contoh penelitian dalam jangka panjang dapat dikembangkan sebagai kebun benih.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan penghargaan dan ucapan terima kasih kepada Ditjen Dikti, Depdiknas serta LPPM-IPB yang telah membiayai penelitian ini dalam Program Penelitian Strategis Unggulan melalui DIPA IPB dengan nomor 21/13.24.4/SPK/BG-PSN/2009 tanggal 23 Maret 2009.

DAFTAR PUSTAKA

- Alrasyid H. 1999. Sejarah dan Perjalanan Pembuatan Tegakan Dipterocarpaceae di Jawa. Didalam Prosiding Seminar Nasional Status Silviculture Yogyakarta Agustus 1999. Yogyakarta: Fakultas Kehutanan.
- Finkeldey R. 2005. Pengantar Genetika Hutan Tropis (Terjemahan oleh : E Jamhuri, IZ Siregar, UJ Siregar dan AW Kertadikara. Gottingen : Institute of Forest Genetics and Forest tree Breeding Georg-August-University-Gottingen.

Istomo, IZ Siregar dan S Wilarso. 2004. Laporan Akhir Pengembangan Jenis Pohon Asli Bernilai Tinggi Palahlar (*Dipterocarpus* spp.) di Areal PT. Perhutani Unit III Jawa Barat Tahun 2003. Bogor: Fakultas Kehutanan IPB. (tidak diterbitkan).

Promega. 2003. *PCR Core System*. USA: Promega Corporation

FORMULASI KEBIJAKAN FISKAL HIJAU: MENGINTEGRASIKAN NILAI EKONOMI JASA LINGKUNGAN HUTAN DALAM NERACA PEMBANGUNAN

(Formulation of Green Fiscal Policy: Integrating the economic value of forest's environmental services in the national income account)

Dodik Ridho Nurrochmat¹⁾, Iin Solihin²⁾, Meti Ekayani³⁾, Adi Hadiano³⁾

¹⁾ Dep. Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan IPB

²⁾ Dep. Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB

³⁾ Dep. Ekonomi Sumberdaya dan Lingkungan, Fakultas Ekonomi Manajemen IPB

ABSTRAK

Metode formulasi PDB Hijau yang banyak dipergunakan saat ini mengandung satu kelemahan mendasar, yaitu formula tersebut hanya memuat sisi disinsentif, yakni deplesi dan degradasi. Dengan metode perhitungan yang demikian, maka sampai kapanpun nilai PDB Hijau tidak akan pernah melampaui nilai PDB konvensional. Oleh karena itu, kelemahan metode formulasi PDB Hijau harus dikoreksi dengan memasukkan unsur insentif jasa lingkungan. Dengan mempertimbangkan faktor insentif, maka suatu daerah atau negara yang mengelola sumberdaya alamnya dengan baik akan memperoleh nilai PDB Hijau lebih besar dibandingkan dengan PDB konvensionalnya. Nilai PDB Hijau sektor kehutanan diperkirakan akan meningkat hingga 24 kali jika memperhitungkan nilai guna tak langsung jasa lingkungan hutan untuk fungsi tata air (konservasi tanah dan air serta pencegah banjir). Sementara PDB Hijau sektor kehutanan hanya akan meningkat 2-25% jika mengadopsi skema jasa lingkungan hutan sebagai penyerap karbon. Secara makro, nilai PDB Hijau diperkirakan akan lebih tinggi dibandingkan PDB konvensional jika seluruh nilai jasa lingkungan diperhitungkan dalam neraca pembangunan. Untuk menjamin terselenggaranya pembangunan berkelanjutan, diperlukan adopsi kebijakan PDB Hijau sebagai neraca pendamping dari PDB konvensional.

Kata kunci: Neraca pembangunan, PDB Hijau, fungsi hidrologis hutan, penyerap karbon.

ABSTRACT

Formulation's method of green GDP that is often used nowadays contains a fundamental weakness, where it considers only on disincentive side, i.e. depletion and degradation. By using this method, the value of green GDP will never exceed conventional GDP. Therefore, the weakness of formulation's method of green GDP has to be corrected by accompanying incentive side of environmental services. By considering incentive factors, the value of green GDP in certain region or country who manage its natural resources properly will be higher than the conventional one. Green GDP's value in forestry sector is estimated to increase until 24 times if the calculation involves indirect-used value of the hydrological function of forests (conserving water & soil and preserving from flood). Meanwhile, the value of green GDP in forestry sector will increase only 2-25% by adopting scheme of carbon sinker as part of forest environmental services. In macro level, by accompanying all environmental services given by forests, the value of green GDP is estimated to be higher than conventional GDP. To assure sustainable development, green GDP has to be adopted as satellite account of the conventional GDP.

Keywords: Income accounting, green GDP, hydrological function of forest, carbon sinker.

PENDAHULUAN

Salah satu masalah yang diduga menjadi penyebab dari terus berlangsungnya kerusakan dan perusakan sumber daya hutan adalah tidak adanya kebijakan fiskal yang ramah lingkungan. Penerapan kebijakan fiskal pro-lingkungan (fiskal hijau) dalam pengelolaan sumber daya hutan merupakan suatu keniscayaan, mengingat hutan tidak hanya berfungsi produksi, melainkan juga memiliki fungsi konservasi dan fungsi lindung. Pada kenyataannya, dari ketiga jenis fungsi hutan tersebut, hingga saat ini hanya hutan yang berfungsi produksi (terutama kayu) yang dianggap dapat memberikan manfaat langsung kepada perekonomian karena produk hutan yang dihasilkan. Padahal nilai hutan tidak hanya berupa nilai kayu melainkan juga fungsi lingkungan seperti kemampuan mencegah erosi, sedimentasi, tata air, keanekaragaman hayati, dan kemampuan menyerap karbon.

Walaupun secara teoritis diyakini bahwa hutan memiliki nilai ekonomi yang sangat besar, namun faktanya hanya sebagian kecil dari sumberdaya hutan yang berkontribusi secara riil terhadap penerimaan negara dan masyarakat. Oleh karena itu, diperlukan suatu pendekatan pembangunan yang melihat nilai ekonomi sumberdaya hutan secara menyeluruh dan dapat dimanfaatkan secara nyata dalam pembangunan.

Kajian ini bertujuan untuk memberikan alternatif kebijakan agar nilai ekonomi potensial jasa lingkungan hutan dapat bertransformasi menjadi nilai ekonomi riil yang terintegrasi dengan neraca pembangunan dan dapat memberikan kontribusi ekonomi yang nyata bagi kesejahteraan masyarakat.

METODE PENELITIAN

Untuk menghitung neraca pembangunan (PDB/PDRB) dapat digunakan tiga pendekatan yaitu (Suparmoko dan Nurrochmat, 2005) :

1. Pendekatan nilai tambah (*value added approach*) yaitu dengan menjumlahkan seluruh nilai tambah yang dihasilkan dari setiap sektor kegiatan ekonomi.

2. Pendekatan pendapatan (*income approach*) yaitu dengan menjumlahkan semua jenis pendapatan yang diperoleh oleh semua pemilik faktor produksi yaitu upah/gaji, sewa, bunga, dan laba.
3. Pendekatan pengeluaran (*expenditure approach*) yaitu dengan menjumlahkan seluruh pengeluaran setiap kegiatan di masing-masing sektor.

Dalam kaitannya dengan penggunaan sumberdaya alam, pendekatan yang digunakan dalam menghitung PDB/PDRB biasanya adalah pendekatan nilai tambah atau pendekatan produksi. PDB/PDRB Hijau dapat dihitung dengan melakukan penyesuaian (*adjustment*) terhadap nilai PDB/PDRB konvensional dengan memasukkan faktor deplesi, degradasi, dan manfaat jasa lingkungan sebagai unsur pengurang dan penambah. Tahapan perhitungan PDB Hijau adalah sebagai berikut:

1. Membagi sektor perekonomian menjadi 9 sektor (Pembagian sektor perekonomian ini disesuaikan dengan pembagian sektor perekonomian menurut Sistem Neraca Nasional yang diterbitkan oleh BPS) yakni :
1) Pertanian, Peternakan, Kehutanan & Perikanan, 2) Pertambangan dan penggalian, 3) Perindustrian Pengolahan, 4) Listrik, Gas, dan Air Bersih, 5) Bangunan (konstruksi), 6) Perdagangan, Hotel dan Restoran, 7) Angkutan dan Komunikasi, 8) Keuangan, Persewaan dan jasa Perusahaan, dan 9) Jasa-jasa
2. Menghitung nilai tambah dalam satu tahun. Nilai tambah ini disebut juga sebagai sumbangan masing-masing sektor usaha kepada PDB konvensional.
3. Mengidentifikasi jenis dan volume sumberdaya alam yang diambil untuk setiap sektor kegiatan ekonomi.
4. Menghitung nilai ekonomi dari pengurangan sumberdaya alam akibat adanya suatu aktivitas ekonomi (deplesi).
5. Mengurangi nilai PDB konvensional dengan nilai deplesi sehingga diperoleh nilai PDB Semi Hijau.

6. Mengidentifikasi, menghitung, dan menentukan nilai ekonomi dari kerusakan atau degradasi lingkungan yang terjadi akibat pengambilan sumberdaya hutan.
7. Mengurangkan nilai degradasi dan menambahkan nilai manfaat jasa lingkungan terhadap PDB Semi Hijau sehingga diperoleh nilai PDB Hijau.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada umumnya nilai PDB/PDRB Hijau yang dihitung dengan mempergunakan formula yang berlaku sekarang sangat rendah bahkan dalam beberapa kasus nilainya negatif. Hal ini mengakibatkan sering terjadinya resistensi dari para pengambil kebijakan baik para kepala daerah maupun para pemegang otoritas kehutanan terhadap pendekatan perhitungan PDB/PDRB Hijau. Hal yang wajar, karena sampai dengan saat ini tolok ukur keberhasilan pembangunan yang utama adalah besarnya nilai PDB/PDRB. Agar resistensi tidak berlanjut, perlu adanya formulasi perhitungan PDB/PDRB Hijau yang lebih rasional dan dapat mendorong para pengambil kebijakan untuk menerapkan berbagai upaya pengelolaan sumberdaya hutan yang ramah lingkungan.

Salah satu kelemahan fundamental dari formula perhitungan PDB Hijau yang berlaku saat ini adalah konsep tersebut hanya memuat sisi disinsentif, yakni berupa pengurangan nilai deplesi dan degradasi terhadap nilai PDB konvensional untuk memperoleh nilai PDB Hijau. Dengan metode perhitungan yang demikian, maka nilai PDB Hijau tidak akan pernah lebih tinggi dibandingkan dengan nilai PDB konvensional (Nurrochmat, 2008). Oleh karena itu, kelemahan formula perhitungan PDB Hijau harus dikoreksi dengan memasukkan unsur insentif (*rewards*) jasa lingkungan. Dengan memerhitungkan nilai jasa lingkungan sebagai faktor insentif, maka suatu daerah atau negara yang dapat mengelola sumberdaya alamnya dengan baik memiliki pengharapan memperoleh nilai PDB Hijau, khususnya PDB Hijau kehutanan, lebih besar dibandingkan dengan PDB konvensional.

Nilai ekonomi jasa hutan dibedakan atas nilai penggunaan langsung, misalnya kayu, hasil hutan bukan kayu dan konsumsi air yang berperan atas 52,39% dari total nilai jasa hutan, nilai penggunaan tak langsung seperti

konservasi tanah dan air, penyerap karbon, pencegah banjir, transportasi air, dan keanekaragaman hayati yang berperan sekitar 43,03% dari total nilai jasa hutan, dan nilai atas dasar bukan penggunaan (nilai opsi dan nilai keberadaan) yang memiliki nilai 4,94% dari total nilai jasa hutan (NRM 2002 dalam Departemen Kehutanan 2007). Dalam kajian ini estimasi nilai PDB Hijau kehutanan hanya dihitung dari nilai manfaat penggunaan tidak langsung dari sumberdaya hutan. Nilai penggunaan langsung tidak lagi dihitung karena nilai tersebut telah diperhitungkan dalam PDB konvensional.

Kontribusi sub-sektor kehutanan terhadap PDB konvensional pada saat ini sangat rendah, rata-rata kurang dari 1%. Demikian juga jika dipergunakan model perhitungan PDB Hijau tanpa memasukkan nilai pemanfaatan jasa lingkungan, kontribusi sub-sektor kehutanan justru semakin merosot, bahkan nilainya negatif. Walaupun di atas kertas nilai jasa lingkungan hutan dapat dihitung dan diintegrasikan ke dalam nilai PDB Hijau, namun pada kenyataannya hanya sebagian kecil dari nilai penggunaan tak langsung yang memiliki peluang untuk bertransformasi menjadi nilai ekonomi riil melalui mekanisme kebijakan fiskal hijau. Dalam kajian ini, ada dua jenis pemanfaatan jasa lingkungan hutan yang diperkirakan memiliki peluang untuk dapat direalisasikan dalam waktu yang tidak terlalu lama, yaitu:

- 1) Nilai manfaat jasa lingkungan hutan dari fungsi tata air
- 2) Nilai manfaat jasa lingkungan hutan sebagai penyerap karbon

Salah satu upaya meningkatkan nilai PDRB Hijau bagi daerah-daerah hulu aliran sungai atau PDB Hijau bagi negara yang memiliki sumberdaya hutan dan mengelolanya dengan baik adalah dengan memasarkan manfaat jasa lingkungan terutama fungsi tata air yang disediakan oleh ekosistem hutan sehingga menjadi nilai ekonomi yang riil. Jika manfaat tata air dapat dipasarkan dengan satuan nilai uang tertentu, maka manfaat jasa lingkungan tersebut dikatakan mampu memberikan nilai tambah bagi pengelolaannya sehingga dapat dimasukkan ke dalam komponen penambah PDB/PDRB Hijau di negara atau daerah penghasil sumberdaya. Dalam kajian ini nilai penggunaan tak langsung jasa lingkungan hutan yang menyangkut fungsi tata air dapat dikelompokkan menjadi dua kategori

besar, yaitu fungsi hutan untuk konservasi tanah dan air dan sebagai pencegah banjir.

Jika nilai penggunaan tak langsung jasa hutan dari fungsi tata air diperhitungkan, maka dengan menggunakan basis data BPS (2004-2007) dan data neraca sumberdaya hutan Departemen Kehutanan (2004-2007), nilai PDB kehutanan diperkirakan akan mengalami peningkatan hingga 24 kali dari nilai PDB konvensional sub-sektor kehutanan (Tabel 1). Selain sebagai pengatur fungsi tata air, hutan juga memiliki potensi nilai jasa lingkungan sebagai penyerap karbon (*carbon sinker*). Apabila diasumsikan mekanisme perdagangan karbon dengan berbagai skema dapat berjalan dengan baik, maka nilai PDB Hijau kehutanan dapat dipastikan akan mengalami peningkatan sebesar 2-25% dari nilai PDB kehutanan konvensional (Tabel 2).

Tabel 1. Estimasi Nilai PDB Hijau Kehutanan Dengan Menghitung Pemanfaatan Jasa Lingkungan Hutan Untuk Fungsi Tata Air

Nilai PDB	Tahun (Rp Miliar)			
	2004	2005	2006	2007
PDB Konvensional Kehutanan	20,290	22,562	30,066	35,884
(-) Deplesi Sumberdaya Hutan	3,322	3,203	2,293	2,038
PDB Semi Hijau Kehutanan	16,968	19,359	27,773	33,846
(-) Degradasi Sumberdaya Hutan	41,838	41,838	41,838	41,838
PDB Hijau Kehutanan Tanpa Jasa Lingkungan	(24,870)	(22,480)	(14,065)	(7,993)
(+) Jasa Lingkungan Hutan untuk Fungsi Tata Air	513,989	486,714	455,331	457,067
PDB Hijau Kehutanan + Jasa Tata Air	489,119	464,234	441,266	449,074

Tabel 2. Estimasi Nilai PDB Hijau Kehutanan Dengan Menghitung Pemanfaatan Jasa Lingkungan Hutan Sebagai Penyerap Karbon

Nilai PDB	Tahun (Rp Miliar)			
	2004	2005	2006	2007
PDB Konvensional Kehutanan	20,290	22,562	30,066	35,884
(-) Deplesi Sumberdaya Hutan	3,322	3,203	2,293	2,038
PDB Semi Hijau Kehutanan	16,968	19,359	27,773	33,846
(-) Degradasi Sumberdaya Hutan	41,838	41,838	41,838	41,838
PDB Hijau Kehutanan Tanpa Jasa Lingkungan	(24,870)	(22,480)	(14,065)	(7,993)
(+) Jasa Lingkungan Hutan Sebagai Penyerap Carbon	50,153	47,492	44,429	44,599
PDB Hijau Kehutanan + Jasa Penyerap Karbon	25,283	25,012	30,364	36,606

Realitasnya, jasa lingkungan hutan tidak hanya tata air dan penyerap karbon, tetapi juga jasa lingkungan lainnya. Semakin banyak jenis jasa lingkungan hutan yang memiliki nilai pasar (transaksi) maka semakin besar pula nilai manfaat ekonomi jasa lingkungan hutan yang dapat dinikmati oleh pemilik atau pengelola hutan. Simulasi perhitungan optimis yang memasukkan semua nilai tak langsung dari jasa lingkungan hutan menunjukkan bahwa kontribusi sub-sektor kehutanan terhadap PDB Hijau nasional akan meningkat secara signifikan menjadi lebih 25% dari PDB Hijau nasional, atau jika dibandingkan dengan kontribusi sub-sektor kehutanan terhadap PDB konvensional yang berlaku saat ini terjadi peningkatan setidaknya 25 kali lipat (Tabel 3).

Tabel 3: Estimasi Kontribusi Kehutanan Terhadap PDB Hijau dengan Memerhitungkan Nilai Total Pemanfaatan Jasa Lingkungan Hutan

Model Perhitungan PDB	Tahun (Rp Miliar)			
	2004	2005	2006	2007
PDB Hijau Kehutanan Dengan Jasa Lingkungan	1,572,361	1,489,993	1,400,886	1,412,351
PDB Hijau Nasional Dengan Jasa Lingkungan	3,847,898	4,241,712	4,710,037	5,325,789
Kontribusi Kehutanan Terhadap PDB Hijau	40.86%	35.13%	29.74%	26.52%

Salah satu cara yang efektif untuk merealisasikan nilai potensi jasa lingkungan menjadi nilai ekonomi riil adalah dengan menerapkan kebijakan fiskal pro-lingkungan (*green fiscal policy*). Selain melakukan simulasi perhitungan neraca pembangunan yang ramah lingkungan (PDB/PDRB Hijau) studi ini juga mengkaji pilihan kebijakan terhadap beberapa alternatif regulasi fiskal pro-lingkungan diantaranya mekanisme *Purchasing Landuse Right* (PLR), *Payment for Environmental Services* (PES) dengan skema Insentif Hulu-Hilir, *Polluter Pays Principle* (PPP), *Clean Development Mechanism* (CDM), *Reducing Emission from Deforestation & Forest Degradation* (REDD) dan *Debt for Nature Swap* (Tabel 4).

Tabel 4: Estimasi Pengaruh Kebijakan Fiskal Hijau Terhadap PDB, Urgensi, Resistensi, dan Rekomendasi Kebijakan

Jenis Kebijakan	Pengaruh Terhadap PDB Kehutanan	Pengaruh Terhadap PDB Nasional	Resistensi	Urgensi	Rekomendasi Kebijakan
<i>Rewards & punishment</i> dana bagi hasil pengelolaan SDA	Tidak diketahui	Tidak diketahui	Rendah-sedang	Tinggi	Penyempurnaan UU Perimbangan Keuangan Pusat Daerah
Denda bagi daerah penghasil polusi dan kompensasi bagi daerah terkena dampak	Tidak diketahui	Tidak diketahui	Sedang-tinggi	Sedang	Penyempurnaan UU Lingkungan Hidup atau UU Mitigasi Bencana
Valuasi ekonomi SDH	Meningkatkan validitas data	Meningkatkan validitas data	Rendah	Sedang	Peraturan Menteri / Menteri Koordinator
PDB Hijau, termasuk jasa lingkungan	Meningkat (besar)	Meningkat (sedang)	Rendah-sedang	Tinggi	Penyempurnaan UU atau minimal PP
<i>Purchasing Landuse Right</i> (PLR)	Tidak ada	Tidak diketahui	Rendah-sedang	Sedang	Peraturan Menteri dan Peraturan Daerah

Tabel 4: Estimasi Pengaruh Kebijakan Fiskal Hijau Terhadap PDB, Urgensi, Resistensi, dan Rekomendasi Kebijakan (*lanjutan*)

Jenis Kebijakan	Pengaruh Terhadap PDB Kehutanan	Pengaruh Terhadap PDB Nasional	Resistensi	Urgensi	Rekomendasi Kebijakan
Clean Development Mechanism (CDM)	Meningkat (sangat kecil)	Meningkat (sangat kecil)	Tinggi	Rendah	Peraturan Menteri
Reducing Emission from Deforestation & Forest Degradation (REDD)	Meningkat (kecil)	Meningkat (sangat kecil)	Rendah	Sedang	Peraturan Menteri
Insentif Hulu-Hilir & Kompensasi Manfaat Tata Air	Meningkat (sangat besar)	Meningkat (besar)	Rendah	Tinggi	Peraturan Pemerintah dan Peraturan Daerah
<i>Debt for nature swap</i>	Meningkat (kecil-sedang)	Meningkat (kecil)	Rendah-sedang	Sedang	Undang-Undang /Peraturan Pemerintah

Mekanisme *Polluter Pays Principle* (PPP) atau kebijakan pengenaan denda bagi daerah penghasil polusi dan kompensasi bagi daerah yang terkena dampak dapat diterima oleh para pihak di daerah, dengan catatan penyebab bencana bukan karena faktor alam. Sementara itu, agar mekanisme *Purchasing Land Use Right* (PLR) dapat berjalan efektif diperlukan adanya penataan fungsi hutan, tidak hanya di kawasan hutan negara, tetapi juga di areal hutan milik (hutan hak).

Dalam hal kebijakan yang terkait perdagangan karbon, mekanisme *Clean Development Mechanism* (CDM) kurang mendapatkan respon yang positif dari para pihak di daerah karena pelaksanaannya sangat rumit. Berbeda dengan CDM, konsep *Reducing Emission from Deforestation and Forest Degradation* (REDD) dianggap para pihak sebagai suatu mekanisme perdagangan Carbon yang cukup realistis. Mekanisme lainnya yang berpeluang untuk diterapkan adalah *Payment*

for Environmental Services (PES) dengan skema insentif hulu-hilir. Pada dasarnya mekanisme ini merupakan skema pemberian kompensasi jasa lingkungan kepada daerah penghasil (hulu) oleh daerah penerima manfaat (hilir) atas jasa lingkungan yang dinikmatinya. Selain PLR, REDD, dan PES, mekanisme *debt for nature swap* atau skema penghapusan utang luar negeri dengan kegiatan pelestarian sumber daya alam dan lingkungan secara umum juga dapat diterima. Namun karena terkait dengan pihak asing, mekanisme ini harus dilaksanakan secara hati-hati dan diatur dengan payung hukum yang kuat.

KESIMPULAN

Konsep PDB/PDRB Hijau yang berlaku saat ini menghadapi resistensi yang cukup besar dari para pemangku kepentingan di daerah karena nilainya selalu sangat rendah, bahkan di beberapa daerah nilainya negatif. Walaupun sesungguhnya nilai PDRB Hijau yang rendah bahkan negatif sangat mungkin terjadi pada daerah-daerah yang melakukan eksploitasi berlebihan terhadap sumberdaya alam, namun dengan formula PDB/PDRB Hijau yang diujicobakan nilai PDB/PDRB Hijau tidak mungkin melampaui PDB/PDRB konvensional. Oleh karena itu konsep PDB/PDRB yang ditawarkan semestinya tidak hanya memerhitungkan deplesi dan degradasi, tetapi juga harus menghitung nilai manfaat jasa lingkungan hutan.

Secara nasional, nilai PDB akan mengalami penurunan jika dipergunakan perhitungan PDB Hijau tanpa memerhitungkan nilai jasa lingkungan hutan. Namun demikian, nilai PDB akan meningkat tajam apabila dalam perhitungan PDB Hijau dimasukkan seluruh nilai penggunaan tak langsung dari jasa lingkungan hutan. Nilai PDB Hijau akan tetap jauh lebih tinggi dibandingkan nilai PDB konvensional meskipun hanya memerhitungkan nilai guna tak langsung jasa lingkungan hutan untuk fungsi tata air (konservasi tanah dan air serta pencegah banjir). Sementara PDB Hijau akan memiliki nilai yang sedikit melebihi PDB konvensional jika fungsi jasa lingkungan hutan yang dihitung pemanfaatannya hanya sebagai penyerap karbon.

Penerapan PDB/PDRB Hijau untuk saat ini belum dapat menggantikan dan tidak dimaksudkan untuk menggantikan PDB/PDRB konvensional yang telah lazim dipergunakan dalam dunia internasional, sehingga posisi PDB/PDRB Hijau sebagai neraca pendamping adalah kebijakan yang paling rasional.

DAFTAR PUSTAKA

- BPS (Badan Pusat Statistik), 2004-2007. *Indonesia Dalam Angka*. BPS, Jakarta.
- Departemen Kehutanan, 2004-2007. *Neraca Sumber Daya Hutan*. Badan Planologi Kehutanan, Departemen Kehutanan. Jakarta
- Departemen Kehutanan, 2007. *Pedoman Penyusunan PDRB Hijau Sektor Kehutanan*. Departemen Kehutanan, Jakarta.
- Nurrochmat, D.R, 2008. *Promoting Close to Nature Forestry Trough Green Fiscal Policy*. Paper presented at the Symposium on Close to Nature Forestry-Practices for Asia-Pacific towards the Millennium Development Goal Challenges 17-20 December 2008, Kuala Lumpur.
- Suparmoko, M dan D.R. Nurrochmat, 2005. *Urgensi Implementasi PDRB Hijau Sektor Kehutanan*. Badan Planologi Kehutanan, Jakarta.

**MODEL USAHATANI KONSERVASI BERBASIS SUMBERDAYA
SPESIFIK LOKASI DI DAERAH HULU SUNGAI
(STUDI KASUS: LAHAN PERTANIAN BERLERENG DI HULU
SUB DAS CIKAPUNDUNG, KAWASAN BANDUNG UTARA)**
(Conservation Farming Systems Model Based on Local Specific Resources in
Upstream Area (Case Study: Sloping Agricultural Land in The Upstream of
Cikapundung Sub Watershed, North Bandung Area))

**Santun R. P. Sitorus¹⁾, Bambang Pramudya²⁾, Harianto³⁾, Kasy
Subagyo⁴⁾, Nana Sutrisna⁴⁾**

¹⁾ Dep. Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian IPB

²⁾ Dep. Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian IPB

³⁾ Dep. Agribisnis, Fakultas Ekonomi dan Manajemen IPB

⁴⁾ Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Jawa Barat

ABSTRAK

Hulu sub DAS Cikapundung merupakan lahan kering dataran tinggi. Penggunaan lahan tidak sesuai dengan kesesuaian lahannya, sehingga lahan mengalami degradasi. Tujuan utama merancang model usahatani konservasi berbasis sumberdaya spesifik lokasi yang dapat meningkatkan produktivitas dan pendapatan serta mampu menjaga dan melestarikan sumberdaya lahan dan lingkungan, sehingga dapat dimanfaatkan secara berkelanjutan. Tujuan terinci penelitian adalah (1) Mengetahui kesesuaian penggunaan lahan tanaman sayuran saat ini menurut kesesuaian lahannya, (2) Mengetahui karakter usahatani sayuran saat ini, (3) Mengetahui komponen yang paling berpengaruh pada setiap subsistem usahatani konservasi tanaman sayuran berbasis sumberdaya spesifik lokasi, dan (4) Merancang alternatif model usahatani konservasi tanaman sayuran berbasis sumberdaya spesifik lokasi. Penelitian menggunakan metode survei. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kelas kesesuaian penggunaan lahan *saat ini* di hulu Sub DAS Cikapundung tergolong sesuai marginal (S3) dengan faktor pembatas pH, KB, KTK, ketersediaan oksigen, dan lereng. Kegiatan usahatani yang dilakukan petani di hulu sub DAS Cikapundung sudah berorientasi agribisnis sehingga penggunaannya sangat intensif, namun belum sepenuhnya menerapkan teknologi konservasi. Komponen yang paling berpengaruh pada subsistem usahatani adalah jenis tanaman, sistem penanaman, dan penggunaan bahan amelioran, sedangkan pada subsistem konservasi adalah konservasi mekanik dan penggunaan mulsa. Diperoleh 5 alternatif model usahatani konservasi tanaman sayuran di hulu sub DAS Cikapundung, yaitu (1) **Model A**: Sistem usahatani konservasi teras bangku, bedengan memotong lereng, menggunakan pupuk kandang+kapur, sistem penanaman sayuran tumpangsari/tumpang gilir kelompok I+III atau II+III, (2) **Model B**: Sistem usahatani konservasi teras bangku, bedengan memotong lereng, menggunakan pupuk kandang, dipasang mulsa plastik, sistem penanaman sayuran tumpangsari/tumpang gilir kelompok I+III atau II+III, (3) **Model C**: Sistem usahatani konservasi teras bangku, bedengan memotong lereng, menggunakan pupuk kandang+kapur, dipasang mulsa plastik, sistem penanaman sayuran tumpangsari/tumpang gilir kelompok I+III atau II+III, (4) **Model D**: Sistem usahatani konservasi teras gulud, bedengan searah lereng, menggunakan pupuk kandang+kapur, sistem penanaman sayuran tumpangsari/tumpang gilir kelompok I+III atau II+III, dan (5) **Model E**: Sistem usahatani konservasi teras gulud, bedengan searah lereng, menggunakan pupuk kandang+kapur, dipasang mulsa plastik, sistem penanaman sayuran tumpangsari/tumpang gilir kelompok I+III atau II+III. Model A, B, dan C disarankan untuk dapat diterapkan pada lahan dengan kemiringan 15-25%, sedangkan model D dan E disankan pada lahan dengan kemiringan 8-15%. Hasil pemilihan model dari lima alternatif model usahatani konservasi, terpilih dua model, yaitu: model C dan E. Model C usahatani konservasi

tanaman sayuran layak secara teknis dan finansial digunakan pada lahan dengan kemiringan lereng 15-25% dan model E pada lahan dengan kemiringan lereng 8-15% di hulu sub DAS Cikapundung. .

Kata kunci: Usahatani konservasi, spesifik lokasi, model, hulu sub DAS Cikapundung.

ABSTRACT

The upstream of Cikapundung sub watershed is located in the highland area. Inappropriate land usage with its land suitability causes land degradation. The main objective of this research was to design the vegetable conservation farming system model based on local specific resources in upstream of Cikapundung sub watershed. The detail objectives were: (1) to study the suitability level of the saat ini vegetable land, (2) to study characteristic of the saat ini vegetable farming system, (3) to study the most influence component in the subsystem vegetable conservation farming, and (4) to design the alternative vegetable conservation farming system models based on local specific resources. This research was conducted using system approach and survey method. The result showed that most of the saat ini vegetable land in the upstream of Cikapundung Sub Watershed belongs to Marginally Suitable (S3) (57,87%). The limiting factors are pH, Base Saturation, CEC, drainage, and slope. The most influence component of the farming subsystem are kinds of crops, cropping system, and ameliorant. The most influence component of the conservation subsystem are conservation technics and plastic mulch. There are five alternative models (A, B, C, D, and E) of vegetable conservation farming which can be used in upstream of Cikapundung sub watershed. Out of the five alternative models, two models were chosen. Those are: (1) Model C: conservation farming system bench terraces, the embankment crosses the slope, use of organic matter and lime, mulch, and planting of vegetables cropping system with categories I+III or categories II+III for land with slope of 15-25% and (2) Model E: conservation farming system gulud terraces, the embankment crosses the slope, use of organic matter and lime, mulch, and planting of vegetables cropping system with categories I+III or categories II+III for land with slope of 8-15%. The conservation farming system model designed technically can control soil erosion and financially profitable. To accelerate the implementation of conservation farming system model, KUK institution and crops livestock are needed.

Keywords : Conservation farming, local specific, model, upstream of Cikapundung sub watershed.

PENDAHULUAN

Meningkatnya laju pertumbuhan penduduk dan kebutuhan hidup telah mengakibatkan terjadinya perubahan penggunaan lahan di hulu suatu sub DAS yang awalnya didominasi oleh hutan, berubah menjadi kawasan pemukiman dan budidaya pertanian tanaman semusim. Perubahan penggunaan lahan hutan menjadi kawasan budidaya tanaman semusim memberikan pengaruh paling besar terhadap perubahan kondisi hidrologi DAS, terutama debit banjir dan laju erosi (Suroso dan Susanto, 2006). Jika tidak dikelola dengan tepat akan mempercepat degradasi lahan dan pada akhirnya menjadi kritis (Sitorus, 2007).

DAS di Indonesia sebagian besar sudah mengalami degradasi, bahkan di beberapa tempat sudah tergolong kritis, termasuk hulu sub DAS Cikapundung. Jumlah DAS kritis setiap tahun terus bertambah. Pada tahun 1990 jumlah DAS kritis sebanyak 22, tahun 2000 sebanyak 42, dan tahun 2004 meningkat pesat menjadi 65 (Ditjen Penataan Ruang, 2005). Di hulu sub DAS Cikapundung, lahan yang tergolong kritis berkisar 20-30% dari total luas kawasan budidaya (Wikantika *et al.*, 2001)

Berbagai upaya untuk mengatasi hulu DAS supaya tidak menjadi kritis telah dilakukan oleh pemerintah antara lain dengan penerapan teknologi usahatani konservasi melalui proyek DAS yang sudah dimulai sejak tahun 1970, namun belum menunjukkan hasil yang signifikan. Dengan demikian, masalah-masalah usahatani konservasi yang berkaitan dengan kerusakan lahan dan lingkungan di hulu DAS belum dapat diatasi secara tuntas. Pendekatan usahatani konservasi yang dilakukan dimasa lampau lebih mengarah pada pembangunan fisik-mekanik, sehingga model usahatani konservasi yang diterapkan lebih ditunjukkan pada konservasi fisik, seperti pembuatan teras, konservasi vegetatif, dan pembuatan bangunan konservasi. Perlu pendekatan baru yang lebih mengarah pada penggunaan lahan yang menjanjikan keuntungan segera kepada petani dalam bentuk hasil tinggi dan pendapatan finansial yang lebih baik. Douglas (1992) dalam Arsyad (2006) menyatakan bahwa beberapa prinsip umum yang dapat digunakan agar berhasil dalam mempromosikan konservasi tanah pada tingkat usahatani berskala kecil antara lain adalah: (1) perencanaan konservasi tanah haruslah mengutamakan petani (*farmer first approach*) dan (2) penerapan konservasi tanah haruslah ramah petani (*farmer friendly*). Syafrudin *et al.* (2004) menyatakan bahwa sistem usahatani konservasi yang memanfaatkan sumberdaya spesifik lokasi berdasarkan karakteristik, kemampuan, dan kesesuaiannya akan efisien, berproduksi tinggi, dan berkelanjutan.

Tujuan utama penelitian ini adalah: merancang model usahatani konservasi berbasis sumberdaya spesifik lokasi yang dapat meningkatkan produktivitas dan pendapatan serta mampu menjaga dan melestarikan sumberdaya lahan dan lingkungan, sehingga dapat dimanfaatkan secara berkelanjutan. Tujuan terinci penelitian adalah: (1) Mengetahui kesesuaian penggunaan lahan tanaman sayuran saat ini menurut kesesuaian lahannya, (2) Mengetahui karakter usahatani sayuran saat ini, (3) Mengetahui komponen yang paling berpengaruh pada setiap subsistem usahatani konservasi tanaman sayuran berbasis sumberdaya spesifik

lokasi, dan (4) Merancang alternatif model usahatani konservasi tanaman sayuran berbasis sumberdaya spesifik lokasi.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu

Penelitian dilaksanakan di hulu sub Das Cikapundung Kawasan Bandung Utara pada bulan Februari sampai Nopember 2009.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan: (1) Peta dasar terdiri atas: peta jenis tanah, geomorfologi, geologi, topografi, dan penggunaan lahan, (2) peta pendukung terdiri atas: peta administrasi dan RTRW lokasi penelitian, (3) bahan-bahan survei dan analisis di Laboratorium, dan (4) bahan-bahan untuk menyusun kuesioner. Peralatan yang digunakan: (1) peralatan untuk melakukan survei terdiri atas: pedoman observasi, bor tanah, ring sampel, altimeter, *Global Positioning System* (GPS), *Abney level*, Munsel, skop, cangkul, pisau, meteran, kamera, dan kantong sampel dan (2) peralatan komputer yang dilengkapi berbagai *software* untuk keperluan analisis meliputi: *overlay* peta, CPI, MPE, Bayes, dan AHP.

Pendekatan penelitian menggunakan pendekatan sistem, yaitu suatu pendekatan analisis organisatoris yang menggunakan ciri-ciri sistem sebagai titik tolak analisis (berorientasi tujuan, holistik, dan efektif). Tahapan pendekatan sistem adalah sebagai berikut: (1) analisis kebutuhan, (2) identifikasi sistem, (3) formulasi masalah, dan (4) pemodelan (rancang bangun sistem usahatani konservasi) (Marimin, 2004).

Metode penelitian adalah survei dengan tahapan sebagai berikut: (1) mengidentifikasi kondisi saat ini (penggunaan lahan/tipe penggunaan lahan dan karakteristik usahatani), (2) menganalisis komponen yang paling berpengaruh pada subsistem usahatani dan konservasi (aspek biofisik, sosial, dan ekonomi), dan (3) merancang alternatif model usahatani konservasi tanaman sayuran di hulu sub DAS Cikapundung.

Variabel yang diamati meliputi: biofisik tanah, iklim, dan sosial ekonomi. Data yang dikumpulkan meliputi :

- (1) Data biofisik tanah terdiri atas: jenis tanaman, luas lahan, kerapatan jenis tanaman, indeks pertanaman, jenis tanah, penggunaan lahan, sifat fisik tanah

(struktur, tekstur, BD, drainase, porositas, dan permeabilitas), dan sifat kimia tanah (pH tanah, C-organik, N-total, P205, K2O, Basa-basa (Na, Ca, K, Mg), Kejenuhan Basa, KTK, dan Al-dd).

- (2) Data iklim terdiri atas: temperatur, Curah hujan (CH), hari hujan, CH maks (24 jam), kelembaban udara.
- (3) Data sosial ekonomi terdiri atas: curahan tenaga kerja, upah tenaga kerja, penggunaan sarana produksi (bahan organik, mulsa plasti, pupuk, dan pestisida), peralatan yang digunakan, produktivitas, harga komoditas, dan pendapatan usahatani.

Pengumpulan data biofisik tanah dilakukan melalui pengamatan dan pengukuran di lapang serta menganalisis contoh tanah komposit di Laboratorium. Contoh tanah komposit diambil dari 5 tempat pada setiap satuan lahan homogen pada 17 satuan lahan homogen (SLH), menggunakan bor tanah sedalam lapisan olah sekitar 0-20 cm.

Pengumpulan data sosial ekonomi dilakukan melalui wawancara individu, *Focus Group Discussion* (FGD), dan mempelajari dokumentasi/laporan.

Wawancara Individu Petani. Pemilihan responden menggunakan metode *Stratified Random Sampling*. Jumlah responden sebanyak 5% dari total jumlah petani di hulu sub DAS Cikapundung atau sebanyak 105 petani.

Wawancara Individu Pedagang. Pemilihan responden menggunakan metode *Stratified Random Sampling*. Jumlah responden sebanyak sekitar 5% dari jumlah pedagang yang ada di wilayah hulu sub DAS Cikapundung pada setiap skala usaha (kecil, sedang, dan besar) atau masing-masing sebanyak 3 orang pada setiap skala usaha. Skala usaha kecil adalah pedagang pengumpul desa, skala usaha sedang adalah pedagang pengumpul kecamatan, dan skala usaha besar adalah pedagang yang orientasinya ekspor dan pensuplai *supermarket*.

FGD. Pemilihan responden FGD menggunakan metode *Stratified Random Sampling*. Jumlah responden sebanyak 50 orang, dipilih secara proporsional terdiri atas: (1) petani 34 orang (wakil pengurus kelompok tani), (2) aparat kecamatan 3 orang (satu orang wakil dari tiga kecamatan terpilih), (3) aparat desa 5 orang (satu orang wakil dari setiap desa terpilih), (4) LSM 1 orang, (5) pedagang 2 orang, (6) tokoh masyarakat 2 orang, dan (7) penyuluh 3 orang.

Analisis Data

1. Evaluasi Kesesuaian Penggunaan Lahan Saat Ini

Evaluasi menggunakan sistem pakar, yaitu program *Automated Land Evaluation System* (ALES) versi 4.65 (Rossister dan Van Wambeke, 1997), kemudian hasilnya ditumpang tindihkan dengan tipe penggunaan lahan atau *Land Utilization Types* (LUT).

2. Karakteristik Usahatani Saat Ini

Analisis data dilakukan secara deskriptif, mendeskripsikan data hasil karakterisasi usahatani.

3. Analisis Komponen yang Paling Berpengaruh pada Subsistem Usahatani Konservasi

Komponen yang paling berpengaruh pada subsistem usahatani dan konservasi dianalisis menggunakan statistik non parametrik Test Friedman. Distribusi yang terbentuk adalah distribusi Chi Kuadrat (χ^2).

4. Merancang Alternatif Model Usahatani Konservasi

Alternatif model usahatani konservasi tanaman sayuran di hulu sub DAS Cikapundung disusun dengan mensintesis berdasarkan hasil analisis parsial, mulai dari pemilihan jenis tanaman sampai dengan memilih tindakan konservasi (Tabel 1).

Tabel 1. Analisis Faktor pada Setiap Komponen yang Digunakan dalam Menyusun Alternatif Rancangan Model Usahatani Konservasi

No (number)	Faktor dalam Komponen (Factors in component)	Jenis analisis (Kind of analysis)
1.	Pemilihan jenis tanaman	Metode Perbandingan Eksponensial (MPE)
2.	Penyusunan sistem penanaman	Metode <i>Composite Performance Index</i> (CPI)
3.	Pemilihan bahan amelioran	Metode Bayes
4.	Pemilihan penggunaan mulsa	Deskriptif
5.	a. <i>Tolerable Soil Loss</i> (TSL)	Metode Hammer (1981)
	b. Menentukan tindakan konservasi	RUSLE
	c. Memilih tindakan konservasi	Metode CPI

5. Merancang Model Usahatani Konservasi Tanaman Sayuran Berbasis Sumberdaya Spesifik Lokasi.

Merancang model usahatani konservasi tanaman sayuran berbasis sumberdaya spesifik lokasi dilakukan melalui 2 tahapan, yaitu: (1) Pemilihan model dari beberapa alternatif model usahatani konservasi tanaman sayuran berbasis sumberdaya spesifik lokasi dan (2) Menguji coba di lapang untuk menganalisis kelayakan teknis dan kelayakan finansial terhadap model terpilih.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kesesuaian Penggunaan Lahan Saat Ini Sesuai dengan Kesesuaian lahannya

Hasil evaluasi lahan kemudian di *overlay* dengan penggunaan lahan atau *Land Utilization Type* (LUT) saat ini menghasilkan kelas kesesuaian LUT. Hasil *overlay* menunjukkan bahwa kelas kesesuaian kelima LUT tergolong ke dalam tidak sesuai (N) dan sesuai marjinal (S3) (Tabel 2).

Tabel 2. Kelas Kesesuaian Penggunaan Lahan *Saat ini* di Hulu Sub DAS Cikapundung

LUT	Uraian (<i>Description</i>)	Simbol (<i>Symbol</i>)	Kelas kesesuaian (<i>Suitability class</i>)	Faktor Pembatas (<i>limit factors</i>)
1	Monokultur sayuran dua kali dalam satu tahun dengan pola tanam: <i>sayuran – sayuran</i> . Tanaman sayuran: kentang, kubis, brokoli, dan cabai merah.	Mss	<ul style="list-style-type: none"> • N • S3nr • S3nr/eh • S3nr/oa 	Lereng > 25% pH < 5,8 dan KB < 35% pH < 5,8; KB < 35%; dan lereng 15-25% pH < 5,8; KB < 35%; dan ketersediaan oksigen kurang
2	Monokultur sayuran dan palawija dengan pola tanam: <i>sayuran – palawija</i> . Tanaman sayuran: buncis, kc. panjang, dan mentimun. Tanaman palawija: jagung manis dan jagung	Msp	<ul style="list-style-type: none"> • N • S3nr • S3nr/eh • S3nr/oa 	Lereng > 25% pH < 5,8 dan KB < 35% pH < 5,8; KB < 35%; dan lereng 15-25% pH < 5,8; KB < 35%; dan ketersediaan oksigen kurang
3	Tumpangsari sayuran: tomat/cabai rawit + salada/brokoli.	Tss	<ul style="list-style-type: none"> • N • S3nr • S3nr/eh • S3nr/oa 	Lereng > 25% pH < 5,8 dan KB < 35% pH < 5,8; KB < 35%; dan lereng 15-25% pH < 5,8; KB < 35%; dan ketersediaan oksigen kurang
4	Tumpangsari sayuran + palawija. Buncis/kc.panjang/mentimun + jagung/jagung manis	Tsp	<ul style="list-style-type: none"> • N • S3nr • S3nr/eh • S3nr/oa 	Lereng > 25% pH < 5,8 dan KB < 35% pH < 5,8; KB < 35%; dan lereng 15-25% pH < 5,8; KB < 35%; dan ketersediaan oksigen kurang
5	Tumpang giril tomat + salada - cabai rawit + brokoli, tomat + salada - brokoli + seledri/B. daun, dan buncis + salada - cabai rawit + brokoli	Tgs	<ul style="list-style-type: none"> • N • S3nr • S3nr/eh • S3nr/oa 	Lereng > 25% pH < 5,8 dan KB < 35% pH < 5,8; KB < 35%; dan lereng 15-25% pH < 5,8; KB < 35%; dan ketersediaan oksigen kurang

Keterangan:

LUT = *Land Utilization Types* atau Tipe Penggunaan Lahan

N = Tidak Sesuai (*not Suitable*)

s3nr = Sesuai Marginal, faktor pembatas pH dan KB (*Marginally Suitable, limit factors pH and KB*)

s3nr/eh = Sesuai Marginal, faktor pembatas pH, KB, dan lereng 15-25% (*Marginally Suitable, limit factors pH, KB, and slope 15-25%*)

s3nr/eh = Sesuai Marginal, faktor pembatas pH, KB, dan ketersediaan oksigen (*Marginally Suitable, limit factors pH, KB, and oxygen supply is low*)

Penggunaan lahan budidaya tanaman sayuran saat ini yang tidak sesuai menurut kesesuaian lahannya (N) sekitar 1.437 ha atau 42,13% dari jumlah luas lahan budidaya tanaman sayuran. Penyebab penggunaan lahan tidak sesuai pada 5

LUT utama adalah kemiringan lereng $>25\%$. Jika lahan tersebut diusahakan untuk kegiatan usahatani memerlukan biaya investasi tinggi, sehingga tidak sesuai dengan hasil yang diperoleh (rugi). Pada lahan tersebut disarankan untuk merubah penggunaan lahan dengan tanaman tahunan berupa tanaman perkebunan, buah-buahan, dan tanaman hutan.

Penggunaan lahan budidaya tanaman sayuran saat ini yang sesuai menurut kesesuaian lahannya sekitar 1.974 ha atau 57,87%. Kelas kesesuaian penggunaan lahan pada 5 LUT utama tergolong sesuai marginal (S3). Faktor pembatas pada LUT saat ini dengan kelas kesesuaian S3 adalah sifat kimia tanah yaitu pH, Kejenuhan Basa (KB), dan KTK serta sifat fisik tanah, yaitu drainase dan lereng. Menurut Kurnia *et al.* (1997), perbaikan sifat kimia dan fisik tanah dapat dilakukan dengan pemberian bahan amelioran. Bahan amelioran untuk meningkatkan pH dan kejenuhan basa adalah kapur, sedangkan untuk meningkatkan KTK dan memperbaiki sifat fisik tanah adalah bahan organik (Ramos dan Martinez, 2006). Menurut Sinukaban *et al.* (1994), faktor lereng dapat diatasi dengan pembuatan teras.

Model usahatani konservasi dirancang berdasarkan upaya-upaya yang dilakukan dalam mengatasi faktor pembatas dan dikelompokkan menjadi dua subsistem, yaitu (1) subsistem usahatani; komponennya terdiri atas pemberian bahan amelioran kapur dan bahan organik dan (2) subsistem konservasi; komponennya terdiri atas konservasi mekanik (*terasering*) dan pemasangan mulsa.

Karakteristik Usahatani Saat Ini

Karakter utama usahatani sayuran saat ini adalah: (1) Rata-rata luas lahan yang diusahakan sempit ($< 0,5$ ha), (2) Jenis tanaman yang diusahakan sudah berorientasi pasar (Agribisnis), (3) Pemanfaatan lahan intensif (IP $> 200\%$), dan (4) Belum sepenuhnya menerapkan teknologi usahatani konservasi, yaitu sekitar 85% petani menerapkan sistem bedengan searah lereng (Gambar 1).

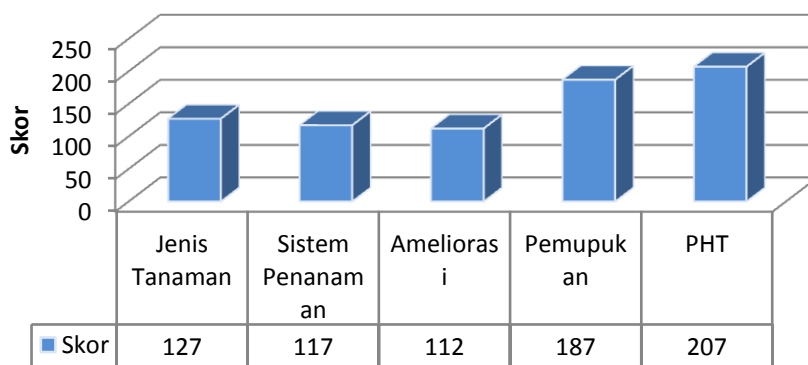
Berdasarkan uraian di atas, jenis tanaman, sistem penanaman, pemberian pupuk an-organik, dan pengendalian hama/penyakit merupakan komponen subsistem usahatani. Pembuatan teras dan bedengan memotong lereng merupakan komponen subsistem konservasi tanaman sayuran (Suganda *et al.*, 1997). Komponen tersebut harus diperhatikan dalam merancang model usahatani konservasi.



Gambar 1. Sistem pengelolaan lahan *saat ini* sayuran di hulu sub DAS Cikapundung

Analisis Komponen yang Paling Berpengaruh pada Subsistem Usahatani Konservasi

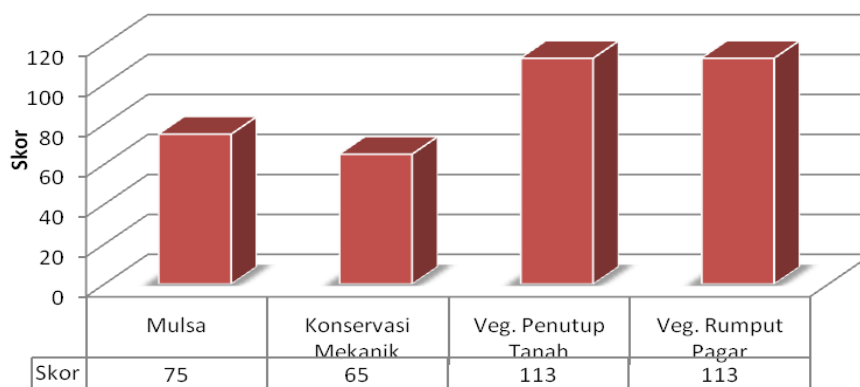
Hasil analisis Test Friedman pada subsistem menunjukkan bahwa kelima komponen subsistem usahatani memberikan pengaruh yang berbeda (Gambar 2). Hal ini dapat terlihat dari nilai $\chi^2 = 61,44$; lebih besar daripada χ^2 tabel (5%), yaitu 9,49. Komponen yang paling berpengaruh dipilih komponen yang memiliki rangking paling kecil (Sugiyono, 2007), pada penelitian ini dipilih 3 komponen, yaitu jenis tanaman, sistem penanaman, dan bahan amelioran.



Gambar 2. Pengaruh komponen pada subsistem usahatani terhadap usahatani konservasi.

Hasil analisis Test Friedman pada subsistem konservasi menunjukkan bahwa keempat komponen pada subsistem konservasi memberikan pengaruh yang

berbeda (Gambar 3). Hal ini dapat terlihat dari nilai $\chi^2 = 63,42$; lebih besar daripada χ^2 tabel (5%), yaitu 7,81. Komponen yang paling berpengaruh dipilih komponen yang memiliki ranking paling kecil (Sugiyono. 2007). Pada penelitian ini dipilih 2 komponen, yaitu penggunaan mulsa dan konservasi mekanik.



Gambar 3. Pengaruh komponen pada subsistem konservasi terhadap usahatani konservasi.

Merancang Alternatif Model Usahatani Konservasi Sayuran di Hulu Sub DAS Cikapundung

Rancangan model usahatani konservasi disusun berdasarkan hasil analisis parsial setiap komponen yang paling berpengaruh pada masing-masing subsistem, yaitu pemilihan jenis tanaman (Tabel 3), pemilihan sistem penanaman (Tabel 4), pemilihan bahan amelioran (Tabel 5), penggunaan mulsa plastik, dan pemilihan tindakan konservasi (Tabel 6, 7, dan 8).

Tabel 3. Matrik keputusan pemilihan jenis tanaman sayuran berdasarkan metode MPE

Alternatif (<i>alternative</i>)	Kriteria (<i>criteria</i>)				Nilai Keputusan (<i>decision value</i>)	Peringkat (<i>rank</i>)
	A	B	C	D		
1. Cabai rawit	4,8	2,1	1,0	3,9	593,26	1
2. Cabai merah	4,1	2,0	1,1	4,0	349,79	2
3. Buncis	3,2	3,0	3,2	3,3	154,03	7
4. Kubis	3,0	2,2	3,0	3,0	119,20	9
5. B. daun	1,2	4,1	4,0	3,0	49,17	13
6. Kentang	3,8	2,2	2,1	2,1	224,38	5
7. Wortel	3,0	3,1	1,9	2,9	112,10	11
8. Tomat	4,1	1,9	1,1	3,2	318,45	3

Tabel 3. Matrik keputusan pemilihan jenis tanaman sayuran berdasarkan metode MPE (lanjutan)

Alternatif (<i>alternative</i>)	Kriteria (<i>criteria</i>)				Nilai Keputusan (<i>decision value</i>)	Peringkat (<i>rank</i>)
	A	B	C	D		
9. Kol bunga	3,9	3,0	3,2	4,1	313,51	4
10. Kc. Panjang	3,2	2,9	2,8	1,1	116,93	12
11. Mentimun	3,1	3,2	3,1	3,2	137,93	8
12. Salada	3,3	4,3	4,9	3,0	173,90	6
13. Sawi	3,0	3,8	4,8	2,0	115,85	10
14. Petsai	1,8	3,8	5,0	2,0	47,30	14
Bobot kriteria	4	1	2	3		

Keterangan: A = intersep butiran hujan (*intercept rain fall*), B = curahan tenaga kerja (*Labor*), C= biaya produksi (*Cost production*), dan D = pendapatan usahatani (*Income*)

Tabel 4. Matrik keputusan pemilihan sistem penanaman sayuran berdasarkan Metode *Composite Performance Index* (CPI)

Sistem Penanaman (<i>cropping system</i>)	Kriteria (<i>criteria</i>)			Nilai Alternatif (<i>alternative value</i>)	Peringkat (<i>Rank</i>)
	ID	IP	BC		
1. Monokultur	0,80	2,50	1,23	105,91	3
2. Tumpangsari	1,40	2,50	1,45	134,50	2
3. Tumpang gilir	1,20	3,00	1,52	134,99	1
Bobot Kriteria	0,46	0,21	0,33		

Keterangan:

- Nilai BC Ratio merupakan rata-rata hasil analisis dari 10 petani (*BR ratio value was average to analysis teen of farmers*)
- Bobot kriteria berdasarkan perbandingan berpasangan (*pairwise comparisons*)

Tabel 5. Matrik keputusan pemilihan bahan amelioran berdasarkan metode Bayes

Bahan Amelioran (<i>ameliorant</i>)	Kriteria (<i>criteria</i>)				Nilai Keputusan (<i>decision</i>)
	Bi	Ke	Tk	Re	
1. P.kandang	2,8	4,1	3,1	2,0	2,88 (2)
2. Pupuk hijau	3,9	2,8	2,0	1,2	2,49 (5)
3. Kompos	2,0	2,1	3,0	3,9	2,79 (3)
4. Bokashi	1,2	2,1	3,8	3,9	2,72 (4)
5. Kapur	2,1	1,8	4,1	4,3	3,10 (1)
Bobot kriteria	0,3	0,2	0,2	0,3	

Keterangan:

- Bi = biaya (*cost*), Ke = kemudahan memperoleh (*Ease to have*), TK = tenaga kerja (*Labor*), dan RE= reaksi dalam tanah (*Reaction in the soils*)
- Bobot kriteria berdasarkan perbandingan berpasangan (*pairwise comparisons*)

Tabel 6. Faktor pengelolaan lahan dan tanaman (CP) pada SLH di hulu Sub DAS Cikapundung

SLH	Erosi Potensial	Tolerable Soil Loss (TSL)	Nilai CP
2	609,42	17,00	0,028
3	875,17	17,00	0,019
4	454,66	17,00	0,037
5	569,08	17,00	0,030
6	427,50	17,00	0,040
7	212,78	17,00	0,080
8	433,45	17,00	0,039
9	538,03	17,00	0,031
11	373,49	17,00	0,045
12	310,80	17,00	0,055
Nilai CP tertinggi			0,080
Nilai CP terendah			0,019
Nilai CP Rata-rata			0,040

Keterangan:

- CP = Faktor pengelolaan lahan dan tanaman
- TSL = Tolerable Soil Loss (erosi yang masih diperbolehkan)

Tabel 7. Nilai Faktor P dan Alternatif Tindakan Konservasi

CP	C	P	Lereng --- % --	Alternatif Tindakan Konservasi
0,019	0,571	0,033	8-15	Teras bangku
			15-25	Teras bangku + mulsa
0,040	0,588	0,032	8-15	Teras bangku
			15-25	Teras bangku + mulsa
0,040	0,571	0,070	8-15	Teras gulud + pen. menurut kontur
			15-25	Teras gulud + pen. menurut kontur + mulsa
0,080	0,588	0,068	8-15	Teras gulud + pen. menurut kontur
			15-25	Teras gulud + pen. menurut kontur + mulsa
0,080	0,571	0,140	8-15	Teras miring + pen. menurut kontur
			15-25	Teras miring + mulsa
0,080	0,588	0,135	8-15	Teras miring + penanaman menurut kontur
			15-25	Teras miring + mulsa

Keterangan: CP = faktor pengelolaan lahan dan tanaman, C = faktor tanaman, dan P = faktor pengelolaan lahan.

Tabel 8. Matrik Keputusan Setiap Alternatif Tindakan Konservasi Berdasarkan Hasil Perhitungan Menggunakan Metode Composite Performance Index (CPI)

Alternatif Tindakan Konservasi (alternative of conservation action)	Kriteria			Nilai Alternatif (Alternative value)	Peringkat (Rank)
	Curahan TK ** (labor)	Pengurangan Luas*** (to decrease land)	Erosi * (erosion value)		
	(HOK)	(%)	(t/ha/th)		
1. Teras bangku (bedengan memotong lereng)	112	15	23,1	141,6	2
2. Teras bangku (bd. memotong lereng)+mulsa plastik	132	15	16,7	139,6	1
3. Teras gulud (bedengan memotong lereng)	76	10	37,7	150,4	6
4. Teras gulud (bd. memotong lereng)+ mulsa	96	10	31,1	144,8	3

plastik					
5. Teras miring (bedengan searah lereng)	108	15	25,9	148,8	5
6. Teras miring (bd. searah lereng)+ mulsa plastik	128	15	20,6	146,4	4
Bobot Kriteria	0,40	0,20	0,40		

Keterangan: Sumber: * Haryati et al., 1995; ** Data primer; *** Abdurachman dan Sutono, 2002

Berdasarkan hasil sintesis dari analisis parsial setiap komponen yang paling berpengaruh pada subsistem usahatani konservasi, diperoleh lima alternatif model usahatani konservasi tanaman sayuran di hulu sub DAS Cikapundung, yaitu:

Model A: Sistem usahatani konservasi teras bangku, bedengan memotong lereng, menggunakan pupuk kandang+kapur, sistem penanaman sayuran tumpangsari/tumpang gilir kelompok I+III atau II+III.

Model B: Sistem usahatani konservasi teras bangku, bedengan memotong lereng, menggunakan pupuk kandang, dipasang mulsa plastik, sistem penanaman sayuran tumpangsari/tumpang gilir kelompok I+III atau II+III.

Model C: Sistem usahatani konservasi teras bangku, bedengan memotong lereng, menggunakan pupuk kandang+kapur, dipasang mulsa plastik, sistem penanaman sayuran tumpangsari/tumpang gilir kelompok I+III atau II+III.

Model D: Sistem usahatani konservasi teras gulud, bedengan searah lereng, menggunakan pupuk kandang+kapur, sistem penanaman sayuran tumpangsari/tumpang gilir kelompok I+III atau II+III.

Model E: Sistem usahatani konservasi teras gulud, bedengan searah lereng, menggunakan pupuk kandang+kapur, dipasang mulsa plastik, sistem penanaman sayuran tumpangsari/tumpang gilir kelompok I+III atau II+III.

Model A, B, dan C diarahkan untuk lahan dengan kemiringan lereng 15-25%, sedangkan model D dan E untuk lahan kemiringan lereng 8-15%.

Merancang Model Usahatani Konservasi Sayuran di Hulu Sub DAS Cikapundung

Rancangan model usahatani konservasi tanaman sayuran terpilih dipilih dari beberapa alternatif model usahatani konservasi. Model usahatani terpilih kemudian diuji cobakan di lapangan dan dianalisis kelayakan teknis dan finansialnya. Jika secara teknis dan finansial layak, maka dapat direkomendasikan untuk di terapkan petani di hulu sub DAS Cikapundung. Untuk mempercepat

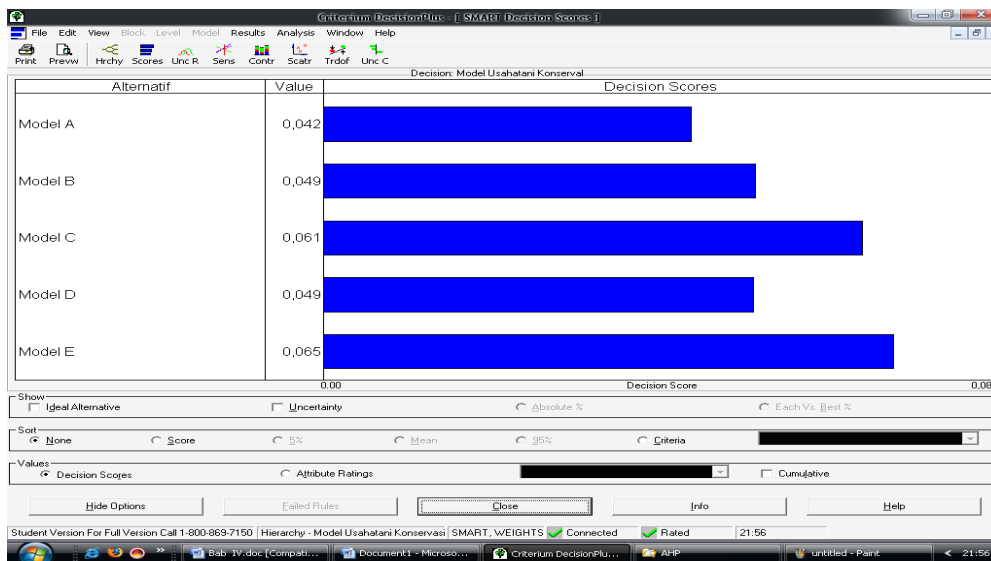
penerapan teknologi usahatani konservasi, perlu dirancang subsistem kelembagaannya dan didukung dengan kebijakan pemerintah daerah.

Pemilihan Model Usahatani Konservasi

Pemilihan model dari lima alternatif model usahatani konservasi tanaman sayuran berbasis sumberdaya spesifik lokasi menggunakan *Analytical Hierarchy Process* (AHP).

Pemilihan melibatkan pakar yang memiliki keahlian berkaitan dengan usahatani konservasi, antara lain; budidaya pertanian, pengelolaan sumberdaya lahan, tanah, agroklimat, dan sosial ekonomi pertanian. Kriteria pemilihan model adalah (1) biaya, (2) produktivitas, dan (3) dampaknya terhadap lingkungan (erosi). Sub kriteria adalah (1) biaya terjangkau, (2) jika harus investasi cepat kembali, (3) produktivitas meningkat, (4) kualitas produksi meningkat, (5) erosi terkendali, dan (6) kesuburan tanah meningkat.

Dari hasil analisis dengan AHP terpilih dua prioritas model usahatani konservasi berbasis sumberdaya spesifik lokasi, yaitu model E dan C seperti ditunjukkan pada Gambar 4 dan 5.



Gambar 4. Grafik Hasil Pemilihan Model Usahatani Konservasi Berbasis Sumberdaya Spesifik Lokasi

Lowest Level	Model A	Model B	Model C	Model D	Model E	Model Weights
Kualitas	0,050	0,030	0,070	0,050	0,050	0,046
Investasi cepat kembali	0,030	0,050	0,070	0,050	0,070	0,044
Kesuburan meningkat	0,030	0,050	0,070	0,050	0,070	0,092
Terjangkau	0,050	0,050	0,030	0,070	0,050	0,219
Produktivitas	0,050	0,050	0,070	0,050	0,070	0,322
Erosi terkendali	0,030	0,050	0,070	0,030	0,070	0,276
Results	0,042	0,049	0,061	0,049	0,065	

Gambar 5. Data Hasil Pemilihan Model Usahatani Konservasi Berbasis Sumberdaya Spesifik Lokasi

Kelayakan Teknis

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pertumbuhan tanaman Salada, Tomat, dan Cabai Rawit pada 2 model usahatani konservasi sayuran yang berbeda tergolong baik, meskipun hampir sepanjang pertanaman (mulai 2 minggu setelah tanam sampai panen) tidak ada turun hujan. Pertumbuhan tanaman pada lahan yang memiliki kemiringan lereng 8-15% relatif lebih baik dibandingkan dengan pada lahan yang memiliki kemiringan lereng 15-25%, seperti terlihat pada Gambar 6 dan 7.



Gambar 6. Keragaan Pertumbuhan Tanaman Pada Umur 20 Hari Setelah Tanam pada Model E (kemiringan lereng 8-15)



Gambar 7. Keragaan Pertumbuhan Tanaman Pada Umur 20 Hari Setelah Tanam pada Model C (kemiringan lereng 15-25%)

Jenis tanaman yang sudah dipanen sampai dengan bulan Oktober 2009 adalah Salada dan Tomat. Cabai Rawit saat ini mulai berbuah sedangkan Brokoli baru berumur 2 minggu, sehingga data hasil belum dapat disajikan dalam laporan ini.

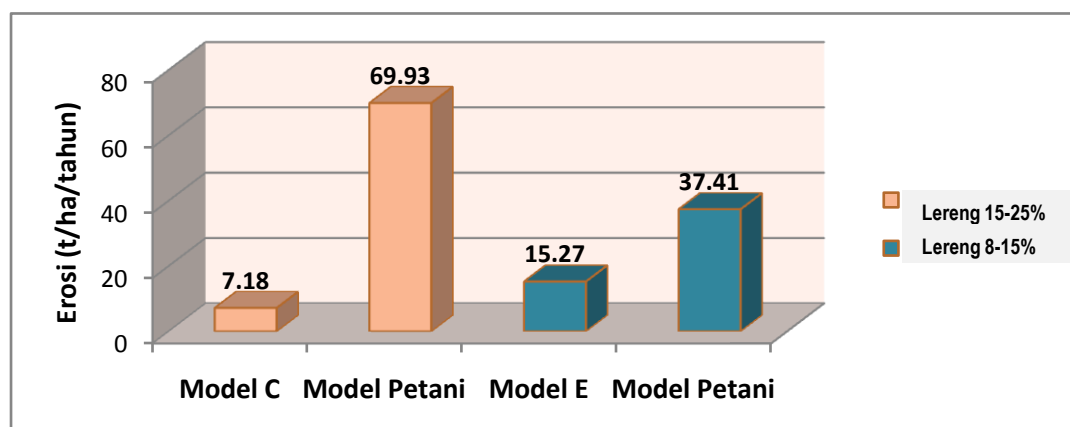
Hasil penelitian menunjukkan bahwa produktivitas Salada dan Tomat pada Model E lahan yang memiliki kemiringan lereng 8-15% lebih tinggi dibandingkan dengan Model C pada lahan yang memiliki kemiringan lereng 15-25% (Tabel 9). Hal ini antara lain disebabkan oleh tingkat kesuburan tanah pada model C menurun akibat pembuatan teras. Ada bagian tanah pada lapisan atas yang tercampur oleh tanah bagian bawah yang tingkat kesuburannya rendah. Meskipun pemberian bahan organik berasal dari pupuk kandang sapi pada model C lebih tinggi dibandingkan dengan model E, namun pada tahun pertama pupuk kandang belum terurai secara sempurna.

Tabel 9. Produktivitas Tanaman Salada dan Tomat pada 2 Model Usahatani Konservasi Sayuran dan Model usahatani saat ini di Hulu Sub DAS Cikapundung

No	Jenis Tanaman	Produktivitas (t/ha)		
		Model E 8-15%	Model C 15-25%	Model Saat Ini
1.	Salada	16,64	11,60	12,67
2.	Tomat	27,72	24,92	21,25
3.	Cabai Rawit	-	-	-
4.	Brokoli	-	-	-

Selain keragaan pertumbuhan dan hasil indikator kelayakan teknis yang digunakan adalah besarnya erosi yang terjadi. Selama percobaan berlangsung belum ada turun hujan besar yang dapat menyebabkan erosi, sehingga data mengenai erosi belum dapat disajikan dalam laporan ini. Untuk dapat melihat kelayakan secara teknis, besarnya erosi dihitung dengan prediksi erosi menggunakan metode RUSLE. Menurut Sinukaban *et al.* (1994), suatu tindakan atau model usahatani konservasi dapat dikatakan layak sehingga dapat direkomendasikan jika besarnya erosi yang terjadi lebih kecil dari erosi yang masih diperbolehkan atau *tolerable soil loss* (TSL).

Hasil prediksi erosi menunjukkan bahwa penerapan model usahatani konservasi model C pada lereng 15-25% mampu mengendalikan erosi dari 69,93 menjadi 7,18 t/ha/tahun atau menurun sebesar 89,73% dibandingkan dengan model usahatani konservasi yang biasa diterapkan oleh petani. Penerapan model usahatani konservasi model E juga mampu menurunkan erosi dari 37,41 menjadi 15,27 t/ha/tahun atau menurun sebesar 59,18% (Gambar 10). Besarnya erosi yang terjadi pada kedua model tersebut (model C dan E) lebih kecil dari TSL, yaitu Menurut Arsyad (2006), nilai T tanah dalam dengan lapisan bawahnya permeabel, di atas substratnya telah melapuk seperti di hulu sub DAS Cikapundung adalah 2,5. Bobot isi tanah di hulu Sub DAS Cikapundung kasus di Desa Suntenjaya 0,68 g cm⁻³, sehingga besarnya erosi yang masih diperbolehkan adalah 17,00 t/ha/th. Hasil perhitungan menggunakan metode Hammer (1981) juga sama, nilai TSL lahan di hulu sub DAS Cikapundung adalah 16,89 t/ha/tahun, dibulatkan menjadi 17,00 t/ha/tahun.



Gambar 10. Hasil Prediksi Erosi Penerapan Model Usahatani Konservasi Berbasis Sumberdaya Spesifik Lokasi di Hulu Sub DAS Cikapundung

Secara finansial kedua model usahatani yang diuji cobakan menguntungkan. Hal ini ditunjukkan dengan BC ratio > 1, yaitu 1,12 pada model C dan 1,4 pada model E, NPV juga > 0, yaitu 20.737.900 pada model C dan 22.682.500 pada model E, dan IRR > suku bunga bank saat ini (12%), yaitu 17,76% pada model C dan 21,96% pada model E (Tabel 10). Menurut Kadariah *et al.* (1999), suatu kegiatan atau proyek, dalam hal ini usahatani konservasi dapat dikatakan layak jika:

- (1) *Benefit Cost* (BC) Ratio ≥ 1 .
- (2) *Net Present Value* (NPV) ≥ 0 , dan
- (3) *Internal Rate of Return* (IRR) \geq *Social Discount Rate*.

Tabel 10. Kelayakan Finansial Penerapan Model Usahatani Konservasi Tanaman Sayuran Berbasis Sumberdaya Spesifik Lokasi Model C dan E pada Tingkat Suku Bunga 12%

No.	Uraian	Model Saat Ini	Model C	Model E
1	BC Ratio			
	• Tahun ke-1	0,96	0,49	0,89
	• Tahun ke-2		0,90	1,28
	• Tahun ke-3		1,12	1,32
	• Tahun ke-6		1,12	1,40
2	Pendapatan/NPV			
	• Tahun ke-1	12.430.000	20.165.000	21.153.000
	• Tahun ke-2		26.355.750	28.855.750
	• Tahun ke-3		20.815.100	25.043.500
	• Tahun ke-6		20.737.900	22.682.500
3	IRR		17,76	21,96%

Selain kelayakan ekonomi, salah satu indikator keberlanjutan usahatani konservasi adalah besarnya pendapatan usahatani dapat mendukung kehidupan keluarganya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pendapatan bersih (NPV) yang diperoleh petani pada setiap tahun, yaitu sebesar Rp. 20.165.000 pada model C dan Rp. 21.153.000 pada model E. Pendapatan yang diperoleh tersebut mampu memenuhi kebutuhan hidup keluarga tani, karena rata-rata kebutuhan hidup petani di hulu Sub DAS Cikapundung sebesar Rp. 12.958.000.

KESIMPULAN

- (1) Penggunaan lahan budidaya tanaman sayuran saat ini di hulu sub DAS Cikapundung lebih dari setengah, yaitu 57,87% atau 1.974 ha sesuai dengan kelas kesesuaiannya, tergolong sesuai marginal (S3) dengan faktor pembatas pH, KB, KTK, ketersediaan oksigen, dan lereng.
- (2) Karakteristik utama usahatani sayuran saat ini adalah:
 - (a) Rata-rata luas lahan yang diusahakan sempit ($< 0,5$ ha).
 - (b) Jenis tanaman yang diusahakan sudah berorientasi pasar (Agribisnis).
 - (c) Pemanfaatan lahan intensif ($IP > 200\%$).
 - (d) Belum sepenuhnya menerapkan teknologi usahatani konservasi.
- (3) Komponen yang paling berpengaruh pada subsistem usahatani adalah jenis tanaman, sistem penanaman, dan penggunaan bahan amelioran, sedangkan pada subsistem konservasi adalah konservasi mekanik dan penggunaan mulsa.
- (4) Alternatif model usahatani konservasi sayuran di hulu sub DAS Cikapundung ada 5, yaitu:
 - (a) **Model A:** Sistem usahatani konservasi teras bangku, bedengan memotong lereng, menggunakan pupuk kandang+kapur, sistem penanaman sayuran tumpangsari/tumpang gilir kelompok I+III atau II+III.
 - (b) **Model B:** Sistem usahatani konservasi teras bangku, bedengan memotong lereng, menggunakan pupuk kandang, dipasang mulsa plastik, sistem penanaman sayuran tumpangsari/tumpang gilir kelompok I+III atau II+III.
 - (c) **Model C:** Sistem usahatani konservasi teras bangku, bedengan memotong lereng, menggunakan pupuk kandang + kapur, dipasang mulsa plastik, sistem penanaman sayuran tumpangsari/tumpang gilir kelompok I+III atau II+III.
 - (d) **Model D:** Sistem usahatani konservasi teras gulud, bedengan memotong lereng, menggunakan pupuk kandang + kapur, sistem penanaman sayuran tumpangsari kelompok I+III atau II+III.
 - (e) **Model E:** Sistem usahatani konservasi teras gulud, bedengan memotong lereng, menggunakan pupuk kandang + kapur, dipasang mulsa plastik, sistem penanaman sayuran tumpangsari/tumpang gilir kelompok I+III

atau II+III. Model A, B, dan C diarahkan untuk kemiringan lereng 15-25%, sedangkan model D dan E untuk kemiringan lereng 8-15%.

- (5) Model C usahatani konservasi tanaman sayuran layak secara teknis dan finansial digunakan pada lahan dengan kemiringan lereng 15-25% dan model E pada lahan dengan kemiringan lereng 8-15% di hulu sub DAS Cikapundung.

DAFTAR PUSTAKA

- Abas, A., Y. Soelaeman, dan A. Abdurachman. 2004. Keragaan Dampak Penerapan Sistem Usahatani Konservasi terhadap Tingkat Produktivitas Lahan Perbukitan Yogyakarta. *J. Litbang Pertanian*. 22:49-56.
- Abdurachman, A. dan S. Sutono. 2002. Teknologi Pengendalian Erosi Lahan Berlereng. *Dalam* “Teknologi Pengelolaan Lahan Kering Menuju Pertanian Produktif dan Ramah Lingkungan”. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Badan Litbang Pertanian. Hlm. 103-145.
- Ardi, D.S., Tini, P., Setyorni, dan Hartatik. 2003. Teknologi Pengelolaan Bahan Organik Tanah. *Dalam* Teknologi Pengelolaan Lahan Kering “Menuju Pertanian Produktif dalam Pengelolaan Lahan dan Air di Indonesia. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bogor.
- Arsyad, S. 2006. Konservasi Tanah dan Air. Edisi ke-2. Bogor. IPB Press.
- Djaenudin, Marwah H., Subagjo H., dan A. Hidayat. 2003. Petunjuk Teknis Evaluasi Lahan Untuk Komoditas Pertanian. Balai Penelitian Tanah, Puslitbangtanak. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor.
- Ding, D., J.M. Novak, D. Amarasiriwardena, P.G. Hunt, and B.Xing. 2002. Soil Organic Matter Characteristic as Affected by Tillage Management. *J. Soil Sci. Soc. Am.* 66:421-429
- Direktorat Jenderal Penataan Ruang. 2005. Perencanaan Tata Ruang Wilayah dalam Era Otonomi dan Desentralisasi. Depkimpraswil. http://www.kimpraswil.go.id/ditjen_ruang/makalah.htm.
- Firmansyah. 2007. Prediksi Erosi Tanah Podsolik Merah Kuning Berdasarkan Metode USLE di Berbagai Sistem Usahatani: Studi Kasus di Kabupaten Barito Utara dan Gunung Mas. *J. Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian*. 10: 20-29.
- Kurnia, U., N. Sinukaban, F.G. Suratmo, H. Pawitan, dan H. Suwardjo. 1997. Pengaruh Teknik Rehabilitasi Lahan terhadap Produktivitas Tanah dan Kehilangan Hara. *J. Tanah dan Iklim*. 15:10-18.

- Marimin. 2004. Teori dan Aplikasi Pengambilan Keputusan Kriteria Majemuk. Cetakan pertama. Jakarta. Grasindo. PT. Gramedia.
- Sinukaban, N., H. Pawitan, S. Arsyad, J.L. Armstrong, and M.G. Nethary. 1994. Effect of Soil Conservation Practice and Slope Lengths on Run off, Soil Loss, and Yield of Vegetables in West Java. *Australian J. of Soil and Water Conservation*. 7:25-29.
- Sitorus, S.R.P. 2007. Kualitas, Degradasi dan Rehabilitasi Lahan. Sekolah Pascasarjana. IPB. Bogor .
- Suganda, H., M.S. Djaenudin, D. Santoso, dan S. Sukmana. 1997. Pengaruh Cara Pengendalian Erosi terhadap Aliran Permukaan Tanah Tererosi dan Produksi Sayuran pada Andisols. *J. Tanah dan Iklim*. 15:56-67.
- Suganda, H., M.S. Djaenudin, D. Santoso, dan S. Sukmana. 1999. Pengaruh Arah Barisan Tanaman dan Bedengan dalam Pengendalian Erosi pada Budidaya Sayuran Dataran Tinggi. *J. Tanah dan Iklim*. 17:55-64.
- Sugiyono. 2007. Statistik Nonparametris. Bandung. CV Alfabeta.
- Suroso dan H.A. Susanto. 2006. Pengaruh perubahan tata guna lahan terhadap debit banjir daerah aliran sungai Banjaran. *J. Teknik Sipil*. 3:75-80.
- Sutrisna, N., dan Y. Surdianto. 2007. Pengaruh Bahan Organik dan Interval Pemberian serta Interval Pemberian Air terhadap Pertumbuhan dan Hasil Kentang di Lahan Dataran Tinggi Lembang. *J. Hort*. 17:224-236.
- Syam, A. 2003. Sistem Pengelolaan Lahan Kering di Daerah Aliran Sungai Bagian Hulu. *J. Litbang Pertanian*. 22:126-171.
- Syafruddin., A.N. Kairupan, A. Negara, dan J. Limbongan. 2004. Penataan Sistem Pertanian dan Penetapan Komoditas Unggulan pada Zone Agroekologi di Sulawesi Tengah. *J. Litbang Pertanian*. 23:61-67.
- Wicaksono, A.H. 2003. Penggunaan Lahan dan Pengaruhnya terhadap Kualitas Tanah. *J. Penelitian UNIB*. IX: 85-88.
- Wikantika, K., A. Ismail, dan A. Riqqi. 2001. Bandung Utara Nasibmu Kini. Departemen Teknik Geodesi ITB. <http://www.pikiran-rakyat.com/cetak/2005/0405/07/cakrawala/utama01.htm>.
- Zhou, P., O. Luukkanen, T. Tokola, and J. Nieminen. 2008. Effect of Vegetation Cover on Soil Erosion in a Mountaineous Watershed. *CATENA*. 75: 319-325

**PENGEMBANGAN METODOLOGI UNTUK IDENTIFIKASI
TINGKAT DEGRADASI LAHAN DI LAHAN KERING
MENDUKUNG PENDAYAGUNAAN LAHAN TERLANTAR
UNTUK KEPERLUAN PERTANIAN**

(Methodology Development for Land Degradation Level Identification in Dryland for Utilization of Abandon Land for Agricultural Purposes)

Santun R. P. Sitorus, Oteng Haridjaja, Asdar Iswati, Dyah R Panuju
Dep. Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian IPB

ABSTRAK

Degradasi lahan merupakan masalah serius pada lahan pertanian di lahan kering. Oleh sebab itu, perlu adanya satu standar metode identifikasi tingkat degradasi tanah yang dapat diterima oleh semua lembaga/institusi di Indonesia yang terlibat dalam pekerjaan tersebut. Tujuan penelitian: (1) Mengembangkan dan menyusun metodologi untuk identifikasi tingkat degradasi lahan di lahan kering pada skala tinjau dan semi-detil, dan (2) Menyusun panduan secara rinci inventarisasi tingkat degradasi lahan di lahan kering pada skala tinjau dan semi-detil. Penelitian dilaksanakan di tiga kecamatan yaitu : 1) Kecamatan Babakan Madang, 2) Kecamatan Sukamakmur, dan 3) Kecamatan Cigudeg, Kabupaten Bogor, Jawa Barat. Pengamatan dan pengukuran karakteristik lahan dilakukan pada daerah kunci (*key region*). Teknik analisis data dilakukan dengan analisis diskriminan untuk identifikasi variabel penciri degradasi lahan, serta analisis gerombol untuk penetapan kelas degradasi lahan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengujian klasifikasi kekritisan lahan yang dibangun oleh Departemen Kehutanan dan Perkebunan menunjukkan ketepatan klasifikasi sebesar 51,67% sehingga untuk dijadikan kelas degradasi perlu digabungkan sebagai berikut: (1) Kelas tidak kritis menjadi kelas tidak terdegradasi, (2) Kelas potensial kritis dan agak kritis menjadi kelas agak terdegradasi dan (3) Kelas kritis dan sangat kritis menjadi kelas terdegradasi. Selanjutnya diklasifikasikan menjadi dua kelas degradasi, yaitu: (1) kelas tidak terdegradasi dan agak terdegradasi dikelompokkan menjadi "kelas tidak terdegradasi" dan (2) kelas terdegradasi tetap menjadi kelas terdegradasi. Hasil proses reklasifikasi menjadi tiga kelas kekritisan menghasilkan tingkat ketepatan sebesar 75% dan penggabungannya menjadi dua kelas menghasilkan tingkat ketepatan sebesar 86,68%. Hasil sementara identifikasi variabel penciri tingkat degradasi lahan menunjukkan variabel penting penciri degradasi lahan pada skala tinjau ditetapkan variabel yang dapat diidentifikasi dari pengamatan lapang yaitu tingkat erosi, tindakan konservasi dan kedalaman efektif tanah. Sementara itu variabel penciri pada skala lebih detil adalah seluruh variabel skala tinjau dan variabel penciri sifat fisik dan kimia hasil analisis laboratorium yang terdiri dari KTK, KB, Hdd, dan fraksi tekstur tanah. Selang kelas untuk berbagai variabel belum ditentukan karena instabilitas penciri dan memerlukan pengujian lebih lanjut.

Kata kunci: Degradasi Lahan, klasifikasi, metodologi, lahan terlantar.

ABSTRACT

Land degradation is a serious threat for dry-land agriculture. It is urgent to develop standard methods to identify degradation level which is accepted by all institutions related to degradation inventory in Indonesia. The research objectives are : (1) To develop methodology for identification of land degradation levels in dryland for reconnaissance and semi-detail scales; (2) To draft manual for land degradation level inventory in dryland for reconnaissance and semi-detail scales. This study area comprised

of three sub districts i.e. 1) Babakan Madang subdistrict, 2) Sukamakmur subdistrict, and 3) Cigudeg subdistrict of Bogor Regency, West Java. Observation and assessment of characteristics was sampled for key region determined based on its accessibility and its representativeness on degradation levels. There are five categories of land degradation intensities (*lahan kritis*) which are highly degraded, degraded, slightly degraded, potentially degraded and not degraded. Discriminant function analysis was then employed to identify significant variabel determined degradation level and cluster analysis to clustered each sample. Assessment on land degradation established by Ministry of Forestry and Estate showed that percent-correct of classification as much as 51,67%. It was indicated that grouping classes required for next assessment, therefore from five groups of land degradation there were grouped into three groups: (1) Not degraded soil, (2) Potentially or slightly degraded grouped into slightly degraded and (3) Degraded and highly degraded grouped into degraded soil. Clasification into two groups of land degradation were (1) Not degraded soil consist of degraded and slightly degraded and (2) degraded soil. Reclasification based on three classes resulted 75% percent correct of clasification, while two classess of degradation resulted 86,68% correct classification. Temporary result shows that variables for land degradation indicators on reconnaissance inventory were erosion symptoms, conservation practice and solum depth. Variables for semi-detail land degradation inventory were all visual variables and all physical and chemical properties such as CEC, base saturation, Hidrogen exchanged, and soil texture. Range of characteristics were not determined yet due to instability result of importance variables from different result analysis.

Keywords : Land degradation, classification, methodology, abandon land.

PENDAHULUAN

Dewasa ini kerusakan tanah di Indonesia sudah semakin parah. Salah satunya dicirikan oleh kualitas lahan yang semakin menurun (Kurnia, *et al.*, 2005). Salah satu penyebab degradasi lahan yaitu karena kebutuhan lahan untuk berbagai kegiatan (Barrow, 1991). Pertumbuhan penduduk Indonesia yang relatif besar menyebabkan kebutuhan akan lahan baik secara kuantitas maupun kualitas akan semakin besar, sehingga ketersediaan lahan semakin terbatas dan proses degradasi lahan akan semakin diperparah lagi. Apabila penambahan penduduk dan peningkatan kebutuhan akan lahan tidak diimbangi dengan pemanfaatan yang baik dan benar menurut kaidah konservasi tanah dan air, maka keadaan itu akan mengancam kehidupan manusia pada masa yang akan datang dan akan mengalami kegagalan untuk mencapai tujuan pembangunan yang berkelanjutan.

Dalam upaya mewujudkan ketahanan pangan, tantangan yang dihadapi sektor pertanian pada masa kini tidak hanya terbatas pada upaya peningkatan produksi, tetapi juga perlu upaya perluasan areal dengan memperhatikan aspek keberlanjutannya. Menurut Menteri Negara Lingkungan Hidup (2002),

diperkirakan lahan kritis di luar kawasan hutan seluas 15,11 juta hektar, dan di lain pihak telah terjadi pula alih guna lahan pertanian menjadi non-pertanian yang akan menyebabkan lahan pertanian menjadi semakin sempit dan terfragmentasi. Menurut Talkurputra (1998) ketersediaan lahan yang layak dikembangkan untuk areal pertanian yang dikaitkan pula dengan jumlah penduduk agraris untuk masing-masing pulau di Indonesia sangat beragam. Pulau Kalimantan dan Papua masih di atas 1 ha/ penduduk agraris, P. Jawa <0,25 ha, P. Sulawesi < 0,5 ha, P. Nusa Tenggara sedikit > 0,5 ha dan P. Sumatera < 1 ha. Untuk mengatasi hal tersebut, upaya pembangunan pertanian tidak saja diarahkan pada penggunaan lahan subur tetapi juga perlu diarahkan pada lahan terlantar yang umumnya merupakan lahan marginal (terdegradasi). Secara luasan, menurut Abdurachman, *et al.* (1998) total luasan lahan kering untuk tanaman pangan seluas lebih kurang lebih 78 juta hektar. Lahan kering dinilai berpotensi karena dapat dikembangkan baik untuk tanaman semusim maupun untuk tanaman tahunan. Menteri Pertanian R.I. (2000) dan Mulyani *et al.* (2003) memprediksi bahwa produksi pertanian pada masa mendatang akan bertumpu pada areal lahan kering, meskipun pada umumnya lahan kering memiliki kondisi agroekosistem yang beragam dengan topografi berlereng dan kemantapan lahan yang kurang stabil.

Lahan kering terdegradasi adalah lahan kering yang sudah mengalami penurunan sifat fisik, kimia dan atau biologi yang disebabkan oleh ketidaktepatan penggunaan lahan atau pengelolaan yang tidak tepat, pencemaran kimia atau akibat erosi (Sitorus, 2007). Hasil penelitian Anggraini (2004) dan Karmellia (2006) menunjukkan bahwa peta lahan kritis yang dihasilkan oleh Dinas Kehutanan dan Perkebunan Kabupaten Bogor dengan menggunakan kriteria penetapan lahan kritis oleh Direktorat Rehabilitasi dan Konservasi Tanah, Departemen Kehutanan tahun 1997 belum menggambarkan keadaan tingkat kekritisannya yang sebenarnya di lapangan dan sering sangat berbeda hasilnya. Sementara itu, kriteria penilaian tingkat degradasi lahan yang ada belum didasarkan pada suatu penelitian yang sistematis, sehingga hasilnya belum dapat digunakan dengan baik dalam menginventarisasi dan mengidentifikasi tingkat degradasi lahan pada lahan terlantar. Dalam upaya pendayagunaan lahan terlantar untuk keperluan pertanian yang sedang direncanakan pemerintah, perlu dilakukan identifikasi dan

inventarisasi tingkat degradasinya, sehingga rencana penggunaan dan tindakan rehabilitasinya dapat disusun dengan lebih terarah dan tepat sasaran. Untuk keperluan itu maka perlu dikembangkan suatu metodologi identifikasi tingkat degradasi pada lahan kering, sehingga data dan informasi tingkat degradasi lahan terlantar dapat diketahui dengan baik dan upaya rehabilitasi lahan dapat disusun secara tepat sebelum digunakan untuk keperluan pertanian.

Tujuan penelitian adalah :

1. Mengembangkan dan menyusun metodologi untuk identifikasi tingkat degradasi lahan di lahan kering pada skala tinjau dan semi-detil.
2. Menyusun panduan inventarisasi tingkat degradasi lahan di lahan kering pada skala tinjau dan semi-detil.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di tiga kecamatan yaitu : 1) Kecamatan Babakan Madang, 2) Kecamatan Sukamakmur, dan 3) Kecamatan Cigudeg. Kabupaten Bogor, Jawa Barat. Penelitian dilaksanakan selama 5 bulan, dimulai pada bulan Juli 2009 sampai dengan Nopember 2009.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah:

- (1) Peta lahan kritis skala 1 : 25.000 (Dinas Kehutanan dan Perkebunan Kabupaten Bogor, 2002), peta rupa bumi skala 1:25.000 (BAKOSURTANAL, 1990), peta tanah tinjau skala 1: 250.000 (Pusat Penelitian tanah, 1968), citra ALOS 2009, peta penggunaan lahan skala 1: 25.000 (2007), peta pola drainase skala 1 : 25.000, peta administrasi skala 1:25.000 (BAKOSORTANAL, 2008) dan peta RTRW Kabupaten Bogor.
- (2) Bahan kimia yang diperlukan untuk analisis sifat fisik dan kimia tanah .
- (3) Bahan-bahan untuk menyusun kuesioner untuk pengambilan data primer karakteristik sumberdaya pertanian yang meliputi: biofisik dan sosial ekonomi.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- (1) Peralatan untuk melakukan survei tanah, yaitu altimeter, *Global Positioning System* (GPS), *Abney level*, bor belgi, *Munsell Soil Color Chart*, ring sampel, sekop, cangkul, pisau, meteran, kamera, dan kantong sampel plastik.
- (2) Seperangkat komputer yang dilengkapi berbagai *software* untuk keperluan analisis antara lain: analisis *spatial* menggunakan Program GIS (*Geographic Information System*), analisis statistik (*Cluster Analysis*, *Principle Component Analysis*, dan *Discriminant Analysis*).

Jenis Data yang Dikumpulkan

Kegiatan penelitian di lapang terdiri dari dua kegiatan utama yaitu: (1) Pengamatan dan pengukuran karakteristik lahan serta pengambilan contoh tanah, dan (2) Identifikasi tingkat degradasi lahan untuk tingkat tinjau dan semi-detil. Pengamatan dan pengukuran karakteristik lahan dilakukan pada daerah kunci (*key region*). Karakteristik lahan yang diamati dan diukur adalah sifat fisik lahan dan sifat fisik - kimia tanah. Sifat fisik lahan meliputi : kemiringan lereng, ketinggian tempat di atas permukaan laut (*altitude*), posisi lokasi, tingkat bahaya erosi potensial berdasarkan pendekatan *Modified Universal Soil Lost Equation/MUSLE* untuk studi tingkat skala tinjau. Sementara itu, untuk studi tingkat semi-detil masih diperlukan tambahan informasi untuk mengetahui erosi yang masih dapat ditoleransikan berdasarkan pendekatan Hammer, indeks bahaya erosi berdasarkan pendekatan dan kriteria Hammer, batuan di permukaan, penggunaan lahan, jenis tanaman dan tindakan konservasi tanah dan air, struktur, dan kedalaman efektif tanah; Sifat fisik - kimia tanah yang dianalisis di laboratorium meliputi: tekstur, permeabilitas, C-organik, pH, N-total, P, Ca, Mg, K, Na, KTK, KB_{dd} dan Al_{dd} .

Identifikasi tingkat degradasi lahan dilakukan berdasarkan masing-masing kriteria tingkat degradasi lahan yang sudah disusun untuk tingkat skala tinjau atau tingkat skala semi detil.

Teknik Pengambilan Contoh Tanah dan Responden

Pengumpulan data fisik dan kimia lahan dilakukan pada tiap daerah kunci (*key region*) dengan cara pengambilan contoh tanah komposit dan contoh tanah utuh yang kemudian dianalisis di laboratorium. Jumlah keseluruhan *key region*

ada 50 unit lahan (diperoleh dari 3 kecamatan x 5 kelas kekritisian x 3-4 ulangan). Jumlah contoh tanah yang diambil 50 contoh tanah utuh dan 50 contoh komposit. Contoh tanah utuh diambil pada lapisan atas. Contoh tanah komposit diambil pada kedalaman lapisan olah yaitu kurang lebih 0-20 cm. Contoh tanah komposit digunakan untuk analisis tekstur, C-organik, pH, N-total, P, Ca, Mg, K, Na, KTK, KB, H_{dd} dan Al_{dd}. Contoh tanah utuh digunakan untuk analisis permeabilitas tanah.

Data sosial ekonomi dikumpulkan dengan teknik wawancara yang meliputi data karakteristik petani, komoditi yang diusahakan, pola tanam, input output usahatani, teknik konservasi tanah dan air yang dilakukan petani, aksesibilitas penjualan produk, kelembagaan pendukung usahatani. Responden untuk data sosial ekonomi ini ditentukan sesuai *key region* dengan jumlah responden 5 orang. Jumlah keseluruhan responden 5 orang x 3 kecamatan x 3 ulangan, sehingga total responden 45 orang. Selain itu, juga dikumpulkan sebagai data sekunder yang terdiri atas : : (1) data usahatani komoditas pertanian unggulan, (2) data jenis tanaman unggulan pertanian, dan perkebunan, (3) data faktor pengelolaan tanaman (nilai C) dan teknik konservasi (nilai P).

Teknik Analisis Data

Kegiatan analisis data diawali dengan memisahkan antara data lapang, data hasil analisis kimia di laboratorium serta analisis spasial. Data hasil pengamatan lapang terdiri dari berbagai karakteristik fisik yang membedakan kenampakan visual lahan, data analisis fisik dan kimia digunakan untuk membedakan tingkat kekritisian lahan dari skala tinjau dan skala semi detil. Secara lebih rinci tahapan analisis yang dilakukan dalam kajian ini adalah sebagai berikut:

1. Penetapan penciri dari kelompok variabel kategorik (kualitatif) ditetapkan dengan menggunakan eksplorasi tabulasi silang (*crosstab*). Pola sebaran berbagai variabel yang digunakan akan menunjukkan variabel tertentu yang secara umum akan digunakan untuk menguji hipotesis tentang variabel penting penciri lahan kritis pada skala tinjau. Berhubung potensi multikolinearitas antar variabel bebas yang dianalisis dengan metode analisis diskriminan cukup tinggi, oleh karena itu dipilih analisis diskriminan dengan teknik *stepwise* sehingga variabel dipilih sedemikian

rupa dengan mengeliminasi variabel yang saling berkorelasi dan menghasilkan kombinasi yang paling optimum.

2. Variabel penciri utama yang mudah diamati di lapang dan dari kenampakan visual dari citra penginderaan jauh merupakan karakteristik penciri tingkat degradasi lahan pada skala tinjau. Variabel sifat fisik dan kimia hasil analisis laboratorium merupakan variabel penentuan tingkat degradasi lahan pada skala semi-detil.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penyusunan Metode untuk Identifikasi Berbagai Tingkat Degradasi Lahan di Lahan Kering

Pengujian Karakteristik Lahan Hasil Pengamatan/Pengukuran di Lapang

Karakteristik lahan hasil pengamatan/pengukuran di lapang digunakan sebagai variabel untuk mengklasifikasikan degradasi lahan pada skala tinjau. Data hasil pengamatan/pengukuran di lapang dianalisis dengan tabulasi silang. Hasil analisis tabulasi silang pola sebaran singkapan batuan, kedalaman efektif, penggunaan lahan, ketinggian tempat dan kemiringangan lereng tidak menunjukkan pola yang jelas terhadap berbagai tingkat kekritisian lahan. Sedangkan hasil tabulasi silang pola tingkat erosi dan teknik konservasi tanah menunjukkan pola jelas terhadap berbagai tingkat kekritisian lahan (Tabel 1 dan Tabel 2).

Tabel 1 diketahui bahwa variabel tingkat erosi dapat menunjukkan secara baik jika pola dimana semakin kritis kondisi suatu lahan maka proses degradasi lahan semakin intensif.

Dari Tabel 2 diketahui adanya pola dan keterkaitan cukup baik antara tingkat kekritisian lahan dengan praktek konservasi, yaitu semakin baik praktek konservasi dilakukan maka lahan akan tergolong tidak kritis. Hal ini terlihat dari sebaran pola data yang terkait dengan praktek konservasi pada kondisi lahan tidak kritis menyebar dari baik sampai sedang (42-58%); pada kondisi potensial

kritis dan agak kritis praktek konservasi lahan yang dilakukan menyebar dari sedang sampai buruk (42%-58%); pada lahan yang tergolong kritis (83%) dan sangat kritis (100%) konservasi umumnya buruk.

Tabel 1. Pola Tingkat Erosi pada Berbagai Tingkat Kekritisan Lahan

Tingkat kekritisan	Ringan	Sedang	Berat	Sangat Berat
Tidak Kritis	92%	8%	0%	0%
Potensial Kritis	17%	75%	8%	0%
Agak Kritis	8%	25%	58%	8%
Kritis	0%	17%	33%	50%
Sangat Kritis	0%	0%	42%	58%

Tabel 2. Pola Teknik Konservasi pada Berbagai Tingkat Kekritisan Lahan

Tingkat Kekritisan	Baik	Sedang	Buruk
Tidak Kritis	42%	58%	0%
Potensial Kritis	8%	42%	50%
Agak Kritis	0%	42%	58%
Kritis	0%	17%	83%
Sangat Kritis	0%	0%	100%

Pengujian Sifat Fisika dan Kimia Tanah Hasil Analisis di Laboratorium

Sifat fisika dan kimia tanah hasil analisis laboratoium merupakan variabel yang digunakan untuk mengklasifikasikan degradasi lahan pada skala detil dan semi detil. Di samping itu, juga menggunakan variabel untuk mengklasifikasikan degradasi lahan pada skala tinjau. Data sifat fisika dan kimia tanah hasil analisis laboratorium diuji berdasarkan kelas yang ditetapkan berdasarkan *judgement* normatif yang digunakan oleh Dinas Kehutanan dan Perkebunan.

Hasil snalisis diskriminan disajikan pada Tabel 3 dan matriks klasifikasi pada Tabel 4. Tabel 3 menunjukkan bahwa variabel yang dapat digunakan untuk membedakan tingkat kekritisan lahan sebanyak 5 kelas adalah KTK, KB, H_{dd}, P_{tersedia} dan persentase debu. Tabel 4 menunjukkan bahwa tingkat kebenaran klasifikasi menurut proses klasifikasi Dinas Kehutanan dan Perkebunan 51,67%. Hal ini mengindikasikan perlunya memodifikasi kelas dengan cara mengurangi jumlah kelas. Selain itu, juga menunjukkan peluang kesalahan pada kelas sangat kritis sebesar 50%, pada kelas kritis sebesar 75%, agak kritis 42%, potensial kritis 33% dan tidak kritis kurang lebih 42%.

Tabel 3. Hasil Analisis Diskriminan untuk Menentukan Variabel Penciri Tingkat Kekritisan Lahan Menurut Klasifikasi Dinas Kehutanan dan Perkebunan

Variabel	Wilks' - Lambda	Partial - Lambda	F-remove - (4,49)	p-level	Toler.	1-Toler. - (R-Sqr.)
KTK (me/100g)	0,404	0,697	5,337	0,001	0,594	0,406
KB (%)	0,421	0,668	6,093	0,000	0,521	0,479
H-dd	0,394	0,714	4,905	0,002	0,477	0,523
P tersedia	0,339	0,830	2,509	0,054	0,657	0,343
Debu (%)	0,343	0,819	2,702	0,041	0,356	0,644
Liat	0,315	0,893	1,470	0,226	0,289	0,711
Na	0,309	0,909	1,225	0,313	0,990	0,010

Keterangan: variabel yang dicetak tebal nyata pada tingkat kepercayaan 95%

Tabel 4. Matriks Klasifikasi Diskriminasi Tingkat Kekritisan Lahan

Tingkat kekritisan	Percent - Correct	Sangat Kritis	Kritis	Agak Kritis	Potensial Kritis	Tidak Kritis
Sangat Kritis	50,00	6	4	0	2	0
Kritis	25,00	3	3	5	1	0
Agak Kritis	58,33	1	1	7	3	0
Potensial Kritis	66,67	0	0	1	8	3
Tidak Kritis	58,33	1	0	3	1	7
Total	51,67	11	8	16	15	10

Hasil analisis diskriminan mengindikasikan perlunya reklasifikasi, yaitu perlu dilakukannya penggabungan kelas degradasi lahan menjadi 3 kelas dan 2 kelas. Hasil penggabungan degradasi lahan 3 dan 2 kelas diharapkan akan menghasilkan kelas dengan karakteristik lebih homogen dalam satu kelas.

Reklasifikasi Lima Kelas Tingkat Kekritisan Lahan Menjadi Tiga Kelas dan Dua Kelas Tingkat Degradasi Lahan

Reklasifikasi tiga kelas dibangun untuk membedakan tingkat degradasi lahan adalah: (1) Kelas lahan tidak terdegradasi berasal dari lahan tidak kritis, (2) Kelas lahan agak terdegradasi merupakan gabungan dari lahan potensial kritis dan agak kritis, dan (3) Kelas lahan terdegradasi merupakan gabungan lahan kritis dan sangat kritis. Analisis tabulasi silang karakteristik lahan hasil pengamatan/pengukuran di lapang, hasilnya menunjukkan bahwa pola sebaran batuan di permukaan, kedalaman efektif, erosi, dan tindakan konservasi dapat digunakan sebagai penciri tingkat degradasi lahan dengan tiga kelas (Tabel 5, 6,

7, 8). Sedangkan pola sebaran singkapan batuan, penggunaan lahan ketinggian, kemiringan lereng dan curah hujan tidak dapat digunakan sebagai penciri.

Tabel 5. Pola Sebaran Batuan Permukaan pada Tiga Kelas Degradasi Lahan

Kelas Degradasi	Banyak	Sedang	Sedikit	Tidak ada
Tidak terdegradasi	0%	22%	22%	56%
Agak terdegradasi	6%	25%	56%	13%
Terdegradasi	25%	29%	38%	8%

Tabel 6. Pola Kedalaman Efektif pada Tiga Kelas Degradasi Lahan

Kelas Degradasi	Sangat Dangkal	Dangkal	Sedang
Tidak terdegradasi	0%	0%	100%
Agak terdegradasi	0%	71%	29%
Terdegradasi	11%	79%	11%

Tabel 7. Pola Sebaran Erosi pada Tiga Kelas Degradasi Lahan

Kelas Degradasi	Sangat Berat	Berat	Sedang	Ringan
Tidak terdegradasi	0%	0%	8%	92%
Agak terdegradasi	4%	33%	50%	13%
Terdegradasi	54%	38%	8%	0%

Tabel 8. Pola Sebaran Tindakan Konservasi pada Tiga Kelas Degradasi Lahan

Kelas Degradasi	Baik	Sedang	Buruk
Tidak terdegradasi	42%	58%	0%
Agak terdegradasi	4%	42%	54%
Terdegradasi	0%	8%	92%

Tabel 6 menunjukkan bahwa kedalaman efektif pada lahan tidak terdegradasi umumnya tergolong sedang, pada lahan agak terdegradasi berkisar antara sedang sampai dangkal, dan lahan kondisi terdegradasi kedalaman efektif berkisar antara dangkal sampai sangat dangkal. Tabel 7 menunjukkan bahwa sebaran tingkat erosi: pada lahan tidak terdegradasi umumnya ringan (92%), lahan agak terdegradasi sedang (50%) sampai berat (33%), dan lahan tidak terdegradasi sebaran erosinya adalah berat (38%) sampai sangat berat (54%).

Hasil analisis diskriminan sifat kimia tanah berdasarkan tiga kelas degradasi lahan disajikan pada Tabel 9 dan matriks klasifikasi disajikan pada Tabel 10. Tabel 9 menunjukkan bahwa variabel yang berperan nyata pada tingkat

kepercayaan 95%, yaitu: fraksi debu , kejenuhan basa, H_{dd} , fraksi liat dan kadar hara Mg. Variabel ini berbeda dengan yang teruji pada lima kelas.

Tabel 9. Hasil Analisis Diskriminan Pengujian Tiga Kelas Degradasi Lahan

Karakteristik	Wilks' - Lambda	Partial - Lambda	F-remove - (2,49)	p-level	Toler.	1-Toler. - (R-Sqr.)
KTK	0,352	1,000	0,009	0,991	0,188	0,812
Debu	0,421	0,836	4,810	0,012	0,315	0,685
KB	0,461	0,765	7,542	0,001	0,053	0,947
H-dd	0,447	0,787	6,613	0,003	0,454	0,546
P-tersedia	0,385	0,916	2,257	0,115	0,701	0,299
Liat	0,418	0,841	4,616	0,015	0,240	0,760
Mg	0,403	0,874	3,521	0,037	0,137	0,863
Ca	0,384	0,917	2,208	0,121	0,108	0,892
Ntot	0,372	0,947	1,370	0,264	0,931	0,069

Tabel 10. Matriks Klasifikasi Tiga Kelas Degradasi Lahan

Kelas	Persentase ketepatan	Tidak terdegradasi p=,20000	Agak terdegradasi p=,40000	Terdegradasi i p=,40000
Tidak terdegradasi	33,33	4	8	0
Agak terdegradasi	87,50	0	21	3
Terdegradasi	83,33	0	4	20
Total	75,00	4	33	23

Secara umum ketepatan klasifikasi dengan menggabungkan beberapa kelas kekritisitas yang semula 5 kelas menjadi 3 kelas menghasilkan tingkat ketepatan lebih tinggi, yaitu dari 51% menjadi 75%. Kelas yang masih cenderung salah klasifikasi adalah kelas-1 (tidak terdegradasi) dimana karakteristiknya sulit dibedakan dengan karakteristik agak terdegradasi yang merupakan gabungan dari potensial kritis dan agak kritis. Sementara agak terdegradasi dan terdegradasi juga masih berpeluang tertukar, walaupun tingkat kesalahan relatif rendah berkisar 13-17%. Masih adanya peluang salah terklasifikasikan maka dilakukan penggabungan kelas, yaitu **penggabungan dari tiga kelas menjadi dua kelas**. Penggabungan dilakukan terhadap kelas-1 dan kelas-2 menjadi kelas-1 (tidak terdegradasi) dan kelas-2 (terdegradasi) yang semula berasal dari kelas-3. Hasil identifikasi karakteristik fisik lahan yang diamati/diukur di lapang pada dua kelas

degradasi lahan ini menunjukkan bahwa kedalaman efektif tanah, erosi tanah, tindakan konservasi, dan ketinggian tempat memiliki pola cukup baik antar kelas degradasi lahan (Tabel 11, 12, 13, 14). Keadaan sebaran batuan permukaan, singkapan batuan, kemiringan lereng dan curah hujan tidak memiliki pola yang cukup baik untuk membedakan tingkat degradasi lahan.

Tabel 11. Pola Kedalaman Efektif pada Dua Kelas Degradasi Lahan

Kelas Degradasi	Sangat Dangkal	Dangkal	Sedang
Tidak terdegradasi	0%	48%	52%
Terdegradasi	11%	79%	11%

Tabel 12. Pola Erosi pada Dua Kelas Degradasi Lahan

Kelas Degradasi	Sangat Berat	Berat	Sedang	Ringan
Tidak terdegradasi	3%	22%	36%	39%
Terdegradasi	54%	38%	8%	0%

Tabel 13. Pola Tindakan Konservasi pada Dua Kelas Degradasi Lahan

Kelas Degradasi	Baik	Sedang	Buruk
Tidak terdegradasi	17%	47%	36%
Terdegradasi	0%	8%	92%

Tabel 14. Pola Karakteristik Ketinggian, Lereng dan Curah Hujan pada Dua Kelas Degradasi Lahan

Karakteristik	Tidak terdegradasi	Terdegradasi
	Rataan	
Ketinggian	294,7	464,5
Lereng	19,0	19,8
Curah hujan	257,4	257,4
	Koefisien keragaman (%)	
Ketinggian	32%	42%
Lereng	59%	42%
Curah hujan	15%	15%

Dari Tabel 11 dan 12 diketahui bahwa keragaan pola kedalaman efektif dan pola erosi untuk membedakan dua kelas degradasi lahan tersebut diketahui bahwa kedalaman efektif dan erosi di suatu lahan memiliki pola cukup baik untuk menjadi pembeda kelas degradasi lahan. Kedalaman efektif lahan tidak terdegradasi umumnya berkisar antara kelas sedang (48%) sampai dangkal (52%),

sedangkan kedalaman efektif lahan terdegradasi umumnya dangkal (79%) dengan beberapa diantaranya sangat dangkal (11%) atau sedang (11%). Sementara itu pada lahan tidak terdegradasi tingkat erosi yang terjadi ringan, sedang maupun berat namun sebaran terbanyak pada ringan sampai sedang (75%) sedangkan pada lahan terdegradasi tingkat erosi yang terjadi 92% berkisar antara sangat berat sampai berat.

Tabel 13 menunjukkan bahwa pada lahan terdegradasi 92% tindakan konservasi buruk, sedangkan pada lahan tidak terdegradasi 64% tindakan konservasinya tergolong baik-sedang. Pola tindakan konservasi pada dua kelas degradasi lahan ini menunjukkan bahwa tindakan konservasi yang merupakan wujud campur tangan manusia untuk mengelola lahan cukup berbeda.

Hasil pengujian diskriminan data sifat kimia tanah untuk mengidentifikasi variabel yang menjadi penciri kelas disajikan pada Tabel 15. Tabel 15 menunjukkan bahwa H_{dd}, KB, P_{tersedia}, fraksi pasir, Mg, dan Ca dapat menjadi variabel penciri untuk degradasi lahan dua kelas. Fraksi pasir dan P_{tersedia} menjadi variabel penciri untuk degradasi lahan dua kelas, sedangkan yang menjadi variabel penciri pada degradasi lahan tiga kelas adalah fraksi liat dan debu.

Tabel 15. Hasil Analisis Diskriminan pada Dua Kelas Degradasi Lahan

	Wilks' - Lambda	Partial - Lambda	F-remove - (1,51)	p-level	Toler.	1-Toler. - (R-Sqr.)
KTK	0,4534	0,9987	0,066	0,7988	0,1873	0,8127
K	0,4542	0,9968	0,163	0,6884	0,6725	0,3275
H-dd	0,5550	0,8159	11,510	0,0013	0,4265	0,5735
KB	0,5819	0,7782	14,538	0,0004	0,0542	0,9458
P- tersedia	0,4893	0,9254	4,108	0,0479	0,6629	0,3371
Pasir	0,5285	0,8568	8,527	0,0052	0,5901	0,4099
Mg	0,5166	0,8764	7,193	0,0098	0,1370	0,8630
Ca	0,4912	0,9219	4,322	0,0427	0,1101	0,8899

Matriks klasifikasi dua kelas degradasi lahan disajikan pada Tabel 16. Matriks klasifikasi tersebut menunjukkan bahwa secara umum persentase tingkat

kebenaran klasifikasi meningkat dari semula dengan tiga kelas sebesar 75% dan setelah digabungkan 2 kelas menjadi 86,67%. Secara umum, peluang hasil klasifikasi pada kategori tidak terdegradasi 91,67% relatif tepat sedangkan pada kelas terdegradasi 79,17% tepat.

Tabel 16. Matriks Klasifikasi Dua Kelas Degradasi Lahan

Kelas degradasi	Persentase ketepatan klasifikasi	Tidak terdegradasi - p=,60000	Terdegradasi - p=,40000
Tidak terdegradasi	91,67	33	3
Terdegradasi	79,17	5	19
Total	86,67	38	22

2. Penyusunan Panduan Metode Inventarisasi Tingkat Degradasi Lahan Di Lahan Kering

Agar lebih memudahkan melakukan evaluasi degradasi di lapangan diperlukan panduan yang memudahkan evaluator melakukan penetapan indikator-indikator yang mudah dengan peralatan yang sederhana. Berdasarkan hasil analisis tabulasi silang data karakteristik lahan hasil pengamatan/pengukuran di lapang data dan analisis diskriminan data sifat fisika dan kimia tanah di laboratorium, maka dapat disusun panduan inventarisasi tingkat degradasi lahan di lapang.

Klasifikasi degradasi lahan berdasarkan tingkat kekritisn lahan yang disusun oleh Dinas Kehutanan dan Pertanian terdiri dari 5 kelas dengan ketepatan 51,6%. Oleh karena itu di reklasifikasi menjadi: (1) tiga kelas untuk skala semi detil dan detil,dan (2) dua kelas untuk skala tinjau. Klasifikasi degradasi lahan tiga kelas adalah: (1) Kelas lahan tidak terdegradasi berasal dari lahan tidak kritis, (2) Kelas lahan agak terdegradasi merupakan gabungan dari lahan potensial kritis dan agak kritis, dan (3) Kelas lahan terdegradasi merupakan gabungan lahan kritis dan sangat kritis. Klasifikasi degradasi lahan dua kelas adalah: (1) tidak terdegradasi merupakan penggabungan kelas-1 dan kelas-2 dari klasifikasi tiga kelas, dan (2) terdegradasi berasal dari kelas-3 klasifikasi tiga kelas. Tingkat ketepatan klasifikasi tiga kelas 75 % dan klasifikasi dua kelas 86,7%.

Variabel penciri yang dapat digunakan sebagai parameter inventarisasi tingkat degradasi lahan pada skala semidetil dan detil dengan klasifikasi degradasi lahan tiga kelas adalah: batuan di permukaan, kedalaman efektif, erosi, tindakan konservasi, kejenuhan basa, H_{dd} , Mg, fraksi debu, dan fraksi liat. Berdasarkan variabel penciri ini, maka metode inventarisasi tingkat degradasi lahan di lahan kering pada skala semi-detil dan detil sebagai berikut:

1. Membuat satuan lahan dengan cara menumpangtindihkan peta tanah, peta kelas kemiringan lereng, peta penggunaan lahan, peta pola drainase Peta yang digunakan skala semi-detil atau detil.
2. Menentukan satuan lahan kunci (*key-region*), berdasarkan kemudahan untuk dijangkau dan jenis satuan lahan yang ada di wilayah studi
3. Mengamati dan mengukur batuan di permukaan, kedalaman efektif, erosi, tindakan konservasi pada satuan lahan kunci.
4. Mengambil contoh tanah komposit pada *key-region* untuk dianalisis kejenuhan basa, H_{dd} , Mg, fraksi debu, dan fraksi liat di laboratorium.
5. Membandingkan/*matching* data parameter hasil pengamatan dan pengukuran di lapang, dan hasil analisis laboratorium (batuan di permukaan, kedalaman efektif, erosi, tindakan konservasi, kejenuhan basa, H_{dd} , Mg, fraksi debu, dan fraksi liat) dengan kriteria klasifikasi kelas degradasi lahan.

Variabel penciri yang dapat digunakan sebagai parameter inventarisasi tingkat degradasi lahan pada skala tinjau dengan klasifikasi degradasi lahan dua kelas adalah: kedalaman efektif tanah, erosi tanah, tindakan konservasi, ketinggian tempat, H_{dd} , KB, $P_{terasedia}$, Mg, Ca, dan fraksi pasir. Berdasarkan variabel penciri ini, maka metode inventarisasi tingkat degradasi lahan di lahan kering pada skala tinjau sebagai berikut:

1. Membuat satuan lahan dengan cara menumpangtindihkan (*overlay*) peta tanah, peta kelas kemiringan lereng, peta penggunaan lahan, peta pola drainase. Peta yang digunakan skala tinjau atau semi-detil.
2. Menentukan satuan lahan kunci (*key-region*), berdasarkan kemudahan untuk dijangkau dan jenis satuan lahan yang ada di wilayah studi
3. Mengamati dan mengukur kedalaman efektif tanah, erosi tanah, tindakan konservasi, ketinggian tempat, pada satuan lahan kunci.

4. Mengambil contoh tanah komposit pada *key-region* untuk dianalisis H_{dd} , KB, $P_{terasedia}$, Mg, Ca, dan fraksi pasir di laboratorium.
5. Membandingkan/*matching* data parameter hasil pengamatan dan pengukuran di lapang, dan hasil analisis laboratorium (kedalaman efektif tanah, erosi tanah, tindakan konservasi, ketinggian tempat, H_{dd} , KB, $P_{terasedia}$, Mg, Ca, dan fraksi pasir) dengan kriteria klasifikasi kelas degradasi lahan.

KESIMPULAN

1. Berdasarkan hasil analisis tabulasi silang dan analisis deskriminan, maka klasifikasi degradasi lahan 5 kelas sesuai dengan tingkat kekritisian lahan (Dinas Kehutanan dan Pertanian) ketepatannya hanya 51,6%. Sementara itu, reklasifikasi degradasi lahan tiga kelas ketepatannya menjadi 75% dan reklasifikasi dua kelas ketepatannya menjadi 86,7%
2. Klasifikasi degradasi lahan tiga kelas digunakan untuk inventarisasi tingkat degradasi lahan pada skala semi-detil dan detil, dengan menggunakan parameter batuan di permukaan, kedalaman efektif, erosi, tindakan konservasi, kejenuhan basa, H_{dd} , Mg, fraksi debu, dan fraksi liat
3. Klasifikasi degradasi lahan dua kelas digunakan untuk inventarisasi tingkat degradasi lahan pada skala tinjau, dengan menggunakan parameter kedalaman efektif tanah, erosi tanah, tindakan konservasi, ketinggian tempat, H_{dd} , KB, $P_{terasedia}$, Mg, Ca, dan fraksi pasir.
4. Metode inventarisasi degradasi lahan di lahan kering adalah sebagai berikut:
 - a. Membuat satuan lahan dengan cara menumpangtindihkan (*overlay*) peta tanah, peta kelas kemiringan lereng, peta penggunaan lahan, peta pola drainase. Skala peta yang digunakan disesuaikan dengan skala inventarisasi tingkat degradasi lahan.
 - b. Menentukan satuan lahan kunci (*key-region*), berdasarkan kemudahan untuk dijangkau dan jenis satuan lahan yang ada di wilayah studi
 - c. Mengamati dan mengukur karakteristik fisik lahan pada satuan lahan kunci
 - d. Mengambil contoh tanah komposit pada *key-region* untuk dianalisis sifat fisika dan kimia tanah di laboratorium

- e. Membandingkan/*matching* data parameter hasil pengamatan dan pengukuran di lapang, dan hasil analisis laboratorium dengan kriteria klasifikasi kelas degradasi lahan.

DAFTAR PUSTAKA

- [DISHUTBUN]. Dinas Kehutanan dan Perkebunan. 2002. Laporan Pendataan Kembali Lahan Kritis di Kabupaten Bogor. Dinas Kehutanan dan Perkebunan Kabupaten Bogor. Bogor.
- Abdurachman, A., Nugroho K., Karama A.S. 1998. Optimalisasi pemanfaatan sumberdaya lahan untuk mendukung program gema PALAGUNG. Prosid. Seminar Nas. dan Pertemuan Tahunan KOMDA HITI 1998. Buku I, hal. 1 – 11.
- Anggraeni, F. 2004. Karakterisasi Lahan Terdegradasi, Keterkaitan dengan Pengelola Lahan dan Faktor-faktor yang Mempengaruhi Pendapatan Petaninya (Studi Kasus Kecamatan Babakan Madang, Cigudeg dan Sukamakmur di Kabupaten Bogor). Skripsi Departemen Tanah, Fakultas Pertanian, IPB. Bogor.
- [Bakosurtanal]. Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional. 1998. Peta Rupa Bumi Kabupaten Bogor. Skala 1 : 25.000. Bogor.
- Barrow, C. J. 1991. Land Degradation. *Development and Breakdown of Terrestrial Environments*. Cambridge University Press. Cambridge. New York.
- Bridges, E. M., I. D. Hannam, L. R. Oldeman, F. W. T. Penning de Vries. S. J Scherr, and S. Sombatpanit [Editors]. 2001. Response to Land Degradation. Science Publisher Inc. Enfield, New Hampshire. USA
- [CSAR]. Centre for Soil and Agroclimate Research. 1995. Erosion Hazard Evaluation/Menentukan Tingkat Bahaya Erosi. Centre for Soil and Agroclimate Research. Bogor.
- _____. 1997. Guidelines for Landform Classification/Pedoman Klasifikasi Landform. Centre for Soil and Agroclimate Research. Bogor.
- Direktorat RKT. 1997. Kriteria Penetapan Lahan Kritis. Direktorat Rehabilitasi dan Konservasi Tanah. Ditjen RRL, Departemen Kehutanan. Jakarta.
- Gore, Al. 1994. Bumi Dalam Keseimbangan: Ekologi dan Semangat. (terjemahan).

- Haridjaja, O. 2008. Pentingnya konservasi sumberdaya lahan. Penyelamatan Tanah, Air, dan Lingkungan: hal 17-32. Crespent Press dan Yayasan Obor Indonesia. Jakarta
- Karmellia, R. 2006. Rehabilitasi Lahan Kritis dengan Pendekatan Ekobisnis di Kabupaten Bogor. Tesis Sekolah Pascasarjana IPB. Bogor.
- Kurnia, U., Sudirman dan H. Kusnadi. 2002. Teknologi Rehabilitasi dan Reklamasi Lahan Kering. Teknologi Pengelolaan Lahan Kering Menuju Pertanian Produktif dan Ramah Lingkungan. Pusat Litbang Tanah dan Agroklimat, Departemen Pertanian. Bogor.
- Kurnia, U. Sudirman, dan H. Kusnadi. 2005. Rehabilitasi dan reklamasi lahan terdegradasi. *Dalam: Teknologi pengelolaan lahan kering menuju pertanian produktif dan ramah lingkungan*. PUSLITBANGTANAK, BALITBANG Pertanian, Dept Pertanian.
- Lal, R. Blum, W.H. Valentine, C. and Stewart, B.A. (Eds.). 1998. Methods for Assesment of Soil Degradation. SRC Press. Boca Raton. New York.
- Kerusakan Lahan/Tanah. Geografiana. <http://www.geografiana.com>. 14 November 2009
- Sitorus, S.R.P, D.R. Panuju dan A.B. Siswanto. 2001. Studi Perbandingan Satuan Peta Tanah Konvensional dengan Satuan Tanah Hasil Klasifikasi Numerik. *Agrivita: Jurnal Ilmu Pertanian*: 23: (1): 6-12.
- Stocking, M. and M, Niamh. 2000. Land Degradation Guidelines for Field Assessment. University of East Anglia Norwich, UK.
- Talkurputra, H.M.N.D. 1998. Pemanfaatan sementara tanah tidur untuk tanaman pangan. *Prosid. Seminar Nas. dan Pertemuan Tahunan Komisariat Daerah HITI 1998*. HITI KOMDA JATIM, hal. 41 - 50.
- Walpole, R. E. 1993. Pengantar Statistika. Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Wambeke, V. A., P. Hasting. and M. Tolomeo. 1986. Newhall Simulation Model. Departement of Agronomy, Bradfield Hall. Cornell University. Ithaca. New York.

**DESAIN RANTAI PASOK DAN PENINGKATAN NILAI TAMBAH
LIMBAH PETIOLE PELEPAH SAWIT UNTUK BIOPELLET SERTA
PEMANFAATANNYA UNTUK INDUSTRI DAN RUMAH TANGGA**
(Supply Chain Design and Added Value Improvement of Palm Oil Frond for
Biopellet and Its Application for Industry and Household)

Endang Warsiki, Yandra Arkeman, Windi Liliana, Akhmad Syaifudin
Pusat Penelitian Surfaktan dan Bioenergi, LPPM IPB

ABSTRAK

Pelepah sawit merupakan salah satu biomassa limbah pertanian yang cukup banyak terdapat di Indonesia. Salah satu pemanfaatan pelepah sawit adalah sebagai biopellet. Tidak semua bagian pelepah dapat dimanfaatkan untuk pellet, hanya bagian petiole (antar pangkal pelepah dan daun) saja. Berdasarkan hasil pengujian sebelumnya, nilai kalor pembakaran biopellet pelepah sawit adalah 3.650 kkal/kg. Nilai kalori ini tidak memadai dan belum bisa bersaing dengan batubara. Oleh karenanya perlu dilakukan penambahan bahan lain yang memiliki nilai kalori yang lebih tinggi seperti bungkil jarak pagar. Pada penelitian ini dilakukan penambahan bungkil jarak pagar sebanyak 25% (formula 1) dan 50% (formula 2). Penambahan 25 dan 50% bungkil jarak dapat meningkatkan nilai kalor sebesar 5184 kkal/kg dan 4864 kkal/kg. Berdasarkan karakteristik nilai kalor pembakaran, biopellet formula 1 merupakan biopellet terbaik, dengan karakteristik: kadar air sebesar 9,96 % (bb), kadar abu 5,52 % (bk), nilai kalori 5184 kkal/kg. Kedua formula biopellet mudah terbakar dengan rincian : biopellet formula 1 membutuhkan waktu 05:09 menit untuk mendidihkan 1 liter air, terbakar selama 25:06 menit dan menghasilkan abu sisa sebanyak 162 gram. Sedangkan biopellet formula 2 membutuhkan waktu 06:13 menit untuk mendidihkan 1 liter air, terbakar selama 29:48 menit dan menghasilkan abu sisa sebanyak 160 gram.

Kata kunci: Biopellet, petiole, kalori.

ABSTRACT

Oil palm frond is a biomass from agricultural waste which is abundantly available in Indonesia. This waste can be process into biopellet for energy source. However, only petiole; part of the palm frond which has no leaves and is located near the trunk; can be used for this purposes. Based on the previous results, the petiole-pellet only gave 3650 kcal/kg. This value, off course, was lower than coal. It is therefore, it needs other material to improve its calorie. The potential material is jatropha seed cake. In this study, jatropha seed cakes was added into formula with 25% (formula 1) and 50% (formula 2). Adding 25 and 50% of jatropha seed cake resulted on combustion calorific value of 5184 kcal/kg and 4864 kcal/kg respectively. Based on the characteristics of the combustion, biopellet formula 1 was the best and produced product with the characteristic of water content of 9.96% (wet basis), 5.52% ash content (dry basis), calorific value of 5184 kcal/kg. Both formulas were easy to burn. Biopellet formula 1 took 05:09 minutes to boil 1 liter of water, burned for 25:06 minutes and produced ash as much as 162 grams. Whereas formula 2 took 06:13 minutes to boil 1 liter of water, burned for 29:48 minutes and produced ash as much as 160 grams.

Keywords: Biopellet, petiole, calorie.

PENDAHULUAN

Pelepah sawit merupakan salah satu biomassa limbah pertanian yang cukup banyak terdapat di Indonesia. Salah satu pemanfaatan pelepah sawit adalah sebagai bahan bakar biopelet. Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya, nilai kalor pembakaran biopelet pelepah sawit adalah 3.650 kkal/kg (SBRC, 2009). Nilai ini lebih tinggi jika dibandingkan dengan biopellet dari limbah pertanian lainnya: seperti tandan kosong kelapa sawit 1.511,92 kkal/kg, serat sawit (2.541,36 kkal/kg) (Singh, 1994) dan sekam (3180 kkal/kg). Peluang pemanfaatan biopelet dari pelepah sawit ini sangat terbuka lebar. Biopelet ini dapat digunakan sebagai substitusi batubara untuk PLTU. Seperti diketahui bahwa PLTU adalah industri yang paling banyak mengkonsumsi batubara bahkan 70% dari konsumsi batubara dalam negeri atau sebesar 45 juta ton (posisi tahun 2006) digunakan untuk kepentingan ini. Jika 10% saja kebutuhan batubara nasional dapat digantikan dengan biopelet pelepah sawit, maka diperlukan sekitar 6,75 juta ton biopelet per tahun. Namun demikian nilai kalor biopelet pelepah sawit yang masih rendah merupakan kendala yang harus diatasi, salah satunya adalah dengan menambahkan bahan lain. Bungkil jarak pagar diyakini merupakan bahan yang potensial untuk dimanfaatkan sebagai pelet dan dapat meningkatkan nilai kalor pellet petiole. Penelitian ini bertujuan (i) untuk mengetahui pengaruh penambahan bungkil jarak pagar terhadap nilai kalor pembakaran biopelet pelepah sawit; (ii) mengetahui pengaruh penambahan bungkil jarak pagar terhadap karakteristik pembakaran biopelet pelepah sawit; dan (iii) mengetahui perubahan penurunan kualitas biopelet selama penanganan dan penyimpanan.

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah pelepah sawit, sedangkan bahan tambahan yang digunakan adalah bungkil jarak pagar. Pelepah sawit diperoleh dari perkebunan sawit PTPN VIII di Banten, sedangkan bungkil jarak pagar berasal dari PT. PG Rajawali II Cirebon. Bahan-bahan kimia untuk analisa dibeli di toko kimia yang tersedia di Bogor.

Metode

Karakterisasi Petiole dan Bungkil Jarak Pagar

Kedua bahan, petiole sawit dan bungkil jarak pagar dianalisa proksimat untuk mengetahui kadar air, kadar abu dan nilai kalori. Analisa ini penting dilakukan sebagai bahan pertimbangan apakah bahan ini cukup memadai untuk dijadikan sebagai bahan baku biopelet.

Pembuatan Biopelet

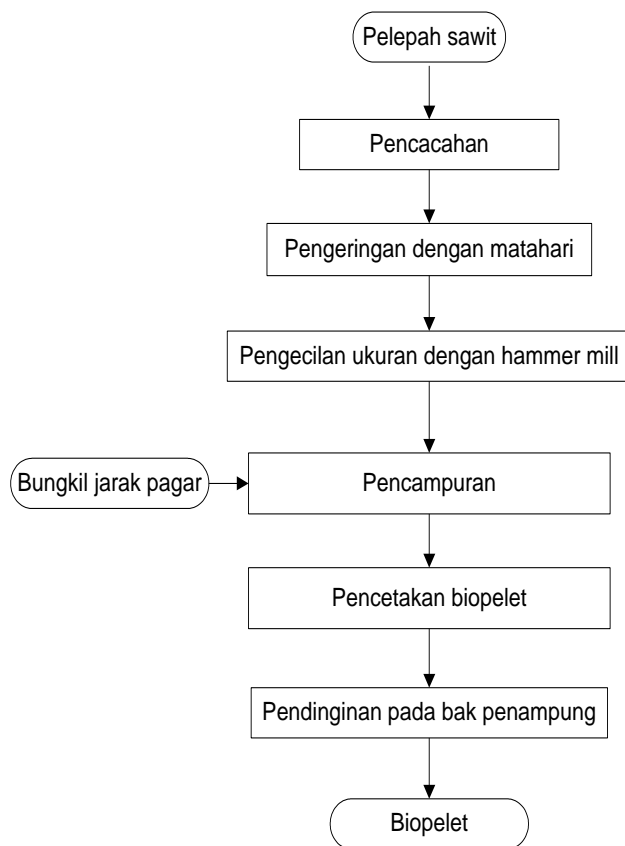
Proses pembuatan biopelet dilakukan dengan *pellet mill* skala menengah dengan kapasitas 300 kg/jam di Laboratorium Pusat Penelitian Surfaktan dan Bioenergi, LPPM – IPB. Proses pembuatan biopelet dimulai dengan pencacahan pelepah sawit, pengecilan ukuran, pengeringan, penghalusan bahan dengan *disk mill*, pengayakan hingga seragam dan kemudian dilanjutkan dengan pencetakan pelet. Serbuk pelepah sawit yang akan dicetak dicampur terlebih dahulu dengan bungkil jarak pagar dengan perbandingan 75% : 25% dan 50% : 50%. Kontrol (petiole tanpa bungkil) disiapkan sebagai pembanding. Diagram alir pembuatan biopelet dari pelepah sawit dapat dilihat pada Gambar 1.

Karakterisasi Biopelet

Karakteristik produk yang diamati meliputi kekerasan, kadar air, kadar abu, nilai kalor pembakaran, karakteristik pembakaran dan tingkat penyerapan air. Karakteristik pembakaran biopelet dilakukan dengan metode yang digunakan adalah *Water Boiling Test* (WBT). WBT merupakan metode simulasi kasar dari proses pemasakan yang dapat membantu untuk mengetahui seberapa baik energi panas dapat ditransfer pada alat masak (Bailis *et al.*, 2007). Parameter yang diukur adalah kemudahan penyalaan, lamanya pembakaran, warna api, jumlah asap yang dihasilkan, jumlah abu yang dihasilkan setelah pembakaran, dan jumlah kebutuhan biopelet untuk memanaskan 2 liter air. Karakteristik pembakaran yang diamati adalah lama waktu persiapan hingga biopelet menyala, suhu api, lama waktu hingga air mendidih, jumlah biopelet yang terbakar, dan total waktu penyalaan biopelet hingga padam.

Disisi lain, penurunan kualitas biopelet diamati selama disimpan pada ruang penyimpanan yang berbeda suhu dan kelembaban. Biopelet dikemas dengan

2 (dua) jenis kemasan, yaitu kemasan plastik tertutup dan kemasan terbuka. Masing-masing biopelet terkemas disimpan pada suhu dan kelembaban yang akan ditentukan. Seperti diketahui bahwa selama penyimpanan, kualitas biopelet akan mengalami penurunan dan penurunan ini akan dipercepat dengan suhu dan kelembaban ruang simpan. Penyimpanan produk pada suhu ruang akan dilakukan sebagai kontrol. Parameter kritis yang dijadikan dasar untuk penentuan kualitas biopelet adalah kadar air dan kemudahan jika pelet tersebut dibakar.



Gambar 1. Diagram alir pembuatan biopelet pelepah sawit

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Petiole Sawit dan Bungkil Jarak Pagar

Tahapan pembuatan biopelet petiole pelepah sawit diawali dengan perlakuan pendahuluan terhadap bahan baku, yaitu petiole pelepah sawit dan bungkil jarak pagar. Perlakuan awal yang dilakukan terhadap petiole pelepah

sawit adalah pengupasan kulit, pencacahan, pengeringan, dan penghalusan. Sedangkan perlakuan awal terhadap bungkil jarak pagar adalah penghalusan bahan. Kedua bahan ini kemudian dianalisis secara proksimat untuk mendapatkan karakteristik awal bahan baku. Hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2. Sedangkan Gambar 2 menunjukkan petiole sebelum dan sesudah dikupas.

Tabel 1. Hasil uji karakteristik serbuk pelepah sawit

Parameter uji	Satuan	Nilai	Standar deviasi
Kadar air	% bb	69,48	0,63
Kadar abu	% bk	3,18	0,01
Kadar serat	% bk	1,72	0,02
Nilai kalori	kcal/kg	3653,50	72,83

Tabel 2. Hasil uji karakteristik bungkil jarak pagar

Parameter uji	Satuan	Nilai
Kadar air	% bb	9,87 ± 0,03
Kadar abu	% bk	5,94 ± 0,10
Kadar karbon terikat	% bk	31,69 ± 0,27
Kadar lemak kasar	% bk	8,51 ± 0,34
Nilai kalori	kcal/kg	4184,67 ± 31,11



(a)

(b)

Gambar 2. Petiole pelepah sawit: (a) sebelum dan (b) setelah dikupas

Biopelet Terproduksi

Pencetakan biopelet dilakukan dengan menggunakan mesin biopelet skala 300 kg per jam. Ukuran diameter cetakan yang digunakan adalah 8 mm dengan hasil produk seperti Gambar 3.



Biopellet petiole
pelelah sawit 100%

Biopellet formula 1

Biopellet formula 2

Gambar 3. Biopellet petiole pelelah sawit

Karakteristik Biopellet

Kekerasan

Kekerasan biopellet diuji secara kualitatif dengan cara memberikan beban di atas produk pelet hingga pelet pecah (hancur). Berdasarkan pengukuran tersebut, biopellet petiole sawit tanpa bahan tambahan memiliki tingkat kekerasan yang paling tinggi. Namun dalam pembuatannya, pencetakan petiole tanpa bahan tambahan seringkali ditemui kendala seperti tersumbatnya lubang-lubang *dies* (cetakan) biopellet. Oleh karenanya, penambahan bahan lain seperti bungkil jarak pagar akan mempermudah dalam proses pencetakan.

Kadar Air

Kandungan air merupakan salah satu faktor penentu kualitas biopellet. Berdasarkan hasil pengukuran, kadar air biopellet petiole sawit dengan penambahan 25 % bungkil jarak pagar adalah sebesar 9,95 % (bb), sedangkan dengan penambahan 50% bungkil jarak diperoleh kadar air biopellet sebesar 8,96 % (bb). Nilai kadar air yang diperoleh dari kedua formula biopellet sudah menunjukkan nilai yang cukup bagus karena memenuhi standar kualitas biopellet yang ada. Kadar air yang tinggi akan berakibat pada peningkatan polusi udara (Ramsay, 1982).

Kadar Abu

Kadar abu pada pelet sangat penting sebagai pertimbangan dalam pemilihan bahan tersebut sebagai bahan bakar. Hal ini berkaitan dengan banyaknya jumlah sisa/redisu pembakaran dari pelet tersebut. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa

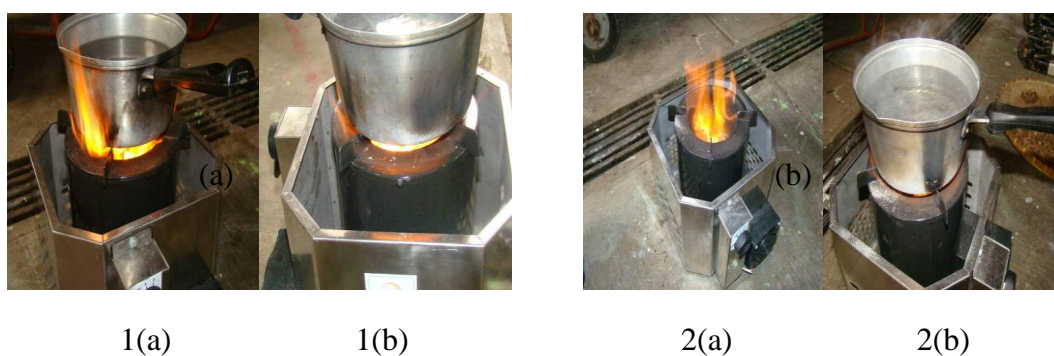
biopelet petiole sawit formula 1 memiliki kadar abu sebesar 5,52 % (bk), sedangkan biopelet formula 2 memiliki kadar abu sebesar 5,80 % (bk). Kadar abu yang dihasilkan oleh biopelet petiole sawit dengan pencampuran 50% bungkil jarak memiliki nilai yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan penambahan 25% bungkil jarak. Hal ini disebabkan karena kandungan abu dalam bungkil jarak yang lebih tinggi, yaitu 5,94% (bk). Maka, semakin banyak bungkil jarak ditambahkan ke dalam campuran biopelet, kadar abu yang dihasilkan semakin tinggi.

Nilai Kalor Pembakaran

Parameter utama dalam menentukan kualitas bahan bakar padat adalah nilai kalor pembakaran. Nilai kalor pembakaran yang dihasilkan dipengaruhi oleh kadar abu biopelet. Berdasarkan data yang diperoleh, nilai kalor pembakaran biopelet formula 1 adalah sebesar 5184 kkal/kg (bk). Nilai kalor ini lebih besar daripada biopelet formula 2. Hal ini disebabkan karena kadar abu biopelet formula 1 lebih rendah daripada biopelet formula 2. Abu dapat menurunkan nilai kalori biopelet karena abu merupakan komponen yang tidak terbakar sehingga tidak menghasilkan energi pada saat pembakaran. Jika dibandingkan dengan biopelet petiole sawit 100%, nilai kalori yang dihasilkan adalah 4058 kkal/kg. Dengan demikian, penambahan bungkil jarak pagar ke dalam campuran petiole sawit maka terbukti bahwa penambahan tersebut menghasilkan biopelet dengan nilai kalori yang lebih tinggi.

Karakteristik Pembakaran

Kemudahan penyalaan biopelet dipengaruhi kandungan air di dalam biopelet. Biopelet formula 1 dan 2 memiliki kadar air sesuai standar sehingga cukup mudah untuk dinyalakan. Kadar air dalam biopelet juga mempengaruhi jumlah asap yang dihasilkan selama pembakaran. Berdasarkan pengujian, biopelet formula 1 menghasilkan jumlah asap yang lebih banyak karena mengandung air yang lebih banyak pula. Namun, jumlah asap yang dihasilkan tidak hanya dipengaruhi oleh kadar air tapi juga adanya kandungan minyak dalam bungkil jarak yang ditambahkan ke dalam formulasi biopelet. Gambar pengujian disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Pengujian pembakaran biopellet petiole sawit formula 1 (a) dan 2 (b)

Waktu yang dibutuhkan untuk mendidihkan air dipengaruhi oleh nilai kalor pembakaran biopellet. Berdasarkan pengujian, biopellet formula 1 mampu mendidihkan 1 liter air lebih cepat daripada biopellet formula 2. Hal ini disebabkan karena nilai kalori yang terkandung dalam biopellet formula 1 lebih besar. Namun jika dihubungkan dengan lama pembakaran, biopellet formula 1 lebih cepat habis karena kalori yang dihasilkan lebih tinggi. Lama pembakaran pada dasarnya tidak hanya dipengaruhi oleh karakteristik biopellet yang digunakan, tapi juga oleh spesifikasi alat pembakaran (kompor) yang digunakan. Sisa pembakaran biopellet lebih besar daripada kandungan abu biopellet yang diuji di laboratorium. Hal ini disebabkan karena masih terdapat campuran arang dalam sisa pembakaran tersebut. Hasil pengujian karakteristik pembakaran biopellet petiole pelepah sawit dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengujian karakteristik pembakaran biopellet petiole sawit

Formula	Kemudahan menyala	Warna api	Jumlah asap	Waktu hingga air mendidih (menit)	Lama pembakaran (menit)	Berat sisa pembakaran (g)
1	Mudah	Merah	+++	05:09	25:06	162
2	Mudah	Merah	++	06:13	29:48	160

Tingkat Penyerapan Air

Tingkat penyerapan air oleh biopellet perlu diukur untuk mengetahui perubahan kualitas biopellet tersebut selama penyimpanan. Mutu biopellet dianggap masih layak digunakan jika kadar air yang terkandung di dalamnya kurang dari 10%. Penyimpanan dilakukan pada dua kondisi, yaitu di dalam

ruangan dan di luar ruangan. Pengujian dilakukan pada kondisi lingkungan yang lembab karena hujan. Penyimpanan dilakukan selama 10 jam di dalam kemasan plastik dan kemasan cawan terbuka. Dari perlakuan yang dicobakan, terlihat bahwa formula 2 (50% bungkil jarak pagar) mempunyai tingkat penyerapan air yang lebih tinggi. Hal ini terlihat pada peningkatan kadar air biopelet yang secara umum meningkat hingga melampaui ambang batas yang dipersyaratkan. Hasil pengukuran kadar air setelah penyimpanan selama 10 jam dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil pengukuran kadar air biopelet setelah penyimpanan selama 10 jam

Formula	Kondisi	Kadar air (% bb)
Formula 1, 75:25	cawan terbuka, ruangan	12,6942
Formula 1, 75:25	dalam plastik, ruangan	11,2924
Formula 1, 75:25	cawan terbuka, luar ruangan	12,3436
Formula 1, 75:25	cawan terbuka, luar ruangan	12,1181
Formula 1, 75:25	dalam plastik, luar ruangan	10,7784
Formula 2, 50:50	cawan terbuka, ruangan	12,2638
Formula 2, 50:50	dalam plastik, ruangan	11,2860
Formula 2, 50:50	cawan terbuka, luar ruangan	12,4331
Formula 2, 50:50	cawan terbuka, luar ruangan	12,7500
Formula 2, 50:50	dalam plastik, luar ruangan	10,4113

KESIMPULAN

Penambahan bungkil jarak pagar ke dalam formulasi biopelet petiole pelepah sawit dapat meningkatkan nilai kalor pembakaran biopelet. Penambahan 25 dan 50% bungkil jarak menghasilkan nilai kalor pembakaran masing-masing sebesar 5184 kkal/kg dan 4864 kkal/kg. Berdasarkan karakteristik nilai kalor pembakaran, biopelet formula 1 merupakan biopelet formula terbaik, dengan karakteristik kadar air sebesar 9,96 % (bb), kadar abu 5,52 % (bk), nilai kalori 5184 kkal/kg. Kedua formula biopelet mudah terbakar. Biopelet formula 1 membutuhkan waktu 05:09 menit untuk mendidihkan 1 liter air, terbakar selama 25:06 menit dan menghasilkan abu sisa sebanyak 162 gram. Biopelet formula 2 membutuhkan waktu 06:13 menit untuk mendidihkan 1 liter air, terbakar selama 29:48 menit dan menghasilkan abu sisa sebanyak 160 gram.

DAFTAR PUSTAKA

- Bailis, R., D. Ogle, N. MacCarty, dan D. Still. The Water Boiling Test (WBT). Household Energy and Health Programme. Shell Foundation, USA.
- SRamsay W. S. 1982. *Energy from Forest Biomass*. Ed. Academic Press, Inc.. New York.
- Singh, R.P. 1994. Scientific Principles of Shelf Life Evaluation. Di dalam Man C.M.D. dan A.A. Jones (eds.). *Shelf Life Evaluation of Foods*. Blackie Academic and Professional, London.
- SBRC. 2009. *Kajian Awal Pemanfaatan Petiole Pelepah Sawit sebagai Bahan Bakar Biopelet*. Pusat Penelitian Surfaktan dan Bioenergi, Bogor.

**ANALISIS POTENSI PERDAGANGAN KARBON KEHUTANAN
DALAM RANGKA MENGATASI KRISIS KEUANGAN**
(Analysis of Potential Forest Carbon Trading in Light of The Financial Crisis)

Rizaldi Boer¹⁾, Bramasto Nugroho²⁾, Muhammad Ardiansyah¹⁾

¹⁾ Pusat Studi Pengelolaan Peluang dan Resiko Iklim, LPPM IPB

²⁾ Dep. Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan IPB

ABSTRAK

Saat ini sudah ada inisiatif dari negara maju dan Bank-Bank Multilateral untuk mendukung negara berkembang dalam menyiapkan dan menyusun strategi penekanan emisi dari deforestasi dan degradasi dan kegiatan kehutanan lainnya. Beberapa negara maju juga telah menyiapkan dana yang cukup besar untuk mendukung negara berkembang dalam melakukan upaya REDD melalui kerjasama bilateral. Tujuan penelitian ini adalah menyusun masukan bagi pemerintah terkait dengan upaya penurunan emisi dari deforestasi dan degradasi hutan serta kegiatan kehutanan dan pemanfaatan lahan lainnya, sehingga dapat meningkatkan peluang Indonesia dalam memanfaatkan dana-dana yang disediakan oleh negara maju. Secara garis besar, kegiatan penelitian ini dilakukan melalui sintesis kajian-kajian terkini, analisa data dan *focus group discussion* dengan berbagai pihak terkait serta diseminasi. Analisis meliputi potensi dan kebijakan terkait dengan penurunan emisi dan peningkatan serapan karbon dari sektor kehutanan dan penggunaan lahan serta model pendanaan untuk mendukung pelaksanaan kegiatan tersebut. Potensi serapan karbon melalui kegiatan afforestasi/reforestasi, pembangunan HTI, gerakan menanam pohon dan pengayaan dapat mencapai 97 Gt CO₂. Apabila laju deforestasi di masa depan turun menjadi setengah dari laju 2000-2005 (495 juta tCO₂ per tahun), berarti akan terjadi penurunan emisi sekitar 250 juta tCO₂ per tahun. Dengan harga karbon sekitar 10 USD/tCO₂, maka Indonesia dapat menerima pembayaran sekitar 2.5 miliar USD per tahun. Untuk membangun kesiapan, Pemerintah Indonesia perlu menyusun strategi dan memanfaatkan dana-dana dalam membangun kapasitas dan melaksanakan kegiatan *demonstration activities* secara terintegrasi sehingga pada tahun 2012, Indonesia sudah siap baik dari sisi infrastrukturnya maupun kesiapan pihak-pihak yang berpotensi melakukan upaya penurunan emisi dari DD.

Kata kunci : REDD, deforestasi, potensi serapan karbon, referensi tingkat emisi, krisis keuangan.

ABSTRACT

A number of initiatives from developed countries and multilateral banks to support the preparation and development of strategies on emission reduction from deforestation and land degradation is largely emerging. Several developed countries have already shed a substantial amount of fund to support the developing countries in REDD preparation through a bilateral agreement. This study was aimed to develop an input for Indonesia government; this input is expected to lead to an effective utilization of available opportunities related to REDD. In general, this study was conducted through (i) Synthesis of recent studies on REDD; (ii) Data analysis; (iii) Focus group discussion with related agencies. Data analysis involved the assessment on potencies, policies and funding scheme related to emission reduction and carbon sink enhancement from forestry sector and land use change. Potential carbon sink from afforestation/reforestation, HTI and *Tree Planting Action* might reach 97 G tCO₂. If deforestation rate is 50% decreased form

2000-2005 value (495 million tCO₂) in the future, then emission reduction would decrease at about 250 million tCO₂ per year. By that condition, Indonesia would be able to obtain almost 2.5 billion USD per year from carbon emission reduction (note: assumed carbon price 10 usd/ tCO₂) Indonesia government is required to prepare an integrated-robust system and strategies in utilizing available funds for capacity development and demonstration activities, so that in 2012 Indonesia is settled up and ready to implement the REDD.

Keywords : REDD, deforestation, carbon absorbtion, reference emision level, forest Transition.

PENDAHULUAN

Salah satu luaran utama dari pertemuan para pihak ke 13 (COP13) di Bali ialah disepakatinya REDD (*Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation*) sebagai satu elemen dari Rencana Aksi Bali untuk mengatasi masalah pemanasan global dan perubahan iklim. Dalam Rencana Aksi Bali para pihak diminta untuk menyusun pendekatan kebijakan dan insentif positif terkait dengan isu penurunan emisi dari deforestasi dan degradasi hutan di negara berkembang dan juga peran pelaksanaan sistem pengelolaan hutan berkelanjutan dan peningkatan cadangan karbon hutan. Saat ini sudah ada inisiatif dari negara maju dan Bank-Bank Multilateral untuk mendukung negara berkembang dalam menyiapkan dan menyusun strategi penekanan emisi dari deforestasi dan degradasi dan kegiatan kehutanan lainnya. Beberapa negara maju juga telah menyiapkan dana yang cukup besar untuk mendukung negara berkembang dalam melakukan upaya REDD melalui kerjasama bilateral.

Tujuan utama kajian ini adalah menyusun masukan bagi pemerintah terkait dengan upaya penurunan emisi dari deforestasi dan degradasi hutan serta kegiatan kehutanan dan pemanfaatan lahan lainnya sehingga dapat meningkatkan peluang Indonesia dalam memanfaatkan dana-dana yang disediakan oleh negara maju baik lewat lembaga multilateral maupun kesepakatan bilateral.

METODE PENELITIAN

Secara garis besar, kegiatan penelitian ini dilakukan melalui sintesis kajian-kajian terkini, analisa data dan *focus group discussion* dengan berbagai pihak terkait serta diseminasi. Analisis yang dilakukan meliputi :

Analisis potensi Indonesia dalam menurunkan emisi dari deforestasi dan degradasi hutan dan meningkatkan penyerapan karbon melalui penelusuran literatur dan hasil kajian yang sudah ada. Pada tahap ini disusun satu pendekatan dalam menentukan tingkat emisi referensi dengan memperhatikan kondisi nasional. Emisi referensi ditentukan berdasarkan data historis dengan memperhatikan tren, tahun awal perhitungan dan lama periode referensi sesuai dengan ketersediaan data yang ada serta '*kondisi nasional*' lainnya.

Penyusunan alternatif kebijakan terintegrasi untuk implementasi REDD+ dan peningkatan penyerapan karbon dilakukan dengan melakukan analisis terhadap kebijakan dan program yang ada yang akan berdampak pada peningkatan emisi karbon baik di sektor kehutanan maupun sektor lainnya yang terkait dengan pemanfaatan lahan (pertanian, pertambangan dan pekerjaan umum). Identifikasi kendala dan faktor yang menghambat pelaksanaan kebijakan atau program yang akan berdampak pada penurunan emisi dan serapan karbon dilakukan melalui *Fokus Group Discussion* dengan berbagai pihak terkait.

Analisis ini menggali berbagai sumber pendanaan yang dapat mendukung kegiatan penurunan emisi dari deforestasi dan degradasi hutan dan penyerapan karbon baik yang bersifat unilateral, bilateral maupun multilateral. Potensi pendanaan yang dapat digunakan dalam mendukung Indonesia melaksanakan kegiatan REDD dan meningkatkan serapan karbon serta model pengelolaannya dianalisis berdasarkan hasil konsultasi dan diskusi dengan nara sumber dari Departemen Keuangan dan Bappenas, sektor terkait dan Bank-Bank Multilateral

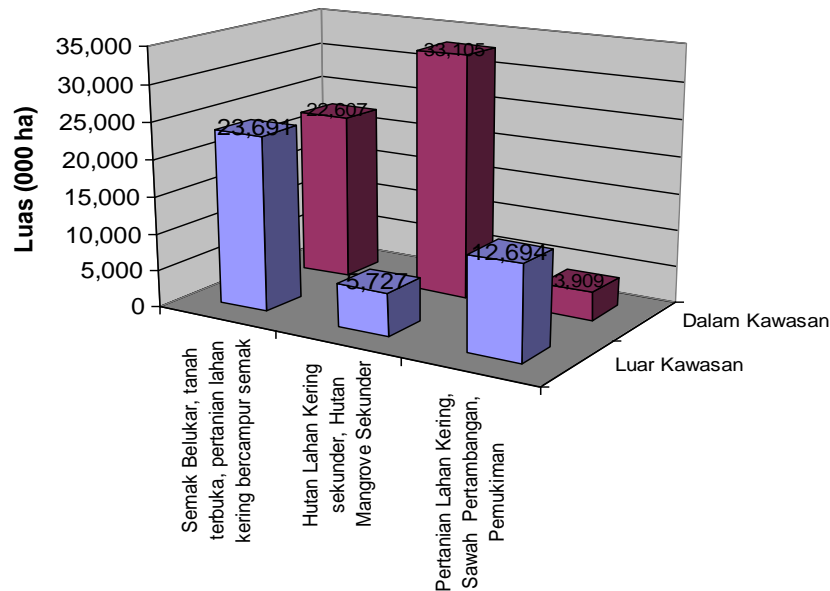
HASIL DAN PEMBAHASAN

Potensi Serapan Karbon dan REDD di Indonesia

Potensi Luas Lahan dan Serapan Karbon dari Pelaksanaan Kegiatan Afforestasi, Reforestasi dan Peningkatan Rosot Carbon (*Sink Enhancement*)

Berdasarkan data dari Ditjen RLPS tahun 2004, luas lahan/hutan di dalam dan di luar kawasan hutan berindikasi kritis dan perlu direhabilitasi mencapai 101 juta ha. Sebagian besar tutupan lahan dalam bentuk semak belukar, tanah terbuka atau pertanian lahan kering bercampur semak dengan luas sekitar 46 juta ha, dalam bentuk pertanian lahan kering, sawah, pertambangan dan pemukiman

sekitar 17 juta ha, dan dalam bentuk hutan terdegradasi sekitar 39 juta ha (Gambar 1). Dengan demikian secara total luasan yang sudah tidak lagi dalam bentuk hutan mencapai 63 juta ha.

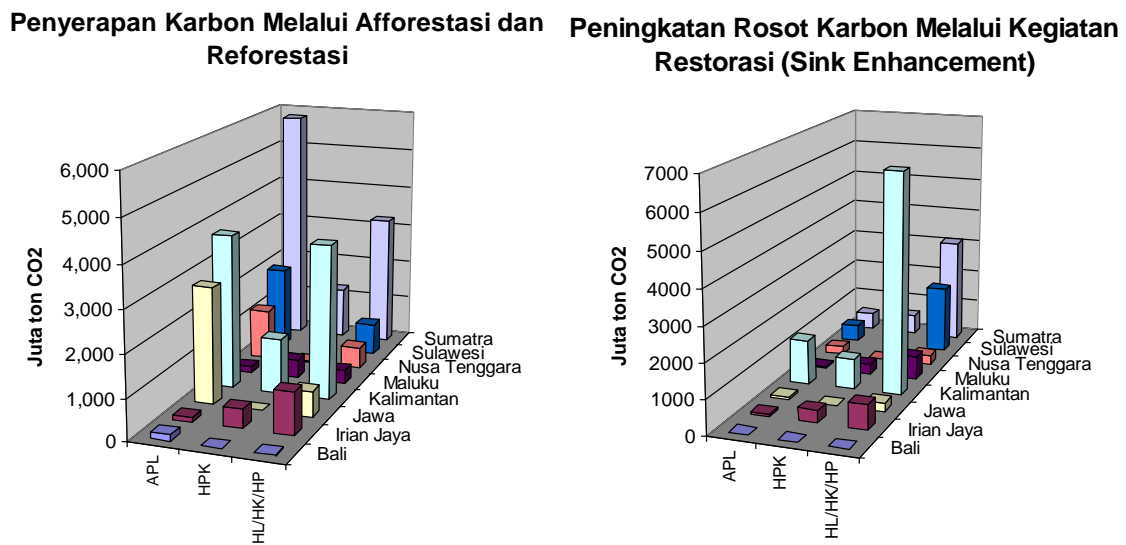


Gambar 1. Luas lahan di dalam dan di luar kawasan hutan yang berindikasi kritis untuk direhabilitasi (Sumber: diolah dari data RLPS, 2004)

Potensi serapan karbon melalui kegiatan afforestasi/reforestasi dan pembangunan HTI pada lahan semak belukar, tanah terbuka atau pertanian lahan kering bercampur semak (46 juta ha); dan melalui kegiatan gerakan menanam pohon pada pertanian lahan kering, sawah, pertambangan dan pemukiman seluas (17 juta ha) dapat mencapai 60 Gt CO₂¹. Sedangkan melalui kegiatan pengayaan pada hutan sekunder (39 juta ha) dapat mencapai 37 Gt CO₂². Sebagian besar potensi penyerapan karbon berada di Kalimantan dan Sumatera dari kawasan non-hutan dan hutan produksi (Gambar 2).

¹ Asumsi rata-rata stok karbon pada lahan semak belukar, tanah terbuka dan pertanian lahan kering bercampur semak ialah sekitar 40 tC/ha dan hutan tanaman mencapai 200 tC. Sedangkan rata-rata stok karbon pada pertanian lahan kering, sawah, pertambangan dan pemukiman sekitar 5 tC/ha dan hutan dari gerakan menanam pohon mencapai 50 tC/ha.

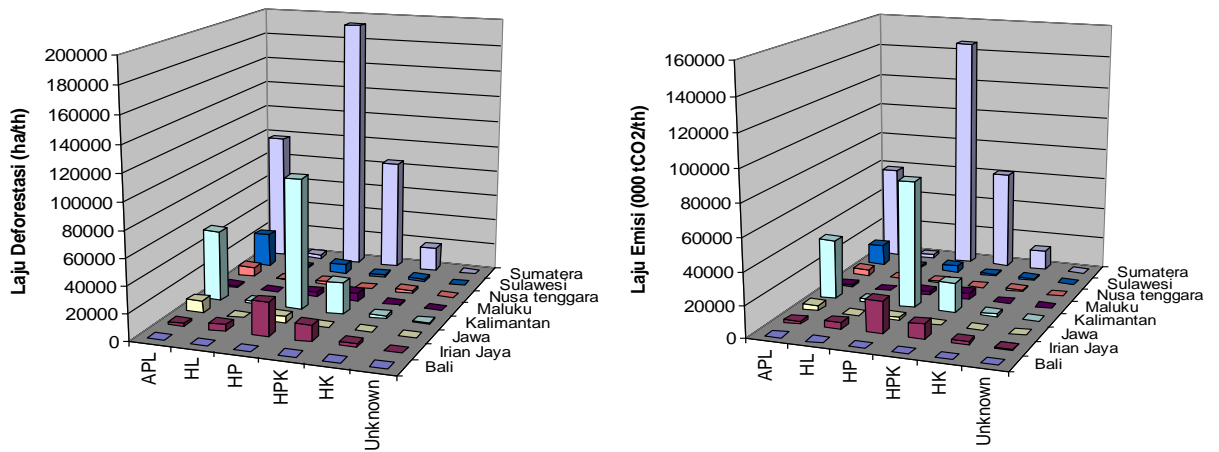
² Asumsi rata-rata stok karbon pada hutan sekunder sekitar 70 tC/ha dan pada hutan setelah restorasi mencapai 200 tC/ha. Tanpa pengayaan, stok karbon pada hutan sekunder tidak dapat meningkat karena mengalami degradasi berat



Gambar 2. Potensi total penyerapan karbon melalui kegiatan aforestasi dan reforestasi pada lahan kritis dan pengayaan pada hutan sekunder

Laju Deforestasi dan Potensi REDD (Penurunan Emisi dari deforestasi dan degradasi hutan)

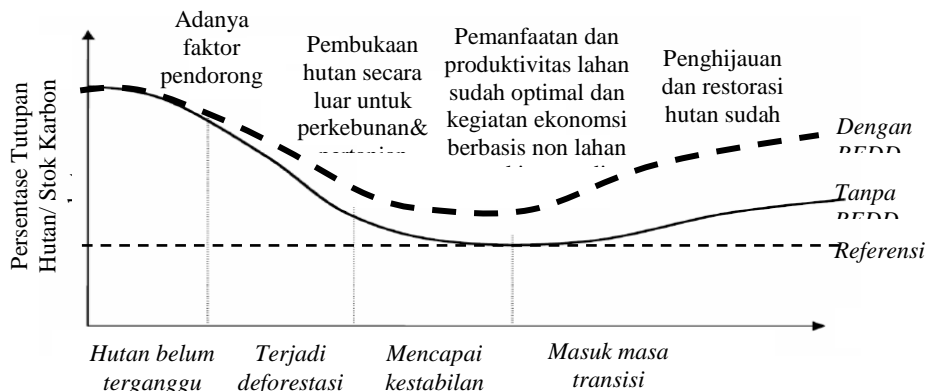
Angka pasti tentang laju deforestasi di Indonesia sulit ditetapkan. Setiap kajian memberikan nilai dugaan yang berbeda-beda. Kajian terbaru yang dilakukan oleh IFCA (2007) menunjukkan bahwa laju deforestasi di Indonesia dalam periode 2000-2005 hanya sekitar 700 ribu ha per tahun. Laju deforestasi terbesar terjadi di Sumatera dan kemudian diikuti oleh Kalimantan (Gambar 3). Laju deforestasi terbesar terjadi di dalam kawasan hutan produksi (HP), areal penggunaan lain (APL) dan kawasan hutan produksi yang dapat dikonversi. Besar laju emisi dari deforestasi mencapai 495 juta tCO₂ per tahun. Apabila kompensasi pembayaran penurunan emisi dari deforestasi di masa depan ditentukan berdasarkan besarnya penurunan emisi dari rata-rata laju emisi historis (2000-2005), maka apabila laju deforestasi di masa depan turun menjadi setengah dari laju 2000-2005, berarti akan terjadi penurunan emisi sekitar 250 juta ton CO₂ per tahun. Dengan harga karbon sekitar 10 USD/tCO₂, maka Indonesia dapat menerima pembayaran sekitar 2.5 miliar USD per tahun.



Gambar 3. Laju deforestasi dan emisi tahunan dari deforestasi dalam periode 2000-2005 menurut pulau dan fungsi hutan (MoFor, 2008)

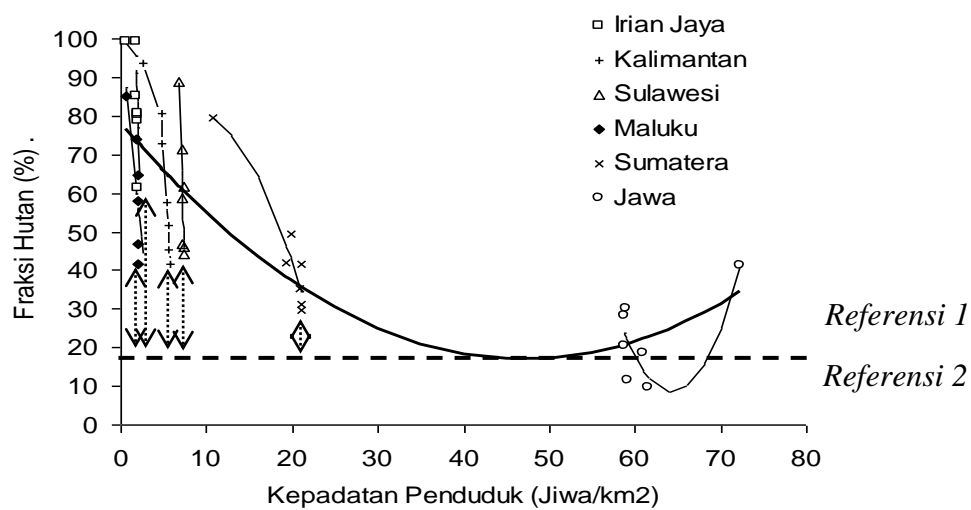
Pendekatan dalam Penetapan Tingkat Emisi Referensi untuk REDD

Berdasarkan konsep transisi hutan, semua negara maju pada masa lalu pada saat membangun telah memanfaatkan hutan untuk memenuhi kebutuhan lahan, pangan dan sandang mereka sehingga persentase tutupan hutannya menurun sampai masuk ke periode transisi yaitu kembali meningkat (Gambar 4). Negara berkembang pada saat ini pada tahap membangun dimana kegiatan ekonomi yang berbasis lahan masih sangat tinggi sehingga laju pembukaan hutan masih sangat tinggi. Adanya mekanisme insentif lewat REDD diharapkan pola transisi hutan tidak mengikuti apa yang sudah pernah terjadi di negara maju di masa lalu, sehingga keberadaan hutan alam yang banyak memberikan manfaat lingkungan global tidak hilang dan dapat dipertahankan.



Gambar 4. Pola garis transisi hutan dengan dan tanpa REDD

Sehubungan dengan hal di atas, Indonesia pada submisi yang lalu mengajukan penggunaan data kepadatan penduduk dalam menentukan batas tutupan hutan minimum yang harus dipertahankan oleh suatu negara. Berdasarkan analisis terhadap data luas tutupan hutan dan kepadatan penduduk tahun 1950, 1982, 1985, 1997, dan 2005 menurut pulau dari berbagai sumber, ditemukan bahwa hubungan antara kepadatan penduduk dan luas fraksi hutan berbeda antar pulau dan pola perubahan hutan masih belum memasuki periode transisi kecuali Jawa (Gambar 5).



Gambar 5. Hubungan antara kepadatan penduduk dengan persentase tutupan hutan menurut pulau di Indonesia. Garis titik dengan panah merupakan nilai karbon yang masih dapat diselamatkan apabila referensi 1 yang digunakan (Sumber: Boer, 2008)

Di pulau Jawa periode transisi terjadi setelah tahun 2000. Di luar Jawa penurunan luas hutan terjadi sangat cepat dengan sedikit peningkatan kepadatan penduduk. Apabila dibuat hubungan antara rata-rata kepadatan penduduk dan luas tutupan hutan per pulau, diperoleh garis yang mengindikasikan bahwa periode transisi akan terjadi setelah kepadatan penduduk mencapai 50 jika per km².

Apabila usulan penentuan referensi emisi seperti di atas dapat diterima maka fraksi hutan yang dapat digunakan sebagai referensi ialah sekitar 20% (referensi 1). Apabila kondisi di Jawa digunakan sebagai rujukan nasional maka fraksi hutan referensi yang dapat digunakan ialah 10%. Dalam kaitan ini,

kabupaten yang memiliki fraksi hutan yang jauh di atas batas referensi akan memiliki peluang lebih besar untuk mendapatkan pendanaan dari perdagangan karbon lewat REDD. Secara nasional, apabila referensi 1 digunakan, maka total potensi pencegahan deforestasi yang dapat dilakukan oleh Indonesia mencapai 45 juta ha atau setara dengan 25 Gt CO₂. Apabila referensi 2 digunakan maka potensi penurunan emisi dari deforestasi mencapai 35 Gt CO₂.

Alternatif Kebijakan Terintegrasi untuk Implementasi REDD+ dan

Pengembangan Rap/Pan-Karbon dan REDD memunculkan hubungan-hubungan para pihak yang terlibat dan terkait, sehingga diperlukan kelembagaan (institutions) yang mampu mengarahkan perilaku para pihak untuk mencapai tujuan bersama yang telah disepakati. Oleh karena itu, untuk menunjang keberhasilan REDD tampaknya diperlukan persyaratan sebagai berikut:

1. Memerlukan adanya jaminan kelangsungan/kelestarian SDH baik dalam rangka untuk mengurangi emisi karbon maupun untuk penyerapan dan penyimpanan karbon.
2. Sesuai dengan kondisi distribusi peruntukan lahan (*land use distribution*) di Indonesia, di mana kawasan hutan menguasai areal lebih dari 60% luas daratan, maka tampaknya kawasan hutan negara akan menjadi tumpuan utama sebagai lokasi implementasi kegiatan Rap/Pan-Karbon dan REDD.
3. Membutuhkan upaya-upaya untuk pencegahan terjadinya *leakages* baik *leakages domestic/local* di sekitar tapak implementasi maupun *leakage* ke Negara lain akibat munculnya kesempatan-kesempatan ekonomi yang ditimbulkan dari dampak pengurangan produksi kayu.
4. Pemerintah memiliki peran kuat dalam pelaksanaan Rap-Pan Karbon dan REDD.
5. Perlu organisasi untuk menjalankan kesepakatan, penjamin hak-hak dan penyelesaian sengketa para pihak yang terlibat.

Alternatif solusi untuk mengatasi kesenjangan antara peraturan yang ada dengan persyaratan yang diperlukan untuk menunjang keberhasilan implementasi disajikan pada Tabel 1.

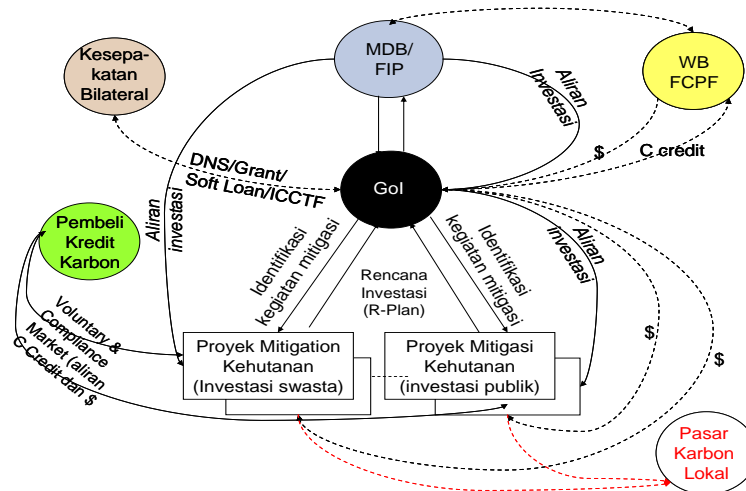
Tabel 1. Alternatif-alternatif solusi dalam skema kebijakan REDD

Kerangka Kerja REDD	Alternatif Solusi
Penataan peran para pihak	<ul style="list-style-type: none"> • Perbaiki hubungan kontrak pada kawasan hutan Negara yang didaftarkan sebagai lokasi pelaksanaan REDD • Internalisasi (membangun kesepahaman bersama melalui aksi kolektif, institutionalisasi dan penguatan kapasitas) program REDD kepada seluruh stakeholders • Perlunya aksi kolektif dengan Negara mitra dalam kesepakatan timbal balik (reciprocity) pengkonsumsian kayu • Untuk mengurangi resistensi di awal kegiatan Dephut dapat diperankan sebagai leading sector dengan memerankan Komisi REDD sebagai <i>back stopper</i>³ • Dalam pelaksanaan kegiatan berkoordinasi dengan Dewan Nasional Perubahan Iklim (DNPI) dan secara struktural dan penganggaran di bawah Dephut • Working Group Perubahan Iklim Dephut dapat dijadikan embrio dan/atau diberi tugas menyusun kelembagaan Komisi REDD • Komisi REDD dimungkinkan membentuk organisasi di daerah, untuk tahap awal pada level Propinsi prioritas
Pelaksanaan	<ul style="list-style-type: none"> • Internalisasi program REDD kepada masyarakat perlu dilakukan sejak dini, terutama untuk memperoleh legitimasi lokal • Bangun kerjasama antara pemerintah – pengembang – masyarakat yang saling menguntungkan ditetapkan berdasarkan karakteristik dan situasi SDH, social dan penyelesaian sengketa antar pihak yang menjalin perjanjian • Komisi REDD bertindak sebagai penjamin hak², mediator penyelesaian sengketa • Sebagai acuan penyelenggaraan praktik yang baik perlu disusun skema <i>Good Forestry Governance</i> (GFG)
Verifikasi dan Sertifikasi serta Monitoring dan Evaluasi	<ul style="list-style-type: none"> • Komisi REDD menugaskan Lembaga Penilai Independen untuk melakukan verifikasi • Komisi REDD menerbitkan Sertifikat Pengurangan Emisi Karbon • Komisi REDD meminta Komite Akreditasi Nasional (KAN) untuk melakukan akreditasi Lembaga Penilai Independen (sementara) • Untuk menjamin partisipasi publik, Komisi REDD perlu melibatkan unsur publik dalam kepengurusannya • Monitoring dan evaluasi dilaksanakan oleh Indonesian REDD Monitoring Alliance yang merupakan lembaga multistakeholders termasuk Dewan Kehutanan Nasional (DKN) • Implementasi hasil monitoring dan evaluasi (feedback) dilakukan oleh pengembang REDD dan diawasi oleh Komisi REDD Daerah

³ Back stopper yang dimaksud meliputi inisiator, pelaksana kegiatan internalisasi, fasilitator, mengatasi hambatan-hambatan bila terjadi kemacetan program, pusat informasi, fasilitasi koordinasi para pihak terkait, dls

Sumber Pendanaan Pelaksanaan Proyek Carbon Kehutanan

Sesuai dengan mandat COP, dana untuk membangun kesiapan ini disediakan oleh negara maju baik melalui Bilateral maupun Multilateral dalam bentuk grant. Pemerintah Indonesia perlu menyusun strategi dan memanfaatkan dana-dana tersebut dalam membangun kapasitas dan melaksanakan kegiatan demonstration activities secara terintegrasi sehingga pada tahun 2012, Indonesia sudah siap baik dari sisi infrastrukturnya maupun kesiapan pihak-pihak yang berpotensi melakukan upaya penurunan emisi dari DD. Pada saat ini Indonesia sedang dalam proses membentuk *Indonesian Climate Change Trust Fund* (ICCTF; Bappenas, 2009) yang nantinya diharapkan dapat berperan dalam mengelola dana dari berbagai sumber untuk mendukung pelaksanaan kegiatan penanganan perubahan iklim. Secara ringkas pola aliran dana investasi, kredit karbon dan distribusi pembayaran dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Usulan skema aliran dana, kredit karbon dan distribusi pembayaran dalam pelaksanaan proyek karbon kehutanan

KESIMPULAN

Berdasarkan data lahan kritis tahun 2004 potensi serapan karbon melalui kegiatan afforestasi dan reforestasi dan pembangunan hutan tanaman industri serta melalui kegiatan gerakan menanam pohon mencapai 60 Gt CO₂. Sementara potensi serapan karbon melalui kegiatan pengayaan pada hutan sekunder dapat

mencapai 37 Gt CO₂. Bila dihitung berdasarkan besarnya penurunan emisi dari rata-rata laju emisi historis 2000-2005, maka apabila laju deforestasi di masa depan turun menjadi setengah dari laju 2000-2005, potensi penurunan emisi mencapai 250 t CO₂ per tahun. Berdasarkan tingkat emisi referensi dengan konsep transisi atau batas tutupan hutan minimum yang harus dipertahankan oleh suatu Negara, maka bila menggunakan referensi 20% dan 10% total potensi potensi penurunan emisi dari deforestasi mencapai 25 Gt CO₂ dan 35 Gt CO₂.

Untuk menunjang keberhasilan REDD, tampaknya diperlukan persyaratan-persyaratan untuk menjamin tercapainya tujuan-tujuan REDD, yaitu adanya jaminan kelangsungan/kelestarian SDH, perlu upaya-upaya untuk pencegahan terjadinya *leakages* baik *leakages domestic/local* maupun *leakage* ke Negara lain, perlu peran kuat pemerintah dalam pelaksanaan Rap-Pan Karbon dan REDD, dan perlu organisasi untuk menjalankan kesepakatan, penjamin hak-hak dan penyelesaian sengketa para pihak yang terlibat.

Pemerintah Indonesia perlu menyusun strategi dan memanfaatkan dana-dana hibah yang disediakan oleh negara maju baik bilateral maupun multilateral dalam membangun kapasitas dan melaksanakan kegiatan *demonstration activities* secara terintegrasi, sehingga pada tahun 2012, Indonesia sudah siap baik dari sisi infrastrukturnya maupun kesiapan pihak-pihak yang berpotensi melakukan upaya penurunan emisi dari deforestasi dan degradasi hutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu terlaksananya studi ini, terutama kepada IPB yang melalui Hibah Penelitian Strategis Unggulan telah sepenuhnya mendukung pendanaan kegiatan ini.

DAFTAR PUSTAKA

Bappenas, 2009. Blueprint for Indonesia Climate Change Trust Fund (ICCTF). National Agency for Planning and Development (Bappenas), Republic of Indonesia.

- Boer, R. 2008. Berapa Besar Potensi Perdagangan Karbon Indonesia Lewat Redd?. Pusat Pengelolaan Resiko dan Peluang Iklim Kawasan Asia Tenggara dan Pasifik. IPB, Bogor
- Dirjen RLPS. 2004. Arahan Dirjen RLPS tentang Gerakan Nasional Rehabilitasi Hutan dan Lahan (GERHAN). Bahan Pesentasi pada Rpat Knsolidasi Pmbangunan Htan di Cipanas, Bogor, Tanggal 26 Mei 2004.
- MoFor 2008, IFCA. 2007. Cosolidtion Report: Reducing Emissions from Deforestation adn Forest Degradation in Indonesia. Published by FORDA Indonesia.

KANDUNGAN KARBON PADA BERBAGAI MACAM TIPE VEGETASI DI LAHAN GAMBUT EKS-PLG SEJUTA HA SETELAH 10 TAHUN TERBAKAR

(Carbon Content at Several Vegetation Type in Ex-PLG Million ha After 10 Years Burnt)

Basuki Wasis, Dadan Mulyana
Dep. Silvikultur, Fakultas Kehutanan IPB

ABSTRAK

Sesudah 10 tahun terbakar tidak banyak diketahui bagaimana kehidupan flora dan fauna di eks-PLG sejuta ha, banyak penelitian lebih menonjolkan kepada kandungan karbon dari lahan gambut yang terbakar. Penelitian ini adalah menggunakan cara destructive sampling untuk menghitung biomasnya serta carbon yang akan dihitung adalah fixed carbonnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sesudah 10 tahun terbakar sudah terbentuk suksesi hutan sekunder. Pada area penelitian telah terbentuk hutan sekunder dengan struktur dan komposisi tegakan of 17 spesies (pohon), 24 spesies (tiang), 33 spesies (pancang), 31 spesies (semai) and 16 spesies (tumbuhan bawah). Vegetasi dominan pada areal gambut setelah 10 tahun terbakar ditunjukkan oleh Indeks Nilai Penting ((INP) untuk tingkat pohon yang dominan adalah *Combretocarpus rotundatus* (Miq.) Danser (25,65%), *Sacrotheca rubrinervis* Hall.F. (25,65%) dan *Palaquium rostratum* (Miq.) Burck (25.65%); untuk tingkat tiang adalah *Combretocarpus rotundatus* (Miq.) Danser (18.33%), untuk tingkat pancang adalah *Sacrotheca rubrinervis* Hall.F. (14.48%) dan untuk tingkat semai adalah *Garcinia nigrolineata* (15.70%) dan untuk tumbuhan bawah adalah Bari-bari (27.17%). Kandungan biomas pada areal tersebut sebesar 466.2 ton/ha, dan kandungan karbonnya (*carbon absorption*) adalah 262.2 ton/ha.

Kata kunci : Fixed carbon, biomas, lahan gambut, struktur dan komposisi hutan gambut , lahan bekas terbakar.

ABSTRACT

After 10 years burnt is not knowing how many plants and animals life in the ex-PLG million ha., It is made a negative impact because carbon can't absorb in this areas that occur in the context of carbon sequestration to reduce greenhouse gas emissions that have been released previously. This research was used destructive sampling to calculate the biomass and fixed carbon and that will know the peat forest structure and composition . The results showed that peat land after burnt 10 years ago has occurred secondary forest succession. In that area has growth a secondary forest species by structure and composition of 17 species (tree), 24 species (pole), 33 species (saplings), 31 species (seedlings) and 16 species (understorage). The dominant vegetation in secondary forests that developed after > 10 years burnt was showed in important value index (IVI) for tree that is *Combretocarpus rotundatus* (Miq.) Danser (25,65%), *Sacrotheca rubrinervis* Hall.F. (25,65%) and *Palaquium rostratum* (Miq.) Burck (25.65%); for pole that is *Combretocarpus rotundatus* (Miq.) Danser (18.33%), for saplings that is *Sacrotheca rubrinervis* Hall.F. (14.48%) and for seedling that is *Garcinia nigrolineata* (15.70%) and for the understorage that is Bari-bari (27.17%). The biomass content in that areas that is 466.2 ton/ha. Carbon content (*carbon absorption*) that is 262.2 ton/ha.

Keywords : Fixed carbon, biomass, peatland, peat forests structure and composition, ex-burnt area.

PENDAHULUAN

Peningkatan penyerapan cadangan karbon dapat dilakukan dengan (a) meningkatkan pertumbuhan biomassa hutan secara alami, (b) menambah cadangan kayu pada hutan yang ada dengan penanaman pohon atau mengurangi pemanenan kayu, (c) mengembangkan hutan dengan jenis pohon yang cepat tumbuh. Karbon yang diserap oleh tanaman disimpan dalam bentuk biomassa kayu, sehingga cara yang paling mudah untuk meningkatkan cadangan karbon adalah dengan menanam dan memelihara pohon (Rahayu et al., 2004).

Secara global lahan gambut menyimpan sekitar 329-525 Gt carbón atau 15-35% dari karbon terestris. Sekitar 86% (455 Gt) dari karbon di lahan gambut tersebut tersimpan di daerah temperate (Kanada dan Rusia) sedangkan sisanya sekitar 14% (70Gt) terdapat di daerah tropis. Jika diasumsikan bahwa kedalaman rata-rata gambut di Indonesia adalah 5 m, bobot isi 114 kg/m³, kandungan karbon 50% dan luasnya 16 juta ha, maka cadangan karbon di lahan gambut Indonesia adalah sebesar 46 Gt (Murdiyarso et al, 2004). Cadangan karbon yang besar ini pulalah yang menyebabkan tingginya jumlah karbon yang dilepaskan ke atmosfer ketika lahan gambut di Indonesia terbakar pada tahun 1997 yang berkisar antara 0,81-2,57 Gt (Page, 2002).

Tujuan dilaksanakannya kegiatan penelitian kandungan karbon pada berbagai macam tipe Vegetasi di lahan gambut eks-PLG Sejuta ha setelah 10 tahun terbakar adalah untuk : a) Mengidentifikasi jenis vegetasi yang tumbuh setelah 10 tahun terbakar, b) Mengetahui struktur dan komposisi vegetasi pada lahan gambut bekas terbakar, c) Menghitung potensi biomassa dari masing-masing tipe vegetasi khususnya jenis pohon, d) Menghitung potensi dan daya serap karbon dari masing-masing tipe vegetasi khususnya pohon, dan e) Mengetahui peranan blocking kanal dalam upaya pemulihan lahan gambut bekas terbakar melalui identifikasi jenis dan potensi serapan karbon.

METODE PENELITIAN

Tempat Penelitian

Kegiatan akan dilaksanakan di lahan eks-PLG Sejuta ha khususnya di berbagai tipe vegetasi dari beberapa tahapan pertumbuhan seperti pohon, tiang, pancang, tumbuhan bawah yang terbakar sejak 10 tahun lalu dan belum banyak campur tangan manusia, termasuk kanal yang telah dbendung sebagai upaya untuk menekan laju perusakan yang sampai saat ini belum diketahui dengan pasti keefektifannya secara ilmiah.

Analisis Vegetasi, Potensi dan Daya Serap Karbon Pada Lahan Bekas Terbakar

Untuk mengetahui perubahan komposisi dan struktur vegetasi pada lahan gambut bekas terbakar dan tidak terbakar maka dibuat 5 petak contoh yang berukuran 20 m x 20 m (0,04 ha). Pada setiap petak contoh dibagi ke dalam sub petak dengan ukuran 10 m x 10 m (100 m²), 5 m x 5 m (25 m²) dan 2 m x 2 m (4 m²). Adapun parameter yang ditentukan yaitu : 1) Indeks Nilai Penting (INP), 2) Kekayaan jenis (*Species Richness*), 3) Keanekaragaman jenis (H'), 4) Kemerataan (*evenness*), dan 5) Indeks kesamaan antar dua komunitas (*Index of similarity*).

Untuk mengetahui Potensi dan daya serap karbon, maka dilakukan : 1) Pengukuran *Baseline Carbon Budget*, 2) Menghitung biomassa, 3) Menghitung Berat Kering Total dan biomassa semak, 4) Menghitung kadar karbon dan 5) Model Penduga Biomassa.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembakaran lahan dan hutan akan menyebabkan hilangnya hara melalui pembakaran biomassa (batang pohon, cabang, ranting dan daun), hilangnya tanah karena terbakar dan hilang karena erosi dan tercuci. Pembakaran lahan dan hutan juga menyebabkan hilangnya bahan organik tanah dan lapisan *top soil* tanah gambut melalui kegiatan pembakaran sehingga biota tanah dan mikroorganisme juga akan hilang. Upaya yang perlu dilakukan yaitu mengembalikan lapisan *top soil*, pemberian bahan organik dan inokulasi mikroba dan biota tanah.

Berdasarkan hasil analisis vegetasi hutan sekunder diketahui bahwa jenis dominan antara lain untuk tingkat pohon adalah Asam-asam, Nyatoh dan Tumih dengan INP 25,65 %; Geronggang, Jelutung, Mahalilis, Pelalawan dan Rahanjang dengan INP 17,32 %.

Kekayaan jenis pohon pada hutan alam primer diukur dengan indeks kekayaan (Margalef) menunjukkan angka sebesar 2,51 masuk kategori rendah; Keanekaragaman jenis pohon hutan sekunder yang ditentukan dengan rumus Shannon-Wiener didapatkan sebesar 4,11 masuk kategori tinggi dan kemerataan (*evennes*) pohon hutan sekunder didapatkan nilai kemerataan sebesar 0,89 masuk kategori tinggi.

Berdasarkan hasil analisis vegetasi hutan sekunder diketahui bahwa jenis dominan antara lain untuk tingkat tiang adalah Tumih dengan INP 18,33 %; Mahalilis dan Geronggang dan Meranti dengan INP 15,83. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel

Kekayaan jenis tingkat tiang pada hutan sekunder diukur dengan indeks kekayaan (Margalef) menunjukkan angka sebesar 2,62 masuk kategori rendah; Keanekaragaman jenis pohon hutan sekunder yang ditentukan dengan rumus Shannon-Wiener didapatkan sebesar 4,74 masuk kategori tinggi dan kemerataan (*evennes*) pohon hutan sekunder didapatkan nilai kemerataan sebesar 0,91 masuk kategori tinggi.

Berdasarkan hasil analisis vegetasi hutan sekunder diketahui bahwa jenis dominan antara lain untuk tingkat pancang adalah Asam-asam dengan INP 14,48 %; Tumih dengan INP 12,22 % dan Medang dengan INP 10,89 %.

Kekayaan jenis tingkat tiang pada hutan sekunder diukur dengan indeks kekayaan (Margalef) menunjukkan angka sebesar 1,74 masuk kategori rendah; Keanekaragaman jenis pohon hutan alam yang ditentukan dengan rumus Shannon-Wiener didapatkan sebesar 6,14 masuk kategori tinggi dan kemerataan (*evennes*) pohon hutan sekunder didapatkan nilai kemerataan sebesar 0,50 masuk kategori sedang.

Berdasarkan hasil analisis vegetasi hutan sekunder diketahui bahwa jenis dominan antara lain untuk tingkat semai adalah Jambu-jambu dengan INP 15,70 %; Tabelien Munyin dan Rengas dengan INP 12,27.

Kekayaan jenis tingkat semai pada hutan alam sekunder dengan indeks kekayaan (Margalef) menunjukkan angka sebesar 1,67 masuk kategori rendah; Keanekaragaman jenis tingkat semai pada hutan sekunder yang ditentukan dengan rumus Shannon-Wiener didapatkan sebesar 6,46 masuk kategori tinggi dan pemerataan (*evenness*) tingkat semai hutan sekunder didapatkan nilai pemerataan sebesar 0,49 masuk kategori sedang.

Berdasarkan hasil analisis vegetasi hutan sekunder diketahui bahwa jenis dominan antara lain untuk tumbuhan bawah adalah bari-bari dengan INP 27,17 %; Kantong Semar dan Rahising dengan INP 19,70 %.

Kekayaan jenis tumbuhan bawah pada hutan sekunder diukur dengan indeks kekayaan (Margalef) menunjukkan angka sebesar 1,05 masuk kategori rendah; Keanekaragaman jenis tingkat semai pada hutan alam yang ditentukan dengan rumus Shannon-Wiener didapatkan sebesar 3,09 masuk kategori sedang dan pemerataan (*evenness*) tingkat semai hutan sekunder didapatkan nilai pemerataan sebesar 0,38 masuk kategori sedang .

Hasil penelitian menunjukkan bahwa lahan dan hutan alam yang terbakar >10 tahun telah terjadi proses suksesi yang sangat baik, sehingga terbentuknya hutan sekunder. Hutan sekunder telah memiliki struktur dan komposisi jenis vegetasi yang baik hal tersebut ditunjukkan dengan ada kecenderungan semakin meningkatnya nilai indeks kesamaan (IS) dimana dari nilai terendah ke tinggi yaitu tingkat pohon (34,69 %) > tingkat tiang (45,71%) > tingkat semai (50,00 %) > tingkat pancang (68,42 %).

Hal ini berarti bahwa lahan gambut jika terbakar maka lahan gambut akan melakukan pemulihan kembali melalui proses suksesi sehingga terbentuk hutan sekunder yang pada akhirnya akan terbentuk hutan alam seperti kondisi awal sebelum terbakar. Kondisi tersebut dapat berlangsung jika lahan gambut yang terbakar tersebut tidak terjadi gangguan dari luar, selama proses suksesi. Disamping itu tersedianya sumber benih dari pohon sekitarnya dan kepastian kawasan hutan merupakan penting untuk terciptanya hutan sekunder yang baik.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa biomassa pada hutan sekunder sebesar 466,2 ton/ha dengan laju pertumbuhan biomassa sebesar 33,3

ton/ha/tahun. Berdasarkan hasil pengamatan biomassa maka dilakukan pembagian distribusi biomassa bagian vegetasi hutan sekunder.

Proporsi biomassa vegetasi pada hutan sekunder dari bagian tumbuhan yang paling tinggi sampai yang terendah yaitu batang sebesar 363,1 ton/ha (77,9 %), cabang sebesar 27,2 ton/ha (5,9 %), ranting sebesar 23,0 ton/ha (4,9 %), daun sebesar 22,1 ton/ha (4,75 %), kayu busuk sebesar 14,2 ton/ha (3,0 %), serasah segar sebesar 11,2 ton/ha (2,4 %) dan serasah busuk sebesar 5,4 ton/ha (1,2 %). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa biomassa terbesar berada pada bagian batang pohon. Sehingga biomassa terbesar tipe vegetasi hutan sekunder tersimpan pada batang pohon. Kegiatan pemanenan log kayu pada hutan sekunder akan menyebabkan hilangnya biomassa hutan yang pada akhirnya akan terjadi pemiskinan ekosistem serta hilangnya kemampuan vegetasi dalam menyerap karbon. Distribusi karbon

Kandungan karbon pada hutan sekunder bekas lahan gambut terbakar > yaitu 264,4 ton/ha dan laju serapan karbon sebesar 18,9 ton/ha/tahun. Berdasarkan hasil pengamatan karbon maka dilakukan pembagian distribusi karbon bagian vegetasi hutan sekunder.

Proporsi karbon vegetasi pada hutan sekunder dari bagian tumbuhan yang paling tinggi sampai yang terendah yaitu batang sebesar 212,8 ton/ha (80,5 %), cabang sebesar 15,9 ton/ha (6,0 %), ranting sebesar 13,5 ton/ha (5,1 %), daun sebesar 8,0 ton/ha (3,0 %), kayu busuk sebesar 8,3 ton/ha (3,1 %), serasah segar sebesar 4,0 ton/ha (1,5 %) dan serasah busuk sebesar 1,9 ton/ha (0,8 %). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa karbon terbesar berada pada bagian batang pohon. Sehingga karbon tipe vegetasi hutan sekunder tersimpan pada batang pohon. Kegiatan pemanenan log kayu pada hutan sekunder akan menyebabkan hilangnya karbon hutan dan kemampuan menyerap karbon dari udara.

KESIMPULAN

1. Pada lahan gambut yang terbakar > 10 tahun telah tumbuh hutan sekunder dengan komposisi jenis yaitu 17 jenis (tingkat pohon), 24 jenis (tingkat tiang), 33 jenis (tingkat pancang), 31 jenis (tingkat semai) dan 16 jenis (tumbuhan bawah)

2. Komposisi jenis vegetasi yang dominan hutan sekunder yang terbentuk setelah > 10 tahun terbakar adalah tingkat pohon yaitu Tumih, Asam-asam dan Nyatoh (INP 25,65 %); tingkat tiang yaitu Tumih (INP 18,33 %), tingkat pancang yaitu Asam-asam (INP 14,48 %) dan tingkat semai yaitu Jambu-jambu (INP 15,70 %) serta tumbuhan bawah yaitu Bari-bari (INP 27,17 %).
3. Kandungan biomassa pada tipe vegetasi hutan sekunder yang terbentuk setelah gambut terbakar > 10 tahun sebesar 466,2 ton/ha
4. Kandungan karbon (daya serap karbon) biomassa pada tipe vegetasi hutan sekunder setelah gambut terbakar > 10 tahun sebesar 262,2 ton/ha.

SARAN

1. Guna menjawab permasalahan lahan gambut Eks-PLG Sejuta Ha maka perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk tipe vegetasi lainnya yaitu pada lahan gambut yang digenangi atau bendung kanal serta hutan alam yang terbakar dan dikonversi menjadi perkebunan dan pertanian
2. Perlu dilakukan analisa tipe penutupan lahan lahan gambut Eks-PLG Sejuta Ha dengan menggunakan citra landsat.

DAFTAR PUSTAKA

- Barrow, C.J. 1991. Land degradation: Development and breakdown of terrestrial environments. Cambridge University Press. Cambridge.
- Debano, L.F, D.G. Neary dan P.F. Ffolliott. 1998. Fire's Effect on Ecosystems. John Wiley and Sons, Inc. New York. 319 pp.
- Hooijer, A. 2008. Science Base: monitoring and quantifying peatland rehabilitation intervention impacts. Indonesian Symposium on Policy and practices in peat and lowland management.
- Ludwig, A.J dan Reynolds, J.F. 1988. Statistical ecology a primer on methods and computing. John Wiley and Sons, Inc. New York. 337 hal.
- MacDicken, K.G. 1997. A guide to monitoring carbon storage in forestry and agroforestry projects. Winrick International Institute for Agricultural Development.

Odum, E.P. 1971. *Fundamentals of Ecology*. W.B. Saunders Co.Philadelphia.574 hal.

Page, S., Siegert, F., Rieley, J.O., Boehmn, H.D.V., Jaya, A dan Limin, S. 2002. The amount of carbon released from peat and forest fire in Indonesia during 1997. *Nature*. Vol.42: 61-65

PEACE. 2007. *Indonesia dan Perubahan Iklim: Status Terkini dan Kebijakannya*.

Rahayu, S., Betha Lusiana, dan Noordwijk, Mv. 2004. Pendugaan cadangan carbón diatas permukaan tanah pada berbagai sistim penggunaan lahan di Kabupaten Nunukan, Kalimantan Timar.

Soerianegara, I dan A. Indrawan. 2005. *Ekologi Hutan Indonesia*. Departemen Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan IPB.Bogor. 103 hal.

**PENINGKATAN SERAPAN NITROGEN DAN FOSFOR TEBU
TRANSGENIK IPB-1 YANG MENGEKSPRESIKAN GEN FITASE DI
LAHAN PG JATIROTO, JAWA TIMUR**

(Uptake of Nitrogen and Phosphorus by Transgenic
Sugarcane IPB-1 Expressing Phytase Gene Grown in PG Jatiroto Research
Field, West Java)

**Dwi Andreas Santosa¹⁾, Miza, Rahayu Widyastuti¹⁾, Kukuh Murtilaksono¹⁾,
Agus Purwito²⁾, Nurmalasari³⁾**

¹⁾ Dep. Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian IPB

²⁾ Dep. Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian IPB

³⁾ PT Perkebunan Nusantara XI, Surabaya, Jawa Timur

ABSTRAK

Gen fitase telah berhasil disisipkan ke dalam tanaman tebu PS851 yang menghasilkan tebu transgenik IPB-1. Tebu transgenik tersebut berhasil dipindahkan ke lapang dan diuji efisiensinya dalam menyerap unsur hara terutama N dan P. Hampir semua dari 20 klon tebu transgenik IPB-1 terseleksi yang berumur 3 bulan memiliki kandungan N dan P yang lebih tinggi dibanding isogeniknya (PS851) terutama untuk tanaman yang dipupuk dengan dosis 25% rekomendasi. Kandungan N klon-klon tebu transgenik juga lebih tinggi pada lahan yang diberi pemupukan P 50% dosis rekomendasi. Dari hasil percobaan lapang ini, tanaman tebu transgenik IPB-1 memiliki potensi untuk menurunkan penggunaan pupuk terutama P.

Kata kunci : Tebu transgenik IPB-1, serapan N dan P.

ABSTRACT

The fitase gene was successfully transferred into the sugarcane variety PS851 and produced transgenic sugarcane IPB-1. The plants were grown in the field and tested on the efficiency of N and P uptake. Most of all of 20 selected clones at 3 months old have N and P content higher than its isogenic counterpart (PS851) especially in the field fertilized with 25% of recommended P fertilizer dose. The N content was also higher in the transgenic plants than the isogenic in the field with 50% recommended P fertilizer dose. This result show that the transgenic sugarcane IPB-1 can reduce the fertilizer uses especially the P fertilizer.

Keywords: Transgenic sugarcane IPB-1, N and P uptake.

PENDAHULUAN

Pupuk fosfor (P) merupakan salah satu pupuk terpenting di dalam perkebunan tebu karena berpengaruh langsung terhadap rendemen (kandungan gula), serta proses kristalisasi gula di refinari. Penurunan dosis pemupukan P secara nyata menurunkan produksi gula. Dalam struktur biaya di perkebunan tebu,

pupuk menyusun komponen biaya terbesar yaitu berkisar 50 – 65% total biaya produksi, dan dari biaya tersebut sekitar 1/3 nya digunakan untuk pembelian pupuk P. Untuk suatu perkebunan tebu skala menengah dengan luas areal 200.000 hektar, biaya untuk pembelian pupuk P mencapai 360 milyar rupiah per musim.

Kendala pemupukan P lainnya adalah efisiensi pemupukan yang rendah karena dijerap oleh partikel liat dan organik, terlindi dan pengubahan menjadi P organik. Di dalam tanah senyawa P organik itu pada umumnya berkisar antara 20 - 50% dan 70% untuk tanah Andosol yang seluruhnya tidak dapat dimanfaatkan oleh tanaman. Di dalam jaringan tanaman sendiri, P juga mudah mengalami perubahan bentuk menjadi P organik. Sebagian P tersebut akan tersimpan dalam bentuk P organik (senyawa fitat). P dalam bentuk seperti itu tidak lagi tersedia untuk proses metabolisme tanaman. Ekspresi gen fitase pada tanaman tebu diharapkan berdampak positif bagi sistem metabolisme tanaman serta meningkatkan serapan P asal tanah. Dalam penelitian yang telah dikerjakan sejak tahun 2002, gen fitase asal bakteri telah berhasil ditransfer ke berbagai varietas tebu asal Indonesia (Santosa *et al.*, 2004).

Ketersediaan P di tanaman secara langsung akan mempengaruhi ketersediaan unsur-unsur hara lainnya terutama nitrogen (N). N merupakan unsur yang penting bagi budidaya tanaman tebu. Jika tanaman kekurangan N, maka tanaman akan tumbuh kerdil dan sistem perkarannya terbatas. Selain itu, pada hampir seluruh tanaman N merupakan unsur yang mengatur penyerapan dan penggunaan kalium (K), P, dan penyusun lainnya (Soepardi, 1983). N akan mempengaruhi pertumbuhan dan rendemen yang dihasilkan tebu.

Dengan penyisipan gen fitase ke tanaman tebu, diharapkan ketersediaan N akan meningkat, sehingga dapat mendukung pertumbuhan tanaman tebu. Hal ini dikarenakan, tanaman yang kekurangan P menjadi tidak mampu menyerap unsur lain yang salah satunya adalah N (Soepardi, 1983). Menurut Mengel dan Kirkby (1982) serta berdasarkan penelitian Gartner (1969) reaksi N tergantung seberapa baik tanaman disuplai oleh hara yang lain. Tanpa pemupukan P dan K reaksi N terhadap hasil panen lebih kecil jika dibandingkan dengan pemupukan P dan K dalam jumlah yang tepat.

Peningkatan serapan unsur hara terutama N dan P oleh tebu transgenik diharapkan akan meningkatkan hasil dan/atau meningkatkan efisiensi pemupukan. Tebu transgenik yang mengekspresikan gen fitase ditargetkan mampu menurunkan penggunaan pupuk P sebesar 50% tanpa berpengaruh terhadap kandungan P di jaringan, hasil dan rendemen tebu. Penurunan penggunaan pupuk P diharapkan menghemat biaya produksi cukup tinggi.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu

Penelitian dilakukan di kebun percobaan PG Jatiroto, Jawa Timur, Laboratorium Bioteknologi Tanah, Departemen Ilmu Tanah dan Sumber Daya Lahan, dan Laboratorium Bioteknologi Lingkungan, *Indonesian Center for Biodiversity and Biotechnology* (ICBB), Bogor, pada bulan September 2008 – November 2009.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan antara lain adalah: 20 klon tebu transgenik terpilih, primer untuk deteksi gen fitase EC1 dan EC3, bahan-bahan untuk analisis molekuler, pupuk dan bahan lainnya untuk pemeliharaan tanaman serta bahan untuk analisis N dan P di jaringan tanaman.

Alat-alat yang digunakan antara lain adalah: lahan percobaan, alat-alat gelas, *laminar air flow cabinet*, *autoclave*, pisau, pinset, lampu bunsen/spritus, rak kultur, botol media, lemari es, aluminium foil, plastik *cling wrap*, inkubator, spektrofotometer, alat sentrifugasi, tabung *eppendorf*, pipet mikro, tip, mikro filter, *water bath*, mortar, perangkat elektroforesis, sarung tangan, mesin PCR, film polaroid, UV-transluminator, polibag, dan alat-alat pertanian.

Percobaan lapang

Percobaan lapang dibuat dalam petak-petak percobaan untuk penanaman 71 bibit stek batang klon tebu transgenik terpilih dan tebu isogenik untuk setiap perlakuan. Percobaan disusun dalam Rancangan acak Lengkap dengan 3 ulangan dan 2 perlakuan taraf pemupukan. Tebu ditanam di lahan penelitian tebu Perusahaan Gula (PG) Jatiroto, PT Perkebunan Nusantara XI, Jawa Timur.

Pemupukan P dilakukan sebanyak 25% dan 50% dari dosis yang dianjurkan. Pemupukan P di bawah dosis anjuran dilakukan karena dari hasil analisis tanah kandungan P sebesar 92 ppm yang berdasarkan kriteria tergolong sangat tinggi. Lubang tanam dibuat dengan kedalaman 35 cm dan jarak antar lubang tanam 30 cm, dan antar baris 100 cm. Pemupukan diberikan pada saat tanam. Pupuk lainnya diberikan sesuai dengan dosis anjuran.

Seleksi keragaan tanaman dilakukan terhadap 71 klon tersebut untuk mendapatkan 20 klon terbaik yang kemudian dianalisis kandungan N dan P jaringan. Parameter keragaan tanaman yang digunakan untuk seleksi yaitu: jumlah batang 1 dan 3 bulan, panjang dan lebar daun atas, serta panjang dan lebar daun bawah tebu.

Analisis Jaringan Tanaman

Dari 20 klon terseleksi yang ada di lapangan sebagian jaringan tanaman dipanen pada umur 3 dan 6 bulan. Parameter yang diukur adalah kandungan N dan P tanaman. Kandungan N diukur dengan metode Kjeldahl dan P diukur dengan metode P Bray.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Serapan Nitrogen Tebu Transgenik PS IPB 1

Dari hasil analisis yang telah dilakukan (Tabel 1), ternyata pada lahan 1 (25% P) hampir keseluruhan klon tebu transgenik pada umur 3 bulan memiliki kandungan N yang lebih tinggi dari isogenik PS 851. Sedangkan pada umur 6 bulan, masih terdapat 7 klon yang mengandung N di bawah isogenik PS 851. Pada lahan 2 (50% P) juga hampir keseluruhan klon tebu transgenik memiliki kandungan N di atas isogenik PS 851, bahkan pada umur 6 bulan, keseluruhan klon tebu transgenik, memiliki kandungan N lebih tinggi dari isogenik PS 851.

Tabel 1. Tabel Hasil Analisis Kandungan Nitrogen Tebu Transgenik PS IPB1 dan Isogeniknya (%).

Klon	Lahan 1		Lahan 2	
	3 Bulan	6 Bulan	3 Bulan	6 Bulan
1	1,680	0,875	1,295	1,155
2	1,575	0,840	1,435	1,085
3	1,470	0,875	1,435	1,120
5	1,820	0,910	1,575	1,190
7	1,505	1,050	1,260	1,120
12	1,770	1,015	1,490	1,400
20	1,680	0,910	1,505	1,225
29	2,170	0,805	1,155	1,155
34	1,520	1,050	1,810	1,120
36	1,645	0,805	1,365	1,260
39	1,740	0,980	1,630	1,295
41	1,470	0,770	1,645	1,120
46	1,840	0,945	1,420	1,295
52	1,740	0,805	1,560	1,260
53	1,575	0,945	1,785	1,470
55	1,225	0,910	1,575	1,330
56	1,750	0,805	1,190	1,225
59	1,400	0,735	1,400	1,225
70	2,120	0,945	1,490	1,365
71	1,700	0,945	1,980	1,610
Isogenik PS 851	1,435	0,875	1,225	0,945

Perbedaan besarnya kandungan nitrogen pada masing-masing klon tebu transgenik dan isogeniknya selain dikarenakan kemampuan penyerapan N pada setiap klon yang berbeda-beda juga dikarenakan berbagai faktor yang mempengaruhi serapan N pada tanaman. N diserap tanaman dalam bentuk NO_3^- atau NH_4^+ dari dalam larutan tanah dan dalam bentuk NH_3 dari atmosfer.

Serapan N dari larutan tanah dipengaruhi oleh suhu dan pH. Pada suhu rendah, NH_4^+ akan lebih cepat diserap dibandingkan dengan NO_3^- . Sedangkan pada suhu yang tinggi terjadi kondisi yang sebaliknya. Ammonium diserap dengan baik pada pH yang netral dan serapan menurun seiring dengan penurunan pH. Sedangkan serapan NO_3^- lebih cepat diserap pada nilai pH yang rendah (Rao and Rains, 1976). Gas amonia (NH_3) dijerap oleh trubus melalui stomata. Serapan ini tergantung dari tekanan parsial NH_3 di atmosfer. Serapan NH_3 tidak terjadi pada tekanan parsial atmosfer yang lebih kecil dari 2.5 nbar pada suhu 26°C .

Peningkatan tekanan membuat serapan NH_3 meningkat dan penurunan tekanan parsial menyebabkan kehilangan NH_3 dari tanaman (Mengel dan Kirkby, 1982).

Jika diurutkan, pada lahan 1 umur 3 bulan kandungan N yang tertinggi hingga terendah adalah Klon PS IPB1-29, 70, 46, 5, 12, 56, 39, 52, 71, 1, 20, 36, 2, 53, 34, 7, 3, 41, isogenik PS 851, 59, 55. Pada lahan 1 umur 6 bulan kandungan N yang tertinggi hingga terendah adalah Klon PS IPB1-7, 34, 12, 39, 46, 53, 70, 71, 5, 20, 55, 1, 3, isogenik PS 851, 2, 29, 36, 52, 56, 41, 59. Pada lahan 2 umur 3 bulan kandungan N yang tertinggi hingga terendah adalah Klon PS IPB1-71, 34, 53, 41, 39, 5, 55, 52, 20, 12, 70, 2, 3, 46, 59, 36, 1, 7, isogenik PS 851, 56, 29. Pada lahan 2 umur 6 bulan kandungan N yang tertinggi hingga terendah adalah Klon PS IPB 1-71, 53, 12, 70, 55, 39, 46, 36, 52, 20, 56, 59, 5, 1, 29, 3, 7, 34, 41, 2, isogenik PS 851.

Berdasarkan umurnya, ternyata kandungan nitrogen tebu transgenik pada lahan 1 saat berumur 3 bulan, jelas terlihat lebih tinggi dibandingkan pada saat umur 6 bulan. Sedangkan pada lahan 2 walaupun tidak terlalu jauh perbedaannya, namun hampir keseluruhan klon tebu pada saat berumur 3 bulan, memiliki kandungan nitrogen yang lebih tinggi daripada klon berumur 6 bulan. Hal ini dikarenakan tebu menyerap unsur N terbanyak pada saat berumur 3 sampai 4 bulan (Sudiatso, 1980). Selain itu, unsur N sangat diperlukan pada fase pemanjangan batang yang terjadi pada saat tebu berumur 4-9 bulan (Satuan Kerja Pengembangan Tebu Jatim, 2005), sehingga kemungkinan unsur N yang terdapat pada tebu saat berumur 6 bulan sudah digunakan tanaman tebu untuk pertumbuhan dan pemanjangan batangnya, baik jumlah batang, tinggi batang, diameter batang, jumlah ruas, dan pengembangan tajuk daunnya.

Penurunan konsentrasi nitrogen berdasarkan waktu juga dinyatakan oleh Ziadi *et al.* (2008) dimana semakin matang tanaman maka konsentrasi N akan menurun. Selain itu, kehilangan NH_3 terjadi lebih besar pada saat tanaman berumur lebih lanjut, dibandingkan saat masih muda. Hal ini, mengakibatkan kandungan N pada saat tanaman berumur lebih muda, menjadi lebih tinggi dibandingkan dengan pada saat tanaman berumur lebih tua.

Jika dilihat dari perlakuannya, ternyata terjadi fenomena yang berbeda diantara kedua lahan pada stadia umur 3 bulan dan 6 bulan. Pada saat berumur 3

bulan ternyata kandungan N klon-klon tebu transgenik pada lahan 1 (25% P), dominan lebih tinggi dibandingkan dengan lahan 2 (50% P). Sedangkan pada saat berumur 6 bulan kandungan N klon-klon tebu transgenik pada lahan 1 (25% P) seluruhnya lebih rendah dibandingkan dengan lahan 2. Namun perbedaan kandungan hara pada lahan 1 dan lahan 2 pada umur 3 bulan, tidak berbeda secara signifikan. Sedangkan pada umur 6 bulan, perbedaan kandungan N pada kedua lahan terlihat jelas.

Menurut pendapat Dwisejoputro (1980), terdapat pengaruh timbal balik antara ketersediaan P dengan serapan N, dimana jika P yang tersedia di dalam tanah tidak cukup banyak, maka N yang ada akan berkurang. Berdasarkan analisis tanah yang telah dilakukan sebelumnya, kandungan P pada lahan sebelum ditanami menunjukkan kandungan P yang tinggi. Pada umur 3 bulan, ternyata pada lahan 1 yang diberikan pemupukan hara P yang lebih rendah sebagian besar klon-klon tebu transgenik mampu menyerap N lebih tinggi dibandingkan klon-klon tebu transgenik pada lahan 2 walaupun tidak terlalu jauh perbedaannya. Kondisi hara P yang tinggi pada lahan menyebabkan tanaman berada pada kondisi hara P yang cukup sehingga tidak mengganggu serapan hara nitrogen. Selain itu, dengan adanya gen fitase yang telah disisipkan pada tebu transgenik, memungkinkan tanaman dapat mengubah hara P yang terikat dalam bentuk P organik menjadi tersedia, sehingga ketersediaan P di dalam tanaman mencukupi walaupun dalam kondisi pemupukan P yang rendah. Hal ini, juga dinyatakan oleh Susiyanti *et al.* (2006), bahwa penyisipan gen fitase dapat meningkatkan ketersediaan P dalam jaringan tanaman maupun di sekitar perakaran, sehingga pemakaian pupuk P lebih efisien.

Ketika berumur 6 bulan, sebagian hara telah digunakan untuk metabolisme dan pertumbuhan tanaman tebu, sehingga kemungkinan hara yang ada semakin berkurang. Pada lahan 1 dengan 25% pemupukan P, kemungkinan terjadinya kekurangan hara lebih besar dibandingkan dengan lahan 2 yang menerima pemupukan P lebih tinggi. Hal ini mengakibatkan serapan nitrogen pada lahan 2 (50% P) lebih tinggi, dibandingkan dengan lahan 1 (25% P).

Serapan Fosfor Tebu Transgenik PS IPB 1

Dari hasil analisis yang telah dilakukan (Tabel 2), ternyata pada lahan 1 (25% P) umur 3 bulan, keseluruhan klon tebu transgenik memiliki kandungan P yang lebih tinggi dibandingkan isogenik PS 851, sedangkan pada umur 6 bulan terdapat 7 klon tebu transgenik yang memiliki kandungan P dibawah isogenik PS 851. Pada lahan 2 (50% P) juga masih terdapat cukup banyak klon transgenik yang memiliki kandungan P dibawah isogenik 851, dimana 9 klon pada umur 3 bulan dan 8 klon pada umur 6 bulan.

Tabel 2. Tabel Hasil Analisis Kandungan Fosfor Tebu Transgenik PS IPB1 dan Isogeniknya (ppm).

Klon	Lahan 1		Lahan 2	
	3 Bulan	6 Bulan	3 Bulan	6 Bulan
1	90	119	111	258
2	418	110	172	191
3	328	136	426	284
5	332	148	656	203
7	291	254	201	93
12	490	449	296	203
20	389	555	734	148
29	750	178	738	314
34	273	85	328	292
36	496	191	373	547
39	305	114	416	458
41	414	208	381	315
46	546	631	634	302
52	416	453	444	359
53	512	182	266	530
55	344	203	734	636
56	373	186	447	225
59	262	123	397	326
70	264	360	460	356
71	458	445	597	242
Isogenik PS 851	74	153	410	278

Perbedaan kandungan P yang terdapat pada masing-masing klon tebu transgenik dan isogeniknya dipengaruhi oleh berbagai faktor diantaranya ekspresi gen fitase dan faktor lingkungan khususnya tanah. Selain itu, juga dipengaruhi oleh perbedaan kemampuan klon-klon tersebut dalam menyerap hara. Disamping ketersediaan P yang rendah pada larutan tanah dibandingkan dengan P yang

terjerap, serapan P juga dipengaruhi oleh pH (Mengel dan Kirkby, 1982). P bergerak ke permukaan akar melalui proses difusi yang terjadi karena perbedaan konsentrasi antara permukaan akar dan larutan tanah. P akan bergerak ke permukaan akar jika konsentrasi permukaan akar lebih rendah dibandingkan dengan konsentrasi pada larutan tanah. Menurut Leiwakabessy (1988), difusi dipengaruhi oleh kandungan air tanah, perbedaan konsentrasi larutan antara permukaan akar dan larutan tanah dan juga dipengaruhi oleh luas permukaan absorpsi hara.

Serapan P sangat dipengaruhi oleh perbedaan pH antara permukaan akar dengan larutan tanah yang juga dipengaruhi oleh bentuk N yang ditambahkan. Jika penambahan N yang diberikan dalam bentuk NO_3^- , maka serapan anion akan lebih besar dibandingkan dengan serapan kation sehingga OH^- akan dilepaskan dari akar dan menyebabkan pH pada permukaan akar akan lebih basa dibandingkan dengan larutan tanah sehingga serapan P dapat terjadi. Sedangkan jika penambahan N yang diberikan dalam bentuk NH_4^+ , serapan kation akan lebih besar dibandingkan dengan anion sehingga H^+ akan dilepaskan dari akar sehingga pH permukaan akar akan lebih asam dibandingkan dengan larutan tanah (Mengel dan Kirkby, 1982). Banyaknya faktor-faktor yang mempengaruhi serapan P ini memungkinkan perbedaan kandungan fosfor yang terdapat pada jaringan tanaman sehingga kandungan fosfor pada klon-klon tebu transgenik dan isogeniknya berbeda.

Jika diurutkan, pada lahan 1 umur 3 bulan kandungan P yang tertinggi hingga terendah adalah Klon PS IPB1-29, 46, 53, 36, 12, 71, 2, 52, 41, 20, 56, 55, 5, 3, 39, 7, 34, 70, 59, 1, isogenik PS 851. Pada lahan 1 umur 6 bulan kandungan P yang tertinggi hingga terendah adalah Klon PS IPB1-46, 20, 52, 12, 71, 70, 7, 41, 55, 36, 56, 53, 29, isogenik PS 851, 5, 3, 59, 1, 39, 2, 34. Pada lahan 2 umur 3 bulan kandungan P yang tertinggi hingga terendah adalah Klon PS IPB1-29, 20, 55, 5, 46, 71, 70, 56, 52, 3, 39, isogenik PS 851, 59, 41, 36, 34, 12, 53, 7, 2, 1. Pada lahan 2 umur 6 bulan kandungan P yang tertinggi hingga terendah adalah Klon PS IPB1-55, 36, 53, 39, 52, 70, 59, 41, 29, 46, 34, 3, isogenik PS 851, 1, 71, 56, 5, 12, 2, 20, 7.

KESIMPULAN

Penyisipan gen fitase pada tanaman tebu berpengaruh positif terutama terhadap serapan N dan P tanaman pada 2 lahan yang diberi perlakuan pupuk P berbeda yaitu 25% dan 50% dosis rekomendasi. Dosis pemupukan P tersebut digunakan karena kandungan P di dalam tanah tergolong sangat tinggi (92 ppm). Hampir semua dari 20 klon tebu transgenik IPB-1 terseleksi yang berumur 3 bulan memiliki kandungan N dan P yang lebih tinggi dibanding isogeniknya (PS851) terutama untuk tanaman yang dipupuk dengan dosis 25% rekomendasi. Kandungan N klon-klon tebu transgenik juga lebih tinggi pada lahan yang diberi pemupukan P 50% dosis rekomendasi. Dari hasil percobaan lapang ini, tanaman tebu transgenik IPB-1 memiliki potensi untuk menurunkan penggunaan pupuk terutama P.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dapat terlaksana karena dukungan baik pendanaan maupun fasilitas dari PT Perkebunan Nusantara XI dan pendanaan dari Direktorat Pendidikan Tinggi, Depdiknas. Penulis mengucapkan terimakasih kepada Sarjito, Juleha dan Asih Karyati yang telah membantu dalam analisis N dan P jaringan tanaman serta staf *Indonesian Center for Biodiversity and Biotechnology* yang telah membantu dalam proses seleksi dan pengiriman klon tebu transgenik untuk percobaan lapang.

DAFTAR PUSTAKA

- Dwijoseputro D. 1980. Pengantar Fisiologi Tumbuhan. Jakarta:PT Gramedia
- Gardner FP, RB Pearce, RL Mitchell. 1991. *Fisiologi Tanaman Budidaya*. Herawati Susilo, penerjemah. Jakarta: UI Press. Terjemahan dari: *Physiology of Crop Plants*.
- Leiwakabessy FM. 1988. Kesuburan Tanah. Bogor : IPB.
- Mengel K, Kirkby EA. 1982. Principles of Plant Nutrition. Switzerland : International Potash Institut.

- Rao KP and Rains DW. 1976. Nitrate absorption by barley. *Plant Physiol.* 57:59-62.
- Santosa, D.A., Hendroko, R., Farouk, A., Greiner, R. (2004). A rapid and high efficient method for transformation of sugarcane callus. *Molecular Biotech.* 28:113-119.
- Satuan Kerja Pengembangan Tebu Jatim. 2005. Standar Karakterik Pertumbuhan Tebu. Jawa Timur. http://tebu.mine.nu/karakteristik_tebu/standar_karakterik_pertumbuhan.htm [10 Juni 2009].
- Soepardi G. 1983. Sifat dan Ciri Tanah. Bogor : IPB.
- Sudiatso S. 1980. Bertanam Tebu. Bogor : IPB.
- Susiyanti, Zul RH, Nena A, Wattimena GA, Surahman M, Purwito A, Anwar S, Santosa DA. 2006. Transformasi beberapa klon tebu melalui *Agrobacterium tumefaciens* GV 2260 dengan plasmid *PBIN1-ECS* dan *PMA* yang membawa gen fitase. Di dalam Sujiprihati S, Sudarsono, Sobir, Purwito A, Yudiwanti, Wirnas D (penyunting) Sinergi Bioteknologi dan Pemuliaan Dalam Perbaikan Tanaman. Prosiding Seminar Nasional Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman; Bogor, 1-2 Agustus 2006. Bogor : Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor. hlm 213-217.
- Ziadi N, Belanger G, Cambouris AN, Tremblay N, Nolin MC, Claessens A. 2008. Relationship between phosphorus and nitrogen concentrations in spring wheat. *Agron J.* 100:80-86.

**AMELIORASI IKLIM MELALUI ZONASI BENTUK DAN
TIPE HUTAN KOTA**
(Climate Amelioration by Urban Forest Zonation Form and Type)

Siti Badriyah Rushayati, Endes N. Filmarasa, Rachmad Hermawan
Dep. Konservasi Sumberdaya Hutan dan Ekowisata, Fakultas Kehutanan IPB

ABSTRAK

Kabupaten Bandung merupakan salah satu kota di Indonesia yang mempunyai beberapa permasalahan lingkungan. Permasalahan ini diantaranya adalah terus meningkatnya jumlah dan kepadatan penduduk, meningkatnya industri dan juga transportasi. Di sisi lain area hutan dan ruang terbuka hijau terus menurun. Kondisi ini menyebabkan polusi udara semakin meningkat dan kondisi iklim memburuk khususnya suhu udara semakin meningkat. Untuk mengatasi hal ini maka harus dilakukan perbaikan kondisi iklim dengan membangun hutan kota melalui zonasi hutan kota termasuk penentuan tipe dan bentuknya agar perbaikan kondisi iklim dapat efisien dan efektif.

Kata kunci : Hutan kota, ruang terbuka hijau, bentuk hutan kota, tipe hutan kota.

ABSTRAK

Regency Bandung is one of the cities that many environmental problems like other cities in Indonesia. These problems is to continue increasing the number and density of population, increased industrial and transportation. The opposite of the forest area and green open space in Bandung Regency continues to decline. This causes increased air pollution and air temperature. To overcome this problems have to repair of mcro climate in Regency Bandung by means of urban forest zoning with determining the type and form urban forest in order to improve the climate conditions (amelioration) efficiently and effectively.

Keywords : Urban forest, green open space, type of urban forest, form of urban forest.

PENDAHULUAN

Kabupaten Bandung merupakan kabupaten yang mempunyai potensi perkembangan jumlah penduduk dan industri yang tinggi karena merupakan kawasan penyangga dari Kota Bandung. Kondisi ini menyebabkan potensi emisi polutan udara juga tinggi. Ditambah posisi topografis yang terletak pada area cekungan maka angin tidak efektif melakukan pengenceran polutan sehingga konsentrasi polutan udara ambien tinggi. Untuk mengatasi hal tersebut maka perlu perencanaan pembangunan hutan kota yang efisien dan efektif untuk menurunkan konsentrasi polutan udara dengan mempertimbangkan semua faktor yang mempengaruhi konsentrasi polutan udara diantaranya jenis dan tingkat emisi

polutan udara serta kondisi vegetasi penyerap dan penjerap polutan udara yang sudah ada di Kabupaten Bandung.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menghasilkan luaran berupa zonasi hutan kota yang disesuaikan dengan kondisi setempat (topografi, cuaca dan iklim, tingkat pencemaran udara, letak sumber polutan, letak permukiman) sehingga peran hutan kota sebagai pengameliorasi iklim dapat berfungsi maksimal.

Penelitian ini sangat bermanfaat untuk memperbaiki kondisi iklim khususnya iklim mikro dan lokal Kabupaten Bandung melalui pembangunan zonasi tipe dan bentuk hutan kota sehingga akan sangat membantu meningkatkan daya dukung lingkungan bagi masyarakat yang tinggal di dalamnya. Pembangunan hutan kota yang baik akan meningkatkan kualitas lingkungan, meningkatkan kesehatan dan kesejahteraan masyarakat serta data mendukung pemerintah daerah dalam mewujudkan kota hijau (green city) yang sekarang sedang gencar dicanangkan beberapa kota di Indonesia.

METODE PENELITIAN

Lokasi

Penelitian ini dilakukan di Kabupaten Bandung dengan pertimbangan di kota tersebut merupakan daerah penyangga Kota Bandung serta mempunyai potensi polusi udara yang tinggi. Kabupaten Bandung terletak di Provinsi Jawa Barat, dengan ibu kota Soreang. Secara geografis, Kabupaten Bandung berada pada $6^{\circ} 41' - 7^{\circ} 19'$ Lintang Selatan dan diantara $107^{\circ} 22' - 108^{\circ} 5'$ Bujur Timur.

Bahan dan Peralatan

Bahan dan peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah termometer air raksa untuk mengukur suhu udara, termometer bola kering-bola basah untuk mengukur kelembaban udara, Haga untuk mengukur tinggi pohon, meteran untuk mengukur lingkar batang setinggi dada, anemometer untuk mengukur kecepatan angin, imvinger air sampler, alat untuk mengambil sampel udara, GPS untuk menentukan posisi titik penelitian, dan komputer beserta software arcview untuk analisis spasial citra landsat.

Analisis

Penelitian pada tahun pertama ini adalah untuk melakukan eksplorasi data dan informasi komponen lingkungan dengan tujuan untuk mendapatkan data dasar yang digunakan sebagai bahan analisis untuk penentuan zonasi tipe dan bentuk hutan kota yang dapat memberikan manfaat maksimal terhadap peningkatan kualitas lingkungan perkotaan khususnya fungsinya dalam memperbaiki kondisi iklim mikro dan lokal.

Analisis data dilakukan dengan analisis citra landsat menggunakan software arcview dan dengan software ERDAS IMAGINE 8.5 untuk menentukan perubahan tutupan lahan pada tahun yang berbeda dan untuk analisis penyusunan peta sebaran polutan (peta sebaran CO, HC, SO₂, NO₂, O₃ dan PM₁₀).

Semua peta dioverlaykan dan data sekunder (jumlah kendaraan, industri, jumlah penduduk, perubahan kualitas udara) serta RTRW dan kondisi hutan kota dan RTH yang sudah ada dijadikan dasar penentuan zonasi hutan kota yang akan disusun pada tahun kedua.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penutupan Lahan

Hasil analisis penutupan lahan dengan menggunakan citra landsat tahun 2003 dan tahun 2006, diketahui bahwa beberapa jenis penutupan lahan mengalami peningkatan diantaranya adalah lahan terbuka, permukiman, industri dan sawah. Sedangkan beberapa jenis penutupan lahan yang berkurang adalah hutan dan kebun campuran.

Pengurangan luas hutan disebabkan oleh berubahnya hutan menjadi kebun campuran dan lahan terbuka, sedangkan pengurangan kebun campuran disebabkan adanya perubahan menjadi industri, permukiman dan sawah. Luas permukiman dan industri meningkat dengan mengurangi lahan sawah dan kebun campuran.

Transportasi dan Industri

Sumber emisi polutan udara terbesar adalah dari transportasi dan industri. Beberapa titik jaringan jalan di Kabupaten Bandung yang termasuk padat adalah di Jalan Kopo, Dayeuhkolot-Bojongsoang, Baleendah – Ciparay, Bojongsoang –

Buahbatu, Pameungpeuk – Dayeuhkolot, Banjaran – Cimaung, Cibaduyut – Cangkung, dan Cangkung – Sayuran. Sedangkan jam padat kendaraan rata-rata terjadi pada pukul 06.00 – 08.00 WIB dan pukul 16.00 – 18.00 WIB.

Jumlah industri dari tahun 1998 sampai dengan tahun 2006 baik industri besar maupun sedang di Kabupaten Bandung terus meningkat. Jumlah industri besar pada tahun 1998 adalah sejumlah 331, sedangkan industri sedang sejumlah 350 (total 681 industri). Tahun 2006 meningkat menjadi 380 industri besar, 470 industri sedang, total 850 industri. Kondisi transportasi dan industri ini sangat mempengaruhi konsentrasi polutan udara ambien.

Jumlah dan Kepadatan Penduduk

Dalam studi ini tidak semua kecamatan dikaji jumlah penduduknya, tetapi hanya pada kecamatan-kecamatan yang kondisi pencemaran udaranya tinggi atau mendekati ambang batas. Berdasarkan data tahun 2006, jumlah penduduk yang paling banyak terdapat di Kecamatan Baleendah dengan jumlah 178.060 jiwa, sedangkan jumlah penduduk yang paling rendah terdapat di Kecamatan Cangkung dengan jumlah 56.638 jiwa.

Berdasarkan data jumlah penduduk dari tahun 2002 sampai tahun 2006, maka prosentase pertumbuhan penduduk kecamatan berkisar antara 0,4-8,0 %. Pertumbuhan penduduk terbesar terjadi pada Kecamatan Cileunyi (8,0 %), sedangkan pertumbuhan yang paling rendah terjadi pada Kecamatan Solokanjeruk (0,4 %). Prosentase pertumbuhan secara keseluruhan (18 kecamatan) mempunyai nilai 4,2 %.

Kualitas Udara

Konsentrasi CO

Dari data sekunder hasil pengukuran Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Bandung, serta hasil data primer pengukuran secara langsung di lapang, diketahui bahwa konsentrasi polutan udara ambien di dekat sumber emisi transportasi (jalan raya, terminal) dan industri tinggi meskipun belum melampaui standar baku mutu kualitas udara. Di beberapa tempat sudah mendekati baku mutu, misalnya Kecamatan Cileunyi dan Rancaekek untuk konsentrasi CO. Wilayah lain meskipun belum mendekati standar baku mutu kualitas udara, tetapi sangat

potensial menghasilkan CO adalah Kecamatan Dayeuhkolot, Margahayu, Margaasih, sebagian wilayah Soreang, sebagian Cangkuang, dan wilayah Kecamatan Pameungpeuk.

Konsentrasi Hidrokarbon (HC)

Konsentrasi hidrokarbon yang sudah mendekati baku mutu adalah Kecamatan Pacet, Majalaya dan Arjasari. Sedangkan wilayah potensial hidrokarbon tinggi adalah Kecamatan Dayeuhkolot, Margahayu, Margaasih, Baleendah, sebagian wilayah Soreang, sebagian Cangkuang, Majalaya, Cicalengka, Pameungpeuk, Ciparay, Solokanjeruk, Bojongsoang dan Cileunyi.

Konsentrasi PM₁₀

Konsentrasi PM₁₀ yang sudah mendekati standar baku mutu kualitas udara adalah terdapat di area Kecamatan Majalaya. Sedangkan wilayah lain yang potensial tinggi adalah sebagian Kecamatan Pacet, Ciparay, Arjasari, sebagian Kecamatan Soreang, Margaasih, Margahayu, Dayeuhkolot dan Kecamatan Cileunyi.

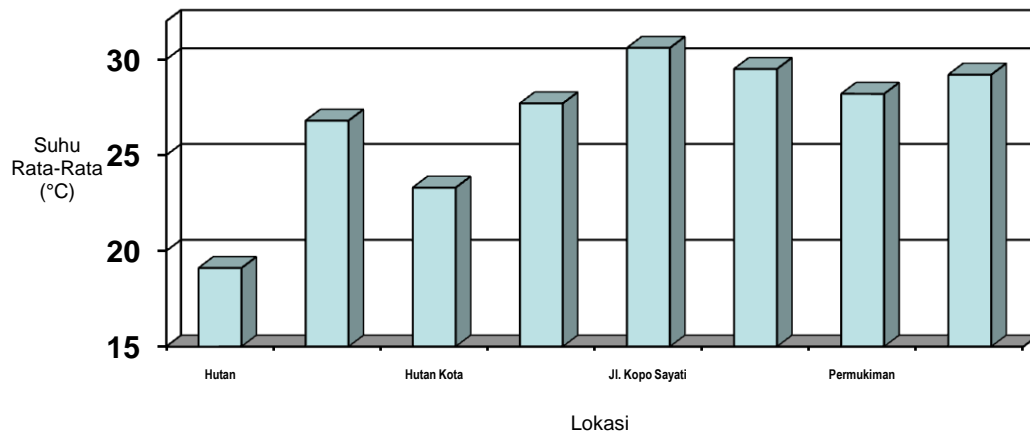
Konsentrasi Polutan SO₂, NO₂ dan O₃

Konsentrasi polutan udara ambien dari ketiga parameter kualitas udara tersebut di seluruh wilayah Kabupaten Bandung masih termasuk rendah bahkan di beberapa titik tidak dapat terdeteksi.

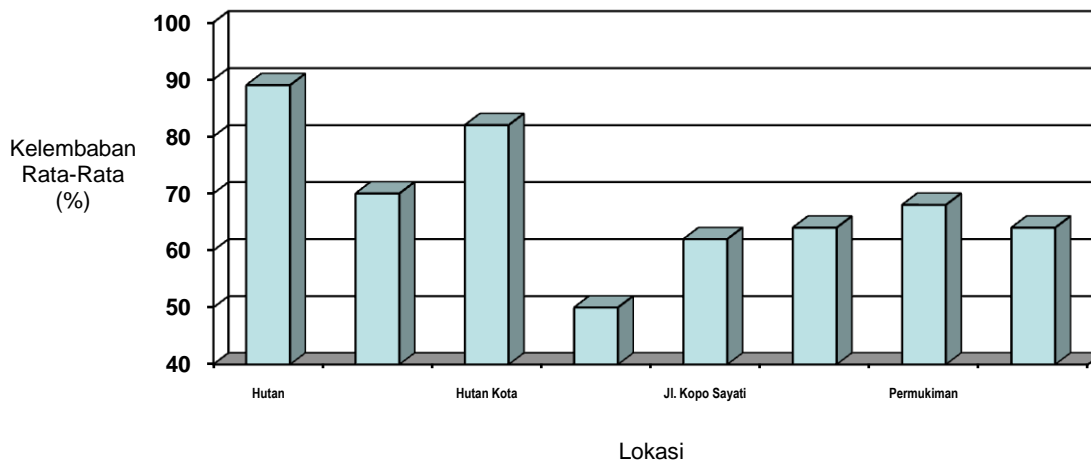
Iklm Mikro

Dari hasil pengukuran suhu udara di area hutan, hutan kota Pemda Kabupaten Bandung, kebun campur, sawah, area industri, pertokoan dan jalan raya, terlihat bahwa area berbegetasi suhu udaranya rendah. Sedangkan area terbuka tanpa vegetasi suhu udaranya lebih tinggi. Hal ini disebabkan karena vegetasi mengintersesi radiasi surya serta memanfaatkan energi radiasi surya tersebut untuk proses fotosintesis dan juga untuk penguapan sehingga membantu dalam penurunan suhu udara lingkungan di sekitarnya.

Vegetasi selain dapat menurunkan suhu udara, juga dapat meningkatkan kelembaban udara sehingga lingkungan lebih nyaman. Hasil pengukuran suhu dan kelembaban udara di beberapa lokasi dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Suhu udara di beberapa jenis penutupan lahan di Kabupaten Bandung



Gambar 2. Kelembaban udara di beberapa jenis penutupan lahan.

Hutan Kota dan Ruang Terbuka Hijau Kabupaten Bandung

Hutan kota merupakan area yang didominasi oleh tumbuhan berkayu (pohon) yang terletak di wilayah perkotaan yang dapat memberikan manfaat utama pada aspek pengendalian iklim mikro, *engineering* (rekayasa) dan estetika (keindahan). Hutan kota dapat diklasifikasikan menurut tipe dan bentuknya. Tipe hutan kota ditentukan berdasarkan tujuan pengelolaan dan obyek yang akan dilindungi, sedangkan bentuk hutan kota ditentukan berdasarkan kondisi bentuk

lahan yang ada. Sebagai langkah awal terlebih dahulu dilakukan pengecekan sampel beberapa kondisi ruang terbuka hijau. Selanjutnya untuk area yang berupa hutan kota ditetapkan tipe dan bentuknya. Adapun hasil sampel lokasi ruang terbuka hijau yang terdapat di wilayah Bandung seperti tercantum pada Tabel 1.

Tabel 1. Sampel Kondisi Ruang Terbuka Hijau yang terletak di wilayah Kabupaten Bandung

No	Lokasi	Jenis RTH	Tipe	Bentuk	Pohon Dominan
1.	PT Unilon	Hutan Kota	Industri	Jalur	Mahoni
2.	Kopo Sayati	Hutan Kota	Pusat Perdagangan	Jalur	Kamboja, Palm
3.	TPA Leuwigajah	Daerah terbuka tanpa vegetasi	-	-	-
4.	Kawah Putih	Hutan	-	-	Eucalyptus
5.	Kec. Pasir Jambu	Kebun Campur	-	-	Kersen, cabe, singkong, sawo walanda, lamtoro, sawo, suren, kayu manis, agatis, jati, kedelai, nangka
6.	Perumahan Griya Prima Asri	Hutan Kota	Perumahan	Jalur, tersebar	Angsana, jambu biji, jambu air, krey payung, karet kerbau, mahkota dewa
7.	Pemda Bandung (Soreang)	Hutan Kota	Pusat kegiatan	Mengelompok	Bungur, mahoni, kayu afrika
8.	Depan Hotel Antik (Banjaran)	Sawah	-	-	Padi, pisang, kelapa

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian tahun pertama ini adalah :

1. Beberapa wilayah kecamatan dengan konsentrasi polutan udara ambien tinggi (zona 1) yang perlu segera diantisipasi dengan membangun hutan kota yang efektif adalah Kecamatan Cileunyi, Rancaekek, Pacet, Majalaya dan Arjasari.
2. Kecamatan di wilayah Kabupaten Bandung yang konsentrasi polutan udaranya sedang dan perlu dibangun hutan kota (zona 2) adalah Kecamatan Baleendah, Kecamatan Dayeuhkolot, Margahayu, Margaasih, sebagian wilayah Soreang, sebagian Canguang, dan wilayah Kecamatan Pameungpeuk, Kecamatan Dayeuhkolot, Margahayu, Baleendah, Cicalengka, Pameungpeuk, Ciparay, Solokanjeruk, Bojongsoang, Cileunyi dan Ciparay. Kecamatan di luar zona 1 dan zona 2, masih termasuk area aman dan masih rendah konsentrasi polutan udaranya.
3. Vegetasi menciptakan iklim mikro yang nyaman dengan suhu udara rendah dan kelembaban udara tinggi. Urutan suhu udara dari yang terendah ke suhu udara tertinggi adalah sebagai berikut : hutan, hutan kota Pemda Kabupaten Bandung, kebun campur, ermukiman, industri, pertokoan dan tertinggi adalah di jalan raya. Sebaliknya kelembaban udara terendah terukur di jalan raya dan terendah adalah di hutan.
4. Rencana penyusunan zonasi hutan kota dengan tujuan untuk ameliorasi (perbaikan) kondisi iklim, akan diprioritaskan di wilayah dengan potensi emisi tinggi serta mempertimbangkan semua komponen yaitu jumlah dan kepadatan penduduk, kondisi transportasi, industri, kondisi lahan terbangun yang ada. Rencana zonasi hutan kota juga mempertimbangkan RTRW Kabupaten Bandung serta hutan kota dan taman kota yang telah ada.

DAFTAR PUSTAKA

- Dahlan E.N. 2004. *Membangun Kota Kebun (garden City) Bernuansa Hutan Kota*. Kerjasama IPB Press dengan Sekolah Pascasarjana IPB. Bogor.
- Dahlan E.N. 2007. *Analisis Kebutuhan Luasan Hutan Kota sebagai Sink Gas CO₂ Antropogenik dari Bahan Bakar Minyak dan Gas di Kota Bogor dengan Pendekatan Sistem Dinamik*. Disertasi. Program Studi Ilmu Pengetahuan Kehutanan, Sekolah Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Darmono. 2001. *Lingkungan Hidup dan Pencemaran, Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam*. Penerbit Universitas Indonesia. Jakarta.
- Elegem E, Muys & Lust. 2002. *Sebuah Metodologi untuk Menentukan Lokasi Terbaik untuk Hutan Kota Baru dengan Menggunakan Analisis Multi Kriteria*.
- Fakuara Y, Sadan W, Bambang P dan Soedaryanto. 1987. *Konsep Pengembangan Hutan Kota*. Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Grey G.W. and F.I. Deneke. 1978. *Urban Forestry*. John Wiley and Sons. New York.
- Irwan Z.D. 2005. *Tantangan lingkungan dan Lanskap Hutan Kota*. PT. Bumi Aksara. Jakarta.
- Murdiyarto D. 2003. *Sepuluh Tahun Perjalanan Negosiasi Konvensi Perubahan Iklim*. Kerjasama Institut Pertanian Bogor dengan Wetlands International. PT. Kompas Media Nusantara. Jakarta.
- Soedomo M. 2001. *Pencemaran Udara*. Penerbit ITB Bandung. Bandung.

**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 Julagajaya 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).

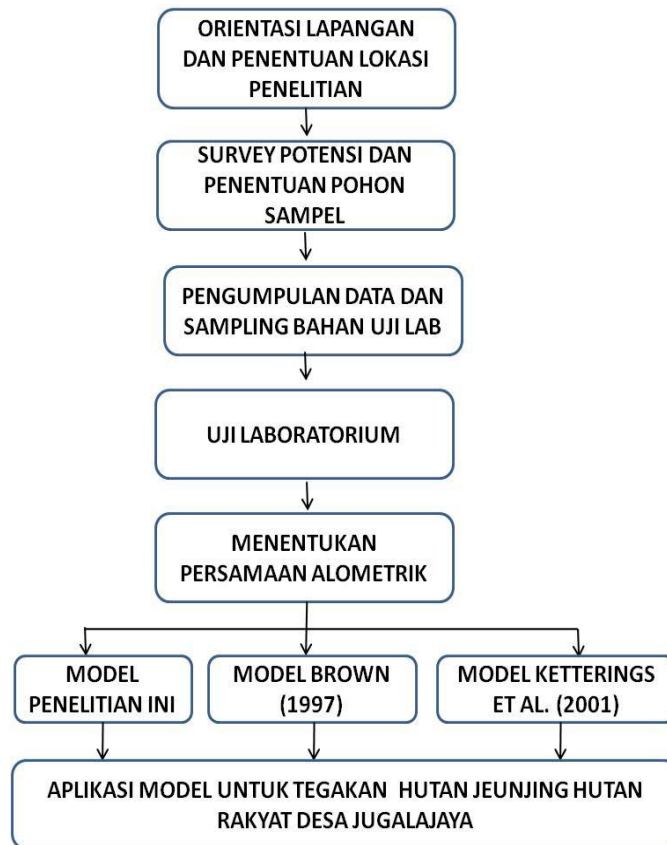
Tujuan penelitian ini adalah menciptakan metodologi dan metode estimasi massa karbon pohon yang tepat guna untuk berbagai tipe hutan di Indonesia. Penelitian tahun pertama ditujukan untuk menentukan kadar karbon dalam setiap bagian pohon jeunjing, tingkat hubungan antara masa karbon pohon dan diameternya, 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

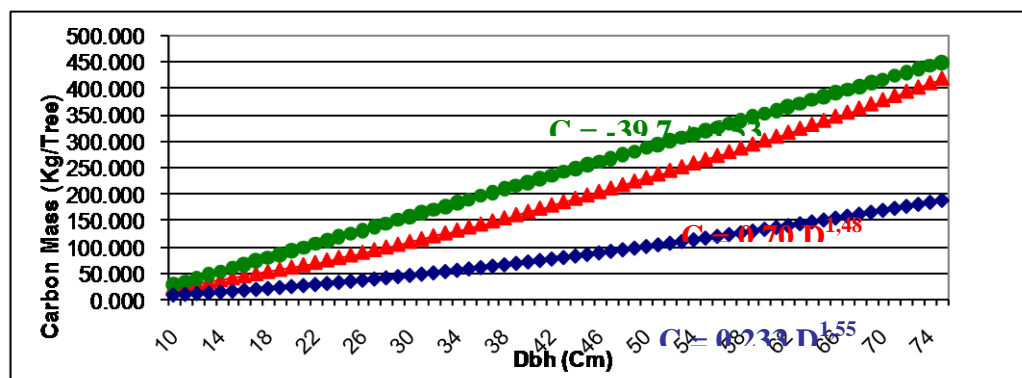
Analisis hubungan antara massa karbon pohon junjing dan diameternya menghasilkan model persamaan $C = 0,7 D^{1,48}$, dengan $R^2 \text{ adj.} = 95,7 \%$. Disamping itu dibuat juga persamaan biomassa dari model Brown (1997) dan

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 pendugaan 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 pendugaaan 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.

- Budiyanto, R. 2006. Kadar Karbon Pohon Sengon (*Paraserienthes falcataria* L. Nielsen) pada Berbagai Bagian dan Diameter Pohon. Skripsi Sarjana Kehutanan pada Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor. Tidak diterbitkan.
- Ketterings, Q.M., Coe, R., Van Noordwijk, M., Ambagau, Y. and Palm, C.A. 2001. Reducing Uncertainty in the Use of Allometric Biomass Equations for Predicting Above-Ground Tree Biomass in Mixed Secondary Forests. *Forest Ecology and Management* 120: 199-209.
- Peichl, M. and Arain, M.A. 2006. Above- and Belowground Ecosystem Biomass and Carbon Pools in an Age-Sequence of Temperate Pine Plantation Forests. *Agricultural and Forest Meteorology* 140: 51-63.
- Peichl, M. and Arain, M.A. 2007. Allometry and Partitioning of Above- and Belowground Tree Biomass in an Age-Sequence of White Pine Forests. *Forest Ecology and Management* 253: 68-80

MITIGASI BENCANA ASAP MELALUI MODELLING PENYEBARAN DAN KANDUNGANNYA

(Mitigation of Smoke Haze Disaster through Modelling on Its Distribution and Contents)

Lailan Syaufina, Bambang Hero Saharjo, Ati Dwi Nurhayati
Dep. Silvikultur, Fakultas Kehutanan IPB

ABSTRAK

Bencana asap dari kebakaran hutan dan lahan memberikan emisi karbon yang cukup tinggi dan berkontribusi pada pemanasan global. Disamping itu, memberikan dampak pada sosial ekonomi masyarakat. Mitigasi bencana asap perlu dilakukan untuk meminimalisir dampak bagi masyarakat. Penelitian ini bertujuan untuk: 1) identifikasi jenis bahan bakar yang terbakar di lahan gambut; 2) analisis kandungan asap dari bahan bakar yang terbakar 3) membangun model sebaran asap dan kandungannya; dan 4) membangun database daerah terbakar dan luas daerah paparannya. Penelitian ini dilakukan di daerah Provinsi Riau yang didominasi oleh kebakaran gambut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kebakaran gambut tersebut telah menyebabkan kenaikan tingkat polusi udara dengan menghasilkan gas-gas CO, CO₂ NO₂, CH₄ dan SO₂, dan berkontribusi sebesar 74 % dari emisi karbon dan bahan partikel yang bersifat membahayakan bagi kesehatan manusia. Karena kebakaran gambut didominasi oleh fase smoldering, kebakaran ini menghasilkan lebih banyak senyawa karbon dalam bentuk CO dan CO₂, sekitar 66 %. Dengan menggunakan *The Air Pollution Model* (TAPM) yang dikembangkan oleh CSIRO-Australia, konsentrasi gas CO₂, CO, NO₂ dan SO₂ mengalami puncaknya pada malam hari dan mengalami penurunan pada siang hari. Hasil visualisasi output TAPM menunjukkan arah trayektori asap dan polutan kebakaran hutan bergerak menuju arah barat dan kemudian turun membelok ke arah selatan. Dengan mengetahui arah penyebaran asap dan kandungannya dapat digunakan sebagai dasar dalam menentukan daerah yang akan terpapar dan mengurangi dampak baik secara langsung maupun tidak langsung terutama terhadap kesehatan manusia dan transportasi sebagai mitigasi bencana asap.

Kata kunci : Bencana asap, emisi karbon, kebakaran gambut, mitigasi bencana.

ABSTRACT

Smoke haze disaster from forest and land fires produce high carbon emission and contribute to global warming. Besides, it affects socio economic of society. Mitigation of smoke haze need to be conducted to minimize the impacts on society. The study aimed to: 1) identify the burned fuel in the peatland; 2) analyse smoke haze contents from the burned fuel 3) develop model of smoke haze and its content; and 4) develop database on burned area and the extent od affected area. The study was conducted in Riau province which dominated by peat fire. The study revealed that peat fire has caused the increase of air pollution with produce gases of CO, CO₂ NO₂, CH₄ and SO₂, and contribute of 74 % from carbon emission and particulate matter which dangerous to human health. Since peat fire is dominated by smoldering phase, the fire produce more carbon compound in the form of CO and CO₂, about 66 %.By using *The Air Pollution Model* (TAPM) which developed by CSIRO-Australia, gas concentration of CO₂, CO, NO₂ and SO₂ reached the peak at night and decrease at day time. Visualization output of TAPM showed smoke trajectory and forest fire pollution direction moved to west direction and then turn down to south direction. Knowing smoke haze distribution

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 menempatkannya di dalam Guinness 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 paparnya.

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 penjaralan 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.

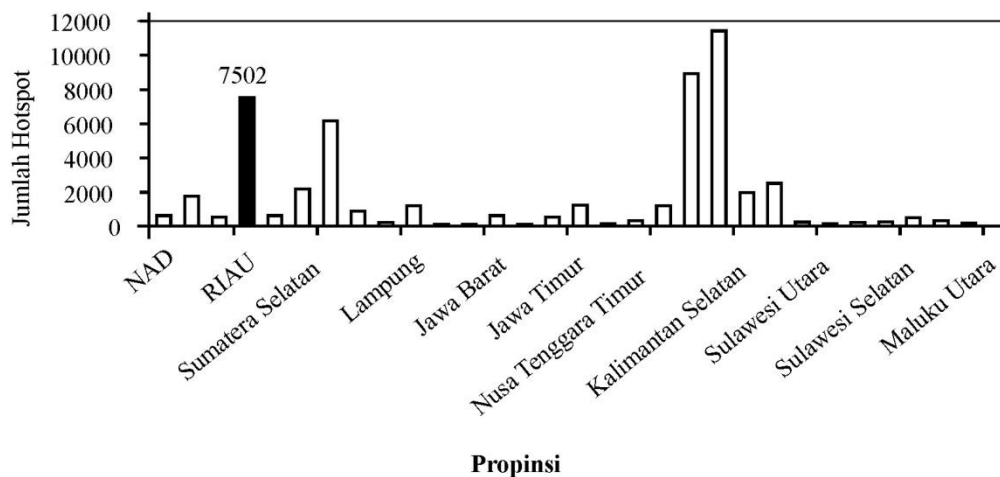
Modelling Penduga Potensi Asap

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

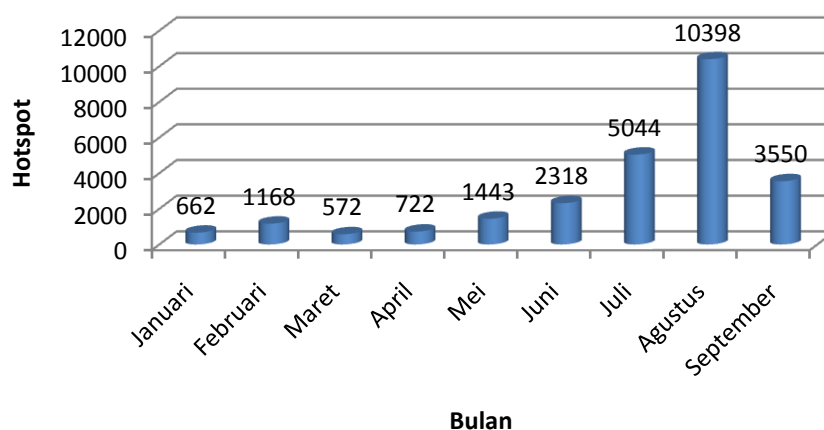
Berdasarkan data hotspot pada tahun 1998 – 2008, provinsi Riau merupakan salah satu provinsi yang paling rawan terhadap kebakaran hutan dan lahan di Indonesia dengan jumlah hotspot tahunan rata-rata sebesar 7502 (Gambar 1). Provinsi lainnya yang rawan kebakaran hutan dan lahan, yaitu Kalimantan Tengah,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

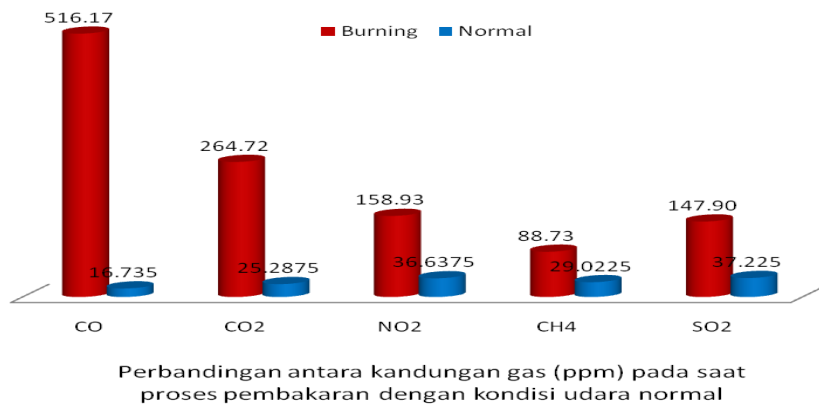
Berdasarkan hasil analisis asap seperti ditunjukkan pada Tabel 1, terdapat peningkatan kandungan CO, CO₂, NO₂, CH₄ dan SO₂ yang signifikan pada kondisi setelah dibakar baik per fase/tahapan pembakaran maupun rata – rata dari

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

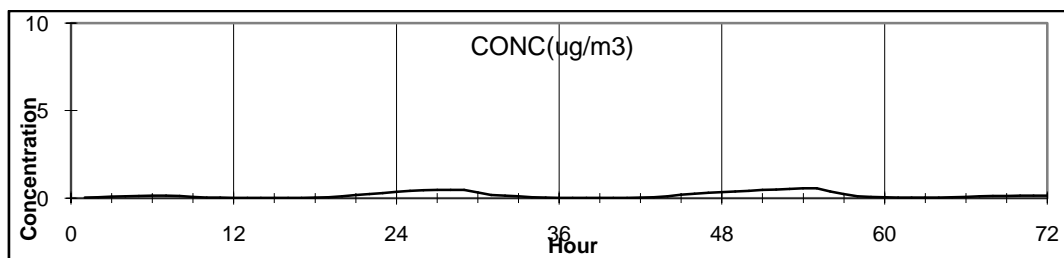
Kebakaran gambut merupakan tipe kebakaran bawah yang didominasi oleh proses smoldering (Syaufina, 2008). Penelitian ini menunjukkan bahwa produksi gas tertinggi dari kebakaran gambut di lokasi penelitian adalah CO (516 ppm), diikuti oleh CO₂ (264.7 ppm), NO₂ (158.9 ppm), SO₂ (147.9 ppm), dan CH₄ (88.73 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.

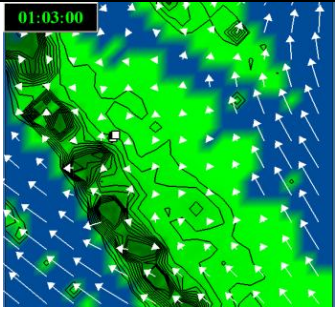

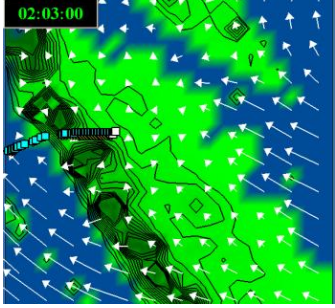
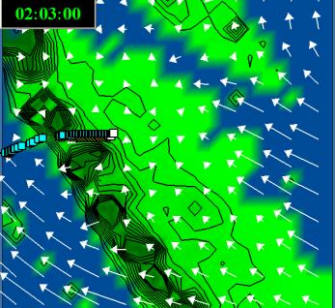
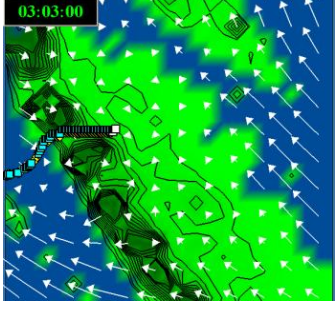
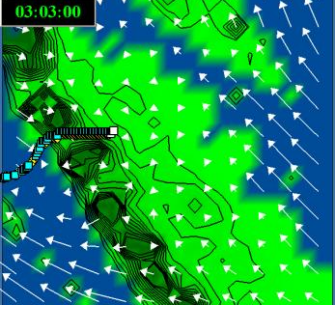


Gambar 4. Konsentrasi rata - rata CO₂ pada Plot Penelitian

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	Trayektory Gambut	Trayektory 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 kekasapan 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.

**PENERAPAN PENDIDIKAN HUTAN DAN LINGKUNGAN BAGI
SEKOLAH-SEKOLAH DI SEKITAR KAWASAN HUTAN**
(The Implementation of Environmental Education for Schools Surrounding
Forest Area)

**E.K.S. Harini Muntasib, Burhanuddin Masy'ud, Rachmad Hermawan,
S.B. Rushayati, Eva Rachmawati, Resti Meilani, Yun Yudiarti, Tri
Rahayuningsih**

Dep. Konservasi Sumberdaya Hutan dan Ekowisata, Fakultas Kehutanan IPB

ABSTRAK

Pendidikan Lingkungan Hidup (PLH) dikembangkan sebagai salah satu upaya untuk mengatasi degradasi lingkungan dengan mempersiapkan sumberdaya manusia berkualitas yang memiliki kemampuan untuk mengelola lingkungan dengan baik. Sebuah Model Pendidikan Hutan dan Lingkungan (PHL), sebagai bagian dari PLH yang dikembangkan oleh Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor, telah dikembangkan sejak tahun 1995 dan telah disosialisasikan serta diujicobakan pada berbagai sekolah contoh di beberapa wilayah. Penelitian ini bertujuan untuk (1) menerapkan Model Pelaksanaan Pendidikan Hutan dan Lingkungan untuk sekolah-sekolah di sekitar hutan, dan (2) Mengembangkan Model jaringan kemitraan antara pengelola kawasan hutan dengan sekolah-sekolah di sekitarnya. Data dikumpulkan melalui studi pustaka, wawancara terpandu, pengamatan lapang, penyebaran kuesioner, Focus Group Discussion (FGD) dan lokakarya. Hasil menunjukkan bahwa pengetahuan, pemahaman, persepsi dan motivasi kepala sekolah, guru dan siswa serta dukungan orangtua, mempengaruhi penerapan PLH/PHL dan akhirnya mempengaruhi respon siswa; Model Jaringan Kemitraan Penerapan PLH yang dikembangkan adalah suatu bentuk konseptual yang menunjukkan hubungan kemitraan (partnership) atau hubungan kerjasama saling menguntungkan antar dua atau lebih pihak (sekolah, pemerintah, swasta dan masyarakat) untuk mencapai tujuan pembelajaran PLH; Peran Para-pihak (stakeholders) dalam implementasi PLH di sekolah sekitar hutan pada dasarnya dapat bersifat aktif maupun inaktif; Sekolah sebagai pusat dari jejaring kemitraan dalam penerapan PLH, dengan kunci penentu kapasitas kepemimpinan kepala sekolah dan guru, sebaiknya memiliki inisiatif atau prakarsa untuk membangun kemitraan; perguruan tinggi dan LSM berperan dalam memberikan pendampingan serta supporting bagi terbangunnya jejaring kemitraan tersebut.

Kata kunci : Hutan, lingkungan, pendidikan, kemitraan, model.

ABSTRACT

Environmental Education (EE) had been developed as an effort to overcome environmental degradation by preparing high quality human resources with ability to manage the environment wisely. A model of Forest and Environmental Education (FEE Model), as a part of EE developed by Faculty of Forestry Bogor Agricultural University, had been developed since 1995. The model had been socialized and pilot-tested at various sample schools in several areas. The research was aimed at (1) implementing the FEE Model for schools located around forest areas, and (2) developing a model of partnership network between forest area management and the surrounding schools. Data was collected through literature review, guided interview, field observation, questionnaire dissemination, FGD and workshop. The result showed that knowledge, understanding, perception and motivation of the principals, teachers, students, and support from parents

affecting the implementation of EE/FEE and ultimately affecting students' responses; Model of Partnership Network in EE/FEE Implementation being developed is a conceptual form showing partnership or mutually beneficial cooperative relation between two or more stakeholders (schools, governmental agencies, private agencies and community) in attaining the objectives of EE/FEE; stakeholders basically can play active or inactive role in EE/FEE implementation at schools surrounding forest area; School as the center of partnership network, with principals' and teachers' leadership capacity as determinant key, should have the initiative to build the partnership; higher education institution and NGO play the role in assisting and supporting the development of partnership network.

Keywords: Forest, environment, education, partnership, model.

PENDAHULUAN

Pelestarian sumberdaya hutan dan lingkungan dapat dicapai apabila masyarakat mempunyai kepedulian yang tinggi, pengetahuan yang memadai, keterampilan menjaga dan mengelola serta mempunyai tanggung jawab terhadap hutan dan lingkungan. Pendidikan Lingkungan Hidup (PLH) dikembangkan sebagai salah satu upaya untuk mengatasi degradasi lingkungan dengan mempersiapkan sumberdaya manusia berkualitas yang memiliki kemampuan untuk mengelola lingkungan dengan baik. Kementerian Lingkungan Hidup (2004) dalam kebijakannya mendefinisikan PLH sebagai upaya mengubah perilaku dan sikap yang dilakukan oleh berbagai pihak atau elemen masyarakat yang bertujuan untuk meningkatkan pengetahuan, keterampilan dan kesadaran masyarakat tentang nilai-nilai lingkungan dan isu permasalahan lingkungan yang pada akhirnya dapat menggerakkan masyarakat untuk berperan aktif dalam upaya pelestarian dan keselamatan lingkungan untuk kepentingan generasi sekarang dan yang akan datang.

Pendidikan Hutan dan Lingkungan (PHL) merupakan bagian dari PLH yang dikembangkan oleh Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor dengan tujuan untuk membentuk kelompok masyarakat yang memiliki kesadaran, pengetahuan, keterampilan dan kepedulian yang tinggi untuk ikut serta dalam usaha pelestarian hutan dan lingkungannya. Sebuah model pendidikan hutan dan lingkungan bagi sekolah di sekitar hutan telah dikembangkan sejak tahun 1995 untuk mencapai tujuan tersebut. Model tersebut sudah disosialisasikan dan

diujicobakan pada berbagai sekolah contoh di wilayah Kabupaten Bogor, Purwakarta, Sukabumi, Cianjur (Jawa Barat) dan Gundih (Jawa Tengah).

Penelitian ini bertujuan untuk: (1) Menerapkan Model pelaksanaan Pendidikan Hutan dan Lingkungan untuk sekolah-sekolah di sekitar hutan, dan (2) Mengembangkan Model jaringan kemitraan antara pengelola kawasan hutan dengan sekolah-sekolah di sekitarnya.

METODE PENELITIAN

Lokasi

Penerapan Pendidikan Hutan dan Lingkungan dilaksanakan di 4 sekolah dasar contoh yang terletak di dekat kawasan hutan Taman Nasional Gunung Halimun Salak, Kabupaten Bogor dan Kawasan Hutan Pendidikan Gunung Walat, Kabupaten Sukabumi. Kriteria pemilihan sekolah contoh adalah 1) lokasi sekolah dekat dengan kawasan hutan; 2) ada interaksi warga sekolah dengan kawasan hutan; 3) sekolah negeri (pemerintah); 4) pernah mendapatkan kegiatan PHL, baik untuk guru, siswa maupun keduanya. Sekolah yang dipilih adalah SDN Gunung Bunder 4 dan SDN Gunung Picung di Kabupaten Bogor serta SDN Lembur Sawah dan SDN Bojong Waru di kabupaten Sukabumi. Selain itu juga dievaluasi sekolah-sekolah yang pernah mendapatkan PHL secara intensif dari Tim Fakultas Kehutanan dan juga pada Dinas-Dinas terkait dengan PLH.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan untuk penelitian ini adalah panduan wawancara untuk Dinas-Dinas terkait, Panduan untuk FGD dan Panduan wawancara untuk kepala sekolah dan kuisisioner untuk siswa, guru dan kepala sekolah. Alat yang digunakan adalah kamera, alat tulis, alat perekam.

Teknik Pengumpulan Data

Data dikumpulkan melalui kegiatan: 1) studi pustaka, untuk mendapatkan gambaran mengenai model PHL yang telah dikembangkan, sistem pembelajaran di sekolah pada saat ini serta kebijakan yang berlaku terkait PLH; 2) wawancara terpandu terhadap Dinas-Dinas terkait PLH (Pendidikan, Lingkungan Hidup,

Kehutanan & Pertanian) tentang kebijakan daerah terkait PLH; kepala sekolah untuk mendapatkan data dan informasi mengenai program PHL yang telah, sedang dan akan dilaksanakan, persepsi dan motivasi terhadap kegiatan PHL, kendala yang dihadapi dalam pelaksanaan kegiatan PHL, serta harapan terkait pengembangan kegiatan PHL; 3) penyebaran kuisisioner kepada para guru untuk mendapatkan gambaran mengenai penerapan PHL yang dilakukan oleh guru di sekolah, serta penyebaran kuisisioner kepada siswa untuk mendapatkan gambaran mengenai pengetahuan dan pemahaman siswa mengenai hutan dan lingkungan; 4) Focus group discussion (FGD) untuk mendapatkan informasi mengenai berbagai permasalahan dan kendala yang dihadapi oleh sekolah (guru dan kepala sekolah) dalam melaksanakan PHL; 5) pengamatan lapang untuk memperoleh informasi tentang sumberdaya biologis, fisik dan kondisi sosial-ekonomi-budaya masyarakat di sekolah dan lingkungan sekitarnya, serta; 6) lokakarya untuk memantapkan jaringan kemitraan dalam penerapan PHL/PLH di sekolah sekitar kawasan hutan.

Analisa Data

Data dan informasi yang telah diperoleh kemudian diolah dan dianalisis secara deskriptif dan diterapkan berdasarkan Model yang telah dikembangkan oleh Fakultas kehutanan IPB sebagai berikut:

Model yang dikembangkan Fakultas Kehutanan IPB untuk penerapan PHL pada sekolah-sekolah di sekitar kawasan hutan memasukkan lima faktor kunci, yaitu 1) kepala sekolah sebagai pengambil keputusan dan penentu kebijakan; 2) guru berperan sebagai pengajar, fasilitator, mediator atau pihak yang berperan menyampaikan materi mengenai hutan dan lingkungan kepada siswa; 3) siswa sebagai subyek dan sekaligus obyek dalam kegiatan PHL; 4) Orang tua siswa, sebagai anggota masyarakat yang terkait langsung dengan sekolah, berperan mendukung siswa dalam memahami dan menerapkan materi hutan dan lingkungan dalam kehidupan sehari-hari, serta; 5) sarana pendidikan. Kelima faktor kunci tersebut sebagai input dalam proses pembelajaran PHL yang mempengaruhi output berupa respon siswa terkait pengetahuan dan pemahaman, sikap, serta keterampilan dan perilaku tentang hutan dan lingkungan. Input yang positif terhadap proses pembelajaran PHL di sekolah diharapkan akan

menghasilkan respon pengetahuan dan pemahaman, sikap, serta keterampilan dan perilaku terkait hutan dan lingkungan yang positif dari siswa, sehingga tujuan penerapan PHL di sekolah dapat tercapai.

Model PHL tersebut juga menguraikan perlunya mitra untuk mengatasi berbagai keterbatasan sekolah dalam pengembangan dan penerapan PHL. Kontribusi mitra dapat berupa kontribusi fisik seperti pengadaan sarana pendidikan, maupun kontribusi non-fisik yang terkait dengan penguatan kapasitas kepala sekolah dan guru dalam penerapan PHL di sekolah. Selain itu dilakukan pula analisis untuk mendapatkan gambaran mengenai kebijakan daerah serta penerapan PHL di sekolah-sekolah tersebut dalam kerangka model PHL yang telah dikembangkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penerapan Pendidikan Hutan dan Lingkungan di Sekolah

Zelezny (1999) dalam Darner (2009) menyatakan bahwa PLH melalui jalur pendidikan formal di sekolah secara umum lebih efektif dibandingkan PLH melalui jalur pendidikan informal. Pada keempat sekolah, PLH/PHL diterapkan setelah adanya SK Gubernur Jawa Barat mengenai Pedoman Pelaksanaan Kurikulum Muatan Lokal PLH, penerapannya masih bersifat integratif/disisipkan pada mata ajaran yang ada. Selain itu, PLH/PHL diterapkan pula dalam kegiatan ekstrakurikuler Pramuka. Buku pedoman maupun kurikulum PLH/PHL belum ada/dikembangkan di sekolah, dan guru-guru dibebaskan menyusun materi PLH/PHL sendiri ataupun dalam kegiatan ekstrakurikuler Pramuka. Respon siswa terhadap proses pembelajaran PHL yang dilihat dari pengetahuan, pemahaman, sikap dan perilaku terhadap hutan dan lingkungan, menunjukkan bahwa secara umum respon siswa dari sekolah contoh di Kabupaten Bogor lebih baik dibandingkan respon siswa dari sekolah contoh di Kabupaten Sukabumi. Respon siswa terbaik teramati pada siswa dari SDN Gunung Bunder 04 Kabupaten Bogor.

Faktor Kunci dalam Penerapan PHL di Sekolah Contoh

Pengamatan faktor kunci dalam kerangka model PHL yang dikembangkan Fakultas Kehutanan IPB di keempat sekolah contoh tersebut adalah :

1. Kepala Sekolah

Kepala sekolah pada 4 sekolah contoh menyatakan dukungan terhadap penerapan PHL di sekolah. Namun perbedaan mewujudkan dukungan tersebut dalam kebijakan dan keputusan yang diambil kepala sekolah mengenai penerapan PHL di sekolahnya. Perbedaan yang menonjol adalah kebijakan kepala sekolah SDN Gunung Bunder 04 Kabupaten Bogor yang mengizinkan diadakannya kegiatan studi lapang pengenalan keanerakaragaman hayati kepada siswa. Hal itu mendorong guru secara kreatif menggunakan hutan di dekat sekolahnya sebagai sumber dan media pembelajaran yang memberikan pengalaman langsung kepada siswa untuk berinteraksi dengan alam dan mengasah kepekaan siswa terhadap lingkungan

Persepsi dan motivasi serta pengetahuan dan pemahaman Kepala sekolah terhadap PHL pada dua sekolah contoh di Kabupaten Bogor relatif lebih baik dibandingkan dua sekolah contoh lain di Kabupaten Sukabumi. Kepala sekolah contoh di Kabupaten Bogor menerima PHL tidak hanya sebagai tugas, namun juga sebagai sesuatu yang penting dan memberikan pengaruh positif kepada siswanya. Dua sekolah contoh di Kabupaten Sukabumi, persepsi dan motivasi maupun pengetahuan dan pemahaman kepala sekolah mengenai PHL masih belum terbentuk dengan baik. PHL masih dipandang sebagai tugas dan beban tambahan bagi sekolah . Kepala sekolah masih sangat bergantung pada bantuan dari pihak luar dan belum mengambil inisiatif sendiri untuk pengembangan PHL di sekolahnya.

2. Guru

Guru pada sekolah contoh di Kabupaten Bogor memiliki persepsi yang baik mengenai PH sebagai kebutuhan yang memberikan pengaruh positif terhadap siswa, sedangkan guru pada sekolah contoh di Kabupaten Sukabumi masih berpandangan bahwa PHL adalah tugas, dan penerapannya sebatas

memenuhi kewajiban tugas. Guru dari sekolah contoh di Kabupaten Bogor ada yang pernah mendapatkan pelatihan mengenai PHL, meskipun transfer pengetahuan tidak terjadi secara optimal antar guru. Penggunaan metode pengajaran oleh guru dari sekolah contoh di Kabupaten Bogor relatif sama, kecuali pada SDN Gunung Bunder 04 yang menggunakan tambahan metode observasi di lapangan dan demonstrasi. Hal tersebut karena inisiatif guru SDN Gunung Bunder 04 yang memiliki pengalaman dalam Saka Wana Bakti (organisasi pramuka dengan fokus kegiatan kehutanan). Hal itu sesuai pendapat Plevyak, et al. (2001) dalam Darner (2009) yang mengatakan bahwa jika para calon guru dilatih untuk mengimplementasikan PLH, maka saat menjadi guru mereka akan mengimplementasikan PLH lebih sering dan dengan lebih percaya diri dibandingkan para guru yang sebelumnya tidak mendapatkan pelatihan.

Guru sekolah contoh di Kabupaten Sukabumi belum pernah mendapatkan pelatihan PHL, metode pengajarannya ceramah, diskusi, penugasan, menggambar, bercerita dan bernyanyi. Kreativitas guru memanfaatkan lingkungan sekitar sekolah sebagai media pengajaran lebih rendah dibandingkan guru dari sekolah contoh di Kabupaten Bogor.

Perluasan pengetahuan, pemahaman serta penguasaan keterampilan guru dalam menerapkan PLH diperlukan untuk menjamin berkembangnya penerapan PLH di sekolah, sehingga PLH tidak hanya meningkatkan pengetahuan namun juga mengubah perilaku siswa menjadi lebih ramah lingkungan. Materi dan metode pelaksanaan pendidikan lingkungan hidup yang selama ini digunakan secara umum, dirasakan belum memadai dan tidak aplikatif, sehingga pemahaman kelompok sasaran mengenai pelestarian lingkungan hidup menjadi tidak utuh dan kurang mendukung penyelesaian permasalahan lingkungan hidup yang dihadapi di daerah masing-masing. Keterbatasan penguasaan mengenai metode pengajaran yang dapat digunakan dalam penerapan PLH oleh guru dirasakan sebagai hambatan dalam mengajarkan PLH kepada siswa.

3. Siswa

Pengetahuan dan pemahaman mengenai hutan dan lingkungan dari siswa sekolah contoh di Kabupaten Bogor lebih baik dibandingkan siswa di sekolah contoh di Kabupaten Sukabumi, dengan pengetahuan dan pemahaman terbaik dimiliki oleh siswa SDN Gunung Bunder 04. Selain dipengaruhi oleh guru, penyerapan pengetahuan dan pemahaman siswa dipengaruhi oleh minat dan motivasi belajar yang ditunjukkan oleh respon dan keaktifan siswa dalam menerima materi.

Siswa dari sekolah contoh di Kabupaten Bogor memberikan respon yang lebih baik dan lebih aktif dalam menyerap materi yang diberikan terutama melalui permainan, juga aktif menjawab maupun bertanya dalam diskusi di kelas. Motivasinya lebih bersifat internal. Siswa dari sekolah contoh di Kabupaten Sukabumi cenderung pasif dalam diskusi dan baru menjadi aktif setelah ada hadiah yang ditawarkan. Motivasi siswa dari sekolah contoh di Kabupaten Sukabumi untuk belajar dipengaruhi oleh faktor eksternal reward/hadiah yang diberikan.

Meskipun masih harus dikaji lebih dalam, namun pengalaman interaksi langsung dengan alam memberikan nilai lebih dalam pengajaran PLH oleh guru kepada siswa di SDN Gunung Bunder 04, karena siswa sebagai peserta dituntut lebih aktif dalam proses belajar. Hal itu sesuai dengan pendapat Hewitt (1977); Siemer dan Knuth (2001); dan Zelezny (1999); dalam Darner (2009) yang menyatakan bahwa keterlibatan siswa sebagai peserta aktif dalam proses belajar merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi keberhasilan PLH dalam mengubah perilaku menjadi lebih ramah lingkungan. Darner (2009) juga menyatakan bahwa orang yang memiliki sikap ramah lingkungan umumnya memiliki pengalaman masa kecil pada daerah alamiah yang relatif tidak terjamah dan belum dikembangkan (Chawla, 1998; Ewert, Place dan Sibthorp, 2005; Palmer, 1993; Palmer dan Suggate, 1996; Tanner, 1980); dipengaruhi oleh keluarga, rekan, atau teladan yang memiliki kepedulian terhadap alam (Palmer, 1993; Tanner, 1980); menyaksikan perusakan daerah alamiah yang dicintai atau memiliki pengalaman negatif serupa yang melibatkan perusakan lingkungan (Ewert et al., 2005; Marshall, Picou dan

Bevc, 2005; Palmer, 1993; Tanner, 1980) dan ikut serta dalam PLH formal (Palmer, 1993).

4. Orangtua

Orangtua siswa sekolah contoh di Kabupaten Bogor lebih memiliki kepedulian terhadap pelaksanaan kegiatan belajar mengajar di sekolah maupun kebersihan lingkungan rumah dibandingkan orang tua dari siswa sekolah contoh di Kabupaten Sukabumi. Kepedulian itu ditunjukkan dengan kontribusinya membantu menyelesaikan permasalahan sekolah dan memelihara kebersihan lingkungan rumah serta memelihara berbagai jenis tanaman di rumahnya. Siswa sekolah contoh Kabupaten Bogor mendapatkan teladan dari orangtua dalam memelihara lingkungan rumahnya.

5. Sarana Pendidikan

Sarana pendidikan pada keempat sekolah contoh terbatas, terutama buku/modul PHL serta fasilitas penunjang dan alat peraga yang dapat digunakan dalam pengajaran PHL di sekolah. Hal itu menjadi kendala bagi guru sekolah contoh dalam melaksanakan PLH. Dari aspek fisik bangunan, SDN Gunung Bunder 04 paling sederhana dan sangat terbatas (tidak memiliki lahan sisa) dibandingkan tiga sekolah lainnya, sedangkan SDN Gunung Picung 05 memiliki fisik bangunan terbaik. Namun kondisi yang sangat terbatas tersebut tidak menghalangi guru SDN Gunung Bunder 04 untuk menerapkan PHL, bahkan kondisi tersebut mendorong guru kreatif memanfaatkan lingkungan sekitar sekolah dan kawasan hutan di dekat sekolah dalam pembelajaran PHL di sekolahnya. Meskipun ada keterbatasan sarana pendidikan, namun PHL yang diajarkan oleh guru pada kedua sekolah contoh di Kabupaten Bogor dapat memperluas wawasan para siswanya dan menanamkan perilaku ramah lingkungan (dari kondisi lingkungan sekolah yang rapi serta perilaku siswa saat pelaksanaan kegiatan). Namun di kedua sekolah contoh Kabupaten Sukabumi belum mendorong perubahan perilaku siswa untuk lebih ramah lingkungan.

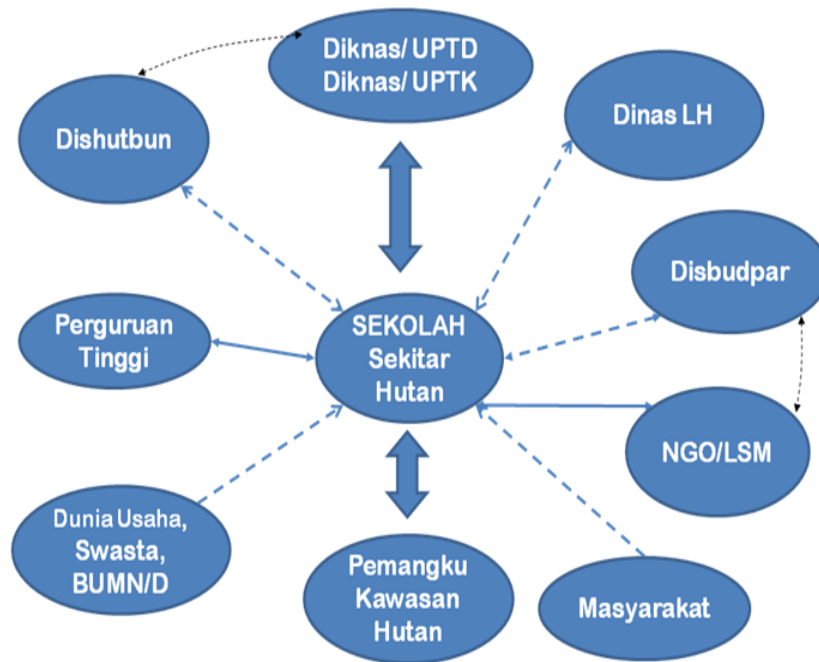
Penerapan Model Jaringan Kemitraan PHL di Sekolah

Model Jaringan Kemitraan Pendidikan Hutan dan Lingkungan di Sekolah

Untuk mengembangkan penerapan PLH di sekolah sekitar hutan diperlukan dukungan berbagai pihak, agar terbangun suatu jaringan kemitraan antara pihak sekolah dengan para-pihak (stakeholders) khususnya dengan unit pengelola (pemangku) kawasan hutan tersebut. Jejaring kemitraan menjadi ciri penting dari pengembangan suatu masyarakat ataupun organisasi modern (swasta maupun publik). Sekolah sebagai unit organisasi modern dituntut mengembangkan kemitraan. Kemitraan harus dibangun di atas tiga pilar, yakni (a) Kepercayaan (trust), (b) nama baik atau reputasi (reputation), dan (c) ketergantungan timbal balik (interdependensi). Model Jaringan Kemitraan Penerapan PLH adalah "suatu bentuk konseptual yang menunjukkan hubungan kemitraan (partnership) atau hubungan kerjasama saling menguntungkan antar dua atau lebih pihak (sekolah, pemerintah, swasta dan masyarakat) untuk mencapai tujuan pembelajaran PLH, yaitu mewujudkan masyarakat umumnya dan peserta didik khususnya agar memiliki pengetahuan, sikap, keterampilan dan perilaku, kepedulian serta tanggungjawab terhadap kelestarian hutan dan lingkungan.

Pola Hubungan Antar Para-Pihak

Pola hubungan antar para-pihak dalam pengembangan dan penerapan PLH di sekolah sekitar hutan dapat digambarkan sebagaimana tertera pada Gambar 1. Pola hubungan tersebut pada dasarnya diarahkan pada dukungan kepada manajemen sekolah agar mengoptimalkan peran sekolah dalam menunaikan tugas dan tanggungjawab penyelenggaraan pendidikannya. Pola hubungan tersebut dapat bersifat instruktif, koordinatif, konsultatif dan fasilitatif.



Gambar 1. Pola hubungan antar para-pihak dalam pengembangan dan penerapan PLH di sekolah sekitar hutan.

Kedudukan dan Peran Para-pihak

Para-pihak (stakeholders) dalam implementasi PLH di sekolah sekitar hutan pada dasarnya dapat berperan secara langsung/ bersifat aktif maupun yang berperan secara tidak langsung/ bersifat inaktif. Upaya penerapan PLH bagi sekolah di sekitar hutan didasarkan atas prinsip dasar sukarela dan panggilan tanggungjawab sosial. Mitchell et al. (1997) menyebutkan paling tidak ada empat bentuk tingkatan partisipasi dalam kerangka jejaring kemitraan yaitu tipe kerja sama sebagai Kontributor (support atau sharing), Operasional (working atau sharing) dan Konsultatif (Advisor). Dalam rangka Kemitraan penerapan PLH di sekolah, maka sekolah berkedudukan sebagai pengambil keputusan dan pelaksana utama (operator), sehingga dapat dirumuskan kedudukan dan peran dari masing-masing pihak.

Cara Membangun Kesepakatan Kerjasama dan Kemitraan

Untuk membangun kesepakatan kerjasama dan kemitraan antar para pihak terkait dengan implementasi PLH, perlu diperhatikan faktor-faktor pendukung yang terkait dengan keberhasilan implementasi PLH tersebut. Pada tataran operasional

penerapan PLH di sekolah, diantaranya adalah: (1) Diknas/Dinas - UPTD Pendidikan terkait dengan tugas dan tanggung-jawabnya, (2) Leadership (kepemimpinan) Kepala Sekolah terkait dengan tugas dan tanggung jawabnya dalam pengelolaan sekolah, baik dalam fungsinya sebagai manager, supervisor, motivator, dan kontroler, (3) Guru terutama terkait dengan kapasitas profesionalisme, keteladanan, kapasitas menterjemahkan visi dan misi sekolah, serta obsesi, cita-cita dan harapannya terhadap kesuksesan penyelenggaraan pendidikan, (4) Ketersediaan sarana-prasarana pendidikan, (5) Dukungan kemitraan dari para pihak baik berupa dana, tenaga dan pemikiran, serta media pengajaran.

Sekolah sebagai pusat dari jejaring kemitraan dalam penerapan PLH, maka kunci penentu adalah adanya kapasitas kepemimpinan kepala sekolah dan guru. Inisiatif atau prakarsa membangun kemitraan sebaiknya tumbuh dari pihak sekolah disamping peran dan fungsi perguruan tinggi dan LSM dalam memberikan pendampingan serta supporting bagi terbangunnya jejaring kemitraan tersebut.

KESIMPULAN

1. Penerapan Pendidikan Hutan dan Lingkungan pada sekolah-sekolah contoh Input sesuai dengan Faktor-faktor kunci yang dikembangkan oleh Tim Fakultas Kehutanan IPB, sedangkan Outputnya tergantung dari pengetahuan, pemahaman, persepsi dan motivasinya (Kepala sekolah, Guru, Siswa dan Orangtua siswa)
2. Model Jaringan Kemitraan Penerapan PLH adalah "suatu bentuk konseptual yang menunjukkan hubungan kemitraan (partnership) atau hubungan kerjasama saling menguntungkan antar dua atau lebih pihak (sekolah, pemerintah, swasta dan masyarakat) untuk mencapai tujuan pembelajaran PLH yaitu mewujudkan masyarakat umumnya dan peserta didik khususnya agar memiliki pengetahuan, sikap, keterampilan dan perilaku, kepedulian serta tanggungjawab terhadap kelestarian hutan dan lingkungan

3. Para pihak (stakeholders) dalam implementasi PLH di sekolah sekitar hutan pada dasarnya dapat berperan secara langsung/ bersifat aktif maupun yang berperan secara tidak langsung/ bersifat inaktif
4. Kemitraan penerapan PLH di sekolah, maka sekolah berkedudukan sebagai pengambil keputusan dan pelaksana utama (operator), sehingga dapat dirumuskan kedudukan dan peran dari masing-masing pihak. Sekolah sebagai pusat dari jejaring kemitraan dalam penerapan PLH, maka kunci penentu adalah adanya kapasitas kepemimpinan kepala sekolah dan guru.
5. Inisiatif atau prakarsa membangun kemitraan sebaiknya tumbuh dari pihak sekolah disamping peran dan fungsi perguruan tinggi dan LSM dalam memberikan pendampingan serta supporting bagi terbangunnya jejaring kemitraan tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Darner, R. 2009. Self-Determination Theory as a Guide to Fostering Environmental Motivation. *The Journal of Environmental Education*, winter 2009, Vol.40 No.2. : Heldref Publications. Madison. <http://www.proquest.com/pqdweb> [18 Juni 2009].
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2004. *Kebijakan Pendidikan Lingkungan Hidup*. Kementerian Lingkungan Hidup. Jakarta.
- Mitchell B, B Setiawan, dan DH Rahmi. 1997. *Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

**PEMANFAATAN LIMBAH PENEBAANGAN UNTUK MENGURANGI
KERUSAKAN TANAH HUTAN AKIBAT OPERASI ALAT BERAT
DALAM RANGKA PEMANENAN RAMAH LINGKUNGAN**
(Utilization of Logging Waste to Reduce Soil Disturbance Caused by Heavy
Equipment for Environmental Friendly Harvesting)

Juang Rata Matangaran¹⁾, Ujang Suwarna¹⁾, Cahyo Wibowo²⁾

¹⁾ Dep. Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan IPB

²⁾ Dep. Silvikultur, Fakultas Kehutanan IPB

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan di areal Hutan Tanaman Industri jenis *Acacia mangium* di Sumatera Selatan. Tujuan penelitian; (1) menentukan pengaruh kerapatan serasah terhadap pengurangan kepadatan tanah akibat mesin pemanenan hutan, (2) mengukur tingkat kepadatan tanah pada berbagai intensitas penyaradan oleh *forwarder* dengan atau tanpa serasah. Mesin pemanenan yang digunakan adalah *Forwarder Timberjack 1010B*. Penelitian lapangan dirancang dengan membuat plot tanpa serasah dan plot dengan kerapatan serasah 10 kg/m², 15 kg/m², 20 kg/m², 25 kg/m² dilalui beberapa kali *forwarder* melintas. Kepadatan tanah meningkat dengan bertambahnya intensitas melintasnya *forwarder*. Peningkatan kepadatan tanah yang ditunjukkan oleh nilai *bulk density* dan *cone index* terjadi dipermukaan tanah sampai dengan kedalaman 30 cm dibawah permukaan tanah. Setelah lima kali intensitas penyaradan oleh *forwarder* nilai *bulk density* dan *cone index* tidak berpengaruh lagi terhadap peningkatan kepadatan tanah. Tanah terbuka tanpa serasah dan dengan serasah hanya 10 sampai 15 kg/m² mengalami pemadatan tanah yang lebih besar dibandingkan dengan permukaan tanah dengan perlakuan kerapatan serasah 20 dan 25 kg/m². Kerapatan serasah 20 kg/m² adalah perlakuan yang nyata mengurangi dapat mengurangi kepadatan tanah. Pemanfaatan serasah mengurangi kepadatan tanah oleh *forwarder* dalam penyaradan kayu .

Kata kunci : Pemadatan tanah, serasah, *forwarder*, *bulk density*, *Acacia mangium*.

ABSTRACT

The research was conducted at a forest plantation area of *Acacia mangium* at South Sumatera. The research objectives are (1) to determine the effect of slash densities in reducing soil compaction in a forest harvesting operation, (2) and to measure the degree of soil hardness after number of *forwarder* passes with or without slash. Harvesting machinery was used in this research was a *forwarder Timberjack 1010B*. Field research was designed into several plots and treatments. Bare plots were passed several times of *forwarder* and treatment of slash plot (10 kg/m², 15 kg/m², 20 kg/m², 25 kg/m²) were set for several passes of a *forwarder*. Soil hardness increased with the increase of *forwarder* passes. The increasing of *bulk density* occurred in the soil surface and also in the 30 cm depth of soil. After fifth *forwarder* passes the *bulk density* and *cone penetration index* was slightly affected any further by subsequent passes. Bare soil without slash and slash densities 10, and 15 kg/m² treatment had greater compaction than 20 and 25 kg/m². The 20 kg/m² of slash treatment was significantly lower than bare without slash. The amount of slash present reduced soil compaction by *forwarder* operation in the plantation forest.

Keywords: Soil compaction, slash, *forwarder*, *bulk density*, *Acacia mangium*.

PENDAHULUAN

Peralatan berat penyarad kayu umumnya diimpor dan pemilihan peralatan tersebut lebih difokuskan kepada kinerja produktivitas penyadaran. Sementara itu dampak terhadap kerusakan lingkungan sangat kurang diperhatikan. Umumnya penggunaan peralatan tersebut merusak tanah hutan baik berupa terbukanya lapisan permukaan tanah maupun terjadinya pemadatan tanah. Terbukanya lapisan permukaan tanah akan meningkatkan erosi dan sedimentasi, dan pemadatan tanah mengakibatkan infiltrasi air berkurang sehingga *run-off* (aliran permukaan) menjadi besar yang pada akhirnya menyebabkan banjir dan erosi yang besar. Perhatian akan besarnya banjir dan erosi akibat pemanenan hutan seyogyanya melihat akar permasalahan bahwa erosi dan banjir diperbesar akibat beroperasi alat berat di hutan.

Terbukanya lapisan atas tanah dan pemadatan tanah hutan sangat parah pada penggunaan *forwarder* untuk operasi penyaradan di areal Hutan Tanaman Industri (HTI) karena beratnya *forwarder*. Berat *forwarder* ditambah muatan dimana seluruh kayu tidak terseret dipermukaan tanah tetapi dimuat didalam bak *forwarder* mengakibatkan *ground pressure* pada permukaan tanah akan sangat besar yang pada akhirnya menyebabkan pemadatan tanah (*soil compaction*) yang sangat intensif. Terbentuknya cekungan yang dalam pada bekas jejak roda/ban (*rut/rutted*), serta terbukanya lapisan permukaan tanah (*top soil*) menunjukkan kerusakan tanah yang sangat parah akibat operasi *forwarder* tersebut.

Pemanenan hutan meninggalkan biomass sekitar 30-40% berupa bagian cabang, ranting, dan daun yang disebut serasah di dalam areal hutan. Bagian ini (serasah) tidak dimanfaatkan dan menjadi limbah. Oleh sebab itu pemanfaatan limbah pemanenan berupa serasah dipandang perlu untuk efisiensi pemanfaatan sumberdaya hutan sekaligus menerapkan pemanenan ramah lingkungan.

HTI di Indonesia seluas 2,3 juta hektar (Iskandar *et al*, 2003) saat ini sebagian telah masak tebang dan sedang dipanen. Pemanenan HTI tersebut umumnya menggunakan *forwarder* maupun *skidder* untuk menyarad kayu dari tunggak ke Tempat Pengumpulan Kayu (TPn). Mengingat besarnya dampak negatif yang ditimbulkan dari penggunaan alat tersebut, dan kurangnya perhatian terhadap masalah kerusakan lingkungan serta belum diteliti metode/teknik

penanggulangannya, maka perlu dilakukan penelitian dengan memanfaatkan limbah berupa serasah untuk mengurangi kerusakan tanah berupa pemadatan tanah dan cekungan akibat jejak roda.

Penelitian ini bertujuan:

- (1) Menganalisis tingkat kerusakan tanah pada Hutan Tanaman Industri. Dianalisis hubungan antara intensitas penyaradan kayu oleh forwarder terhadap tingkat kepadatan tanah.
- (2) Membuat metode/teknik mengurangi dampak pemadatan tanah akibat penggunaan forwarder pada operasi penyaradan kayu. Dianalisis efektivitas penggunaan serasah sebagai bantalan untuk lewatnya forwarder menentukan kerapatan dan ketebalan serasah terhadap penurunan kepadatan tanah

METODE PENELITIAN

Bahan,Alat dan Lokasi

Bahan penelitian lapangan berupa serasah yang diambil dari limbah hasil tebangan tanaman *Acacia mangium*. Peralatan berupa mesin penyarda kayu forwarder, alat pengukur tingkat kepadatan tanah berupa *cone penetrometer* dan *cylinder soil sampler*, timbangan kapasitas besar untuk menimbang serasah dan timbangan digital untuk menimbang tanah, alat ukur berupa meteran untuk mengukur kedalaman jejak roda, *clinometer* dan *GPS*. Penelitian dilakukan di areal Hak Pengusahaan Hutan Tanaman Industri (HP-HTI) berlokasi di Sumatera Selatan. Perusahaan HTI tersebut menggunakan forwarder Timberjack 1010B dalam operasi penyaradan kayunya. Pengujian sifat fisik tanah dilakukan di laboratorium mekanika tanah IPB.

Metode

Penelitian lapangan dilakukan membuat koridor jalan sarad. Koridor jalan sarad dibuat dengan cara menumpuk serasah sebagai bantalan melintasnya forwarder pada jalan sarad. Kayu yang akan disarad ditumpuk disisi koridor jalan sarad. Di sepanjang koridor jalan sarad kerapatan serasah dibuat bervariasi yakni 10 kg/m^2 , 15 kg/m^2 , 20 kg/m^2 , 25 kg/m^2 , dan tanpa serasah. Kerapatan serasah ini

merupakan perlakuan untuk mengetahui efektivitas penumpukan serasah terhadap penurunan tingkat kepadatan tanah. Manuver *forwarder* dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Forwarder (tanpa muatan) melintas pada jalan sarad (tanpa bantalan serasah) dengan intensitas lintasan 1,2,3,4,5, 8 kali
2. Forwarder (bermuatan) melintas pada jalan sarad (dengan bantalan serasah) dengan intensitas lintasan 1,2,3,4,5,8 kali melintas. Lintasan dilakukan pada berbagai kerapatan serasah yakni 10 kg/m^2 , 15 kg/m^2 , 20 kg/m^2 , 25 kg/m^2 .

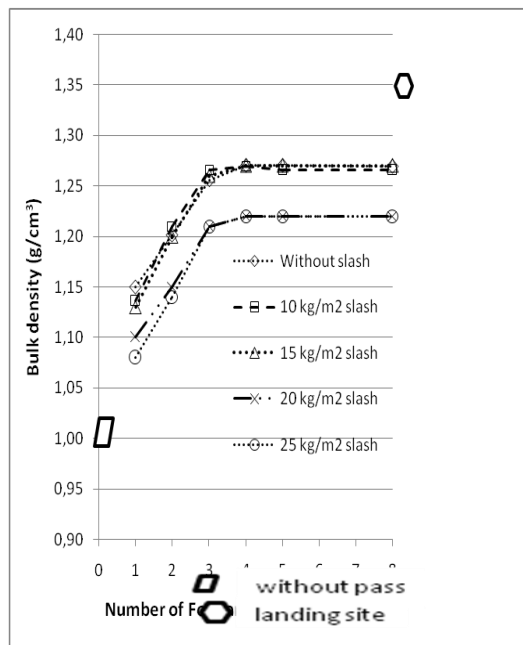
Pengukuran kepadatan tanah dengan cone penetrometer dan pengambilan tanah dengan cylinder soil sampler dilakukan pada setiap selesai manuver forwarder. Dilakukan juga pengukuran terhadap kedalaman jejak roda (rut) dan pengukuran ketebalan serasah. Paramater yang diukur berupa *cone index* (kg/cm^2), *dry bulk density* (g/cm^3), kedalaman jejak roda/*rutted* (cm), ketebalan serasah (cm).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran di lapangan menunjukkan bahwa rata-rata kepadatan tanah di areal bekas jalan sarad *forwarder timberjack* menunjukkan peningkatan *bulk density* dari keadaan tanpa serasah 1x melintas sebesar $1,15 \text{ g/cm}^3$ menjadi $1,26 \text{ g/cm}^3$ pada 3x melintas dan mencapai puncak pada 4 x melintas serta cenderung konstan sampai dengan 8x melintas. Nilai bulk density berkurang pada perlakuan menggunakan serasah. Perlakuan serasah seberat 10 dan 15 kg/m^2 belum secara nyata menurunkan kepadatan tanah. Perbedaan nyata terlihat pada serasah seberat 20 kg/m^2 . Hasil uji beda nyata menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang nyata antara tanpa serasah, dengan serasah 10 kg/m^2 dan 15 kg/m^2 . Perbedaan yang nyata terjadi pada kerapatan serasah 20 kg/m^2 dibandingkan dengan kerapatan serasah yang lebih rendah dan tanpa serasah. Hasil ini menunjukkan bahwa kerapatan serasah lebih besar atau sama dengan 20 kg/m^2 dapat mengurangi kepadatan tanah akibat operasi *forwarder Timberjack*.

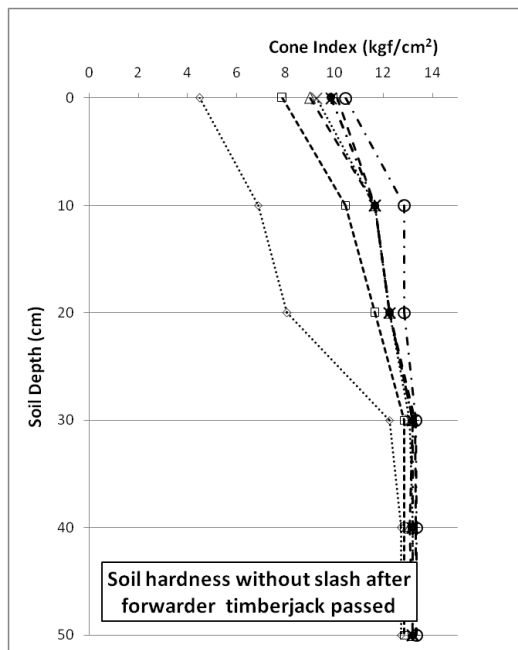
Tinggi atau tebal serasah dilapangan untuk 20 kg/m^2 adalah sekitar 140 cm serasah.

Kepadatan tanah yang dihitung dari nilai *bulk density* meningkat dengan meningkatnya intensitas penyiaran oleh forwarder timberjack. Peningkatan cenderung konstan setelah 4 x forwarder melintas pada kondisi tanpa serasah maupun dengan serasah (Gambar 1). Perlakuan serasah 20 kg/m^2 dan 25 kg/m^2 mampu menurunkan tingkat kepadatan tanah oleh *forwarder timberjack*. Kepadatan tanah pada kondisi *undisturbed* (kontrol) adalah $1,00 \text{ g/cm}^3$. Nilai kepadatan ini agak tinggi disebabkan areal yang diteliti adalah areal rotasi kedua dimana sebelumnya sudah pernah dipanen dan pernah terjadi proses pemadatan tanah menggunakan alat berat pada saat pemanenan kayu pada rotasi pertama. Pada Tpn (Tempat Pengumpulan kayu) nilai kepadatan tanah mencapai $1,35 \text{ g/cm}^2$ dimana hal ini merupakan nilai kepadatan tanah yang cukup tinggi. Hal ini terjadi karena intensitas manuver forwarder di Tpn sangat tinggi dan umumnya lebih dari 8 x melintas pada areal disekitar Tpn. Pemadatan tanah secara signifikan terjadi pada penggunaan *forwarder*, *skidder*, dan *processor* di beberapa lokasi hutan tanaman di Jepang (Matangaran *et al*, 2000; 2006⁽¹⁾, 2006⁽²⁾).

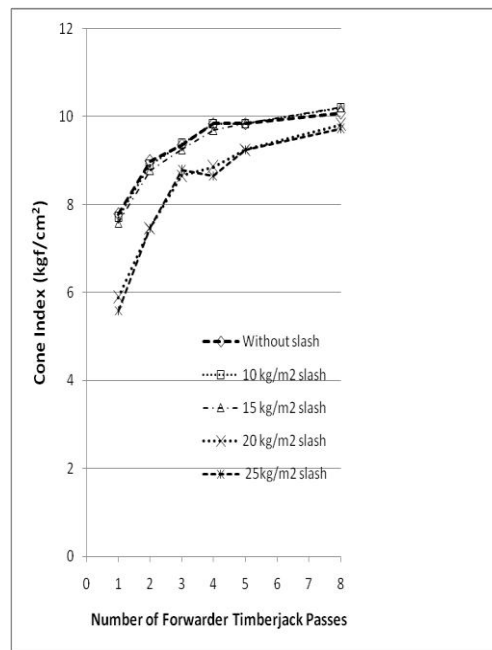


Gambar 1. Kepadatan tanah (*Bulk Density*, g/cm^3) akibat penyiaran kayu oleh Forwarder Timberjack 1010B berbagai kerapatan serasah

Pengukuran kepadatan tanah menggunakan *cone penetrometer* menunjukkan bahwa terdapat perbedaan kepadatan tanah (nilai *cone index*) pada kondisi serasah dan tanpa serasah. Peningkatan kepadatan tanah juga terjadi pada intensitas melintasnya *forwarder timberjack* yang lebih sering. Peningkatan nilai *cone index* secara drastis dari 1 x melintas sampai 3 x melintas. Intensitas penyaradan lebih dari 3x melintas menyebabkan kepadatan tanah yang tinggi dan cenderung konstan tinggi sampai dengan 8 x melintas (Gambar 2; Gambar 3).



Gambar 2. Kepadatan tanah (*Cone Index*, kg/cm²) akibat penyaradan oleh *Forwarder Timberjack 1010B* pada kondisi tanpa serasah

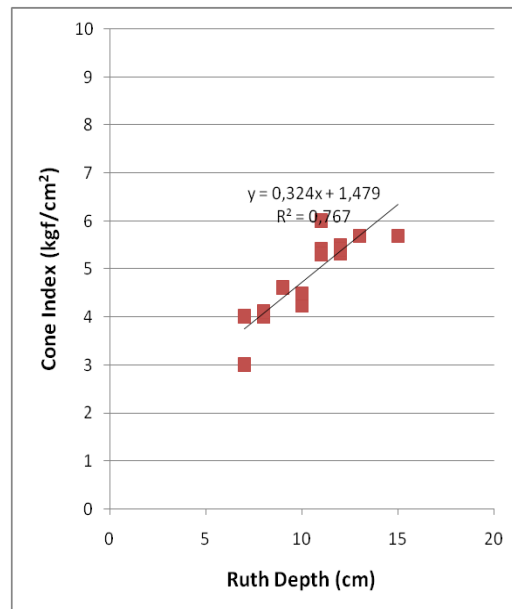


Gambar 3. Kepadatan tanah (*Cone Index*, kg/cm²) di permukaan tanah (*surface*) akibat penyaradan oleh *Forwarder Timberjack 1010B* pada berbagai kerapatan serasah

Pemadatan tanah terjadi karena dipengaruhi oleh beberapa faktor yang berhubungan dengan keadaan tanah dan gaya luar yang bekerja pada tanah tersebut. Hal yang penting diperhatikan adalah besarnya *ground pressure* dan getaran yang terjadi, lapisan serasah, tekstur tanah, struktur dan kadar air selama proses pemadatan berlangsung (Marsili *et al* 1998). Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa kepadatan tanah semakin meningkat dengan bertambahnya intensitas penyaradan kayu. Terdapat hubungan antara intensitas penyaradan kayu

terhadap peningkatan kepadatan tanah hutan. Makin tinggi intensitas penyaradan makin meningkat kepadatan tanah. Pada awal rit sampai dengan 4 atau 5 rit terjadi peningkatan yang drastis tetapi selanjutnya relatif konstan (Matangaran *et al.* 2000, 2006; Diazjunior 2003).

Gambar 4 menunjukkan hubungan rut dengan tingkat kepadatan tanah (*cone index*) yang terjadi akibat operasi *forwarder Timberjack*. Rut yang paling dalam terjadi kurang lebih 15 cm dengan nilai *cone index* sekitar 16 kg/cm². Manuver *forwarder* menyebabkan terbentuknya cekungan yang dalam pada bekas jejak roda/ban (*rutted*), serta terbukanya lapisan permukaan tanah (*top soil*) menunjukkan kerusakan tanah yang sangat parah akibat operasi *forwarder* tersebut (Aruga *et al.* 2001, Elliason 2005, Sakai *et al.* 2008).



Gambar 4. Hubungan *rut* (cekungan tanah akibat tekanan roda) dengan kepadatan tanah akibat penyaradan dengan *Forwarder*

Hasil penelitian ini menunjukkan tingkat kepadatan mencapai lebih dari 1,3 g/cm³. Peningkatan kepadatan tanah menyebabkan porositas tanah berkurang, nilai kohesi tanah meningkat, dan sudut geser tanah akan bertambah besar. Hal ini akan menyebabkan penetrabilitas tanah menurun. Penggunaan alat berat untuk operasi pemanenan kayu pada tapana pekerjaan penebangan maupun penyaradan akan meningkatkan kepadatan tanah. Peningkatan kepadatan tanah ini akan

menyebabkan pertumbuhan akar akan terganggu. Pertumbuhan akar yang terganggu akan berdampak negatif pada kedalaman penetrasi akar yang berujung pada kemampuan akar menyerap hara pada permukaan tanah yang lebih luas. Pada akhirnya pertumbuhan awal anakan pohon yang ditanam di lapangan akan terganggu pada tanah yang telah terpadatkan tersebut. Matangaran dan Kobayashi (1999), Matangaran (2004;2002) mengemukakan bahwa dengan meningkatnya kepadatan tanah maka pertumbuhan anakan akan terganggu, dan kepadatan tanah $1,3 \text{ g/cm}^3$ merupakan batas kritis terhadap pertumbuhan anakan *Shorea selanica*.

KESIMPULAN

Pemanfaatan serasah pada koridor jalan sarad sebagai bantalan forwarder dapat mengurangi kepadatan tanah. Serasah setebal ≥ 140 cm dari permukaan tanah atau kerapatan $\geq 20 \text{ kg/m}^2$ secara nyata menurunkan tingkat kepadatan tanah, sedangkan kerapatan serasah 10 dan 15 kg/m^2 tidak secara nyata menurunkan kepadatan tanah.

Peningkatan kepadatan tanah (*bulk density*) dan nilai *cone index* semakin tinggi dengan bertambahnya intensitas penyaradan kayu. Nilai kepadatan tanah lebih tinggi pada tanah tanpa perlakuan serasah dibandingkan dengan perlakuan serasah. Peningkatan kepadatan tanah akibat beroperasinya peralatan penyaradan kayu tidak saja dipermukaan tanah (*surface*) tetapi penambahan kepadatan tanah sampai dengan kedalaman 30 cm kedalam tanah.

Pola sarad menggunakan serasah dapat digunakan dengan mempertimbangkan jumlah lintasan dan ketebalan serasah menjadi masukan untuk “reduce impact logging”

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih yang sebesar-besarnya disampaikan kepada Ditjen Pendidikan Tinggi Depdiknas atas sponsor biaya penelitian ini, LPPM IPB yang telah mengelola hibah kompetitif ini, Dr. Cipta Purwita atas bantuannya sehingga penelitian ini dapat terlaksana di areal HTI di Sumatera Selatan serta staf dan laboran laboratorium mekanika tanah Fateta IPB atas bantuan dan kerjasamanya.

DAFTAR PUSTAKA

- Aruga K, Matangaran JR, Nakamura K, Sakurai R, Iwaoka M, Nitami T, Sakai H, Kobayashi H. 2001 Vehicle Management System for Forest Environmental Conservation. *In* Proceeding of The First International Precision Forestry Cooperative Symposium. USDA Forest Service, Seattle, Washington, June 17-20, 2001
- Diazjunior M. 2003. A Soil Mechanics Approach to Study Soil Compaction and Traffic Effect on the Pre consolidation Pressure of Tropical Forest. *Soil Sci.Fed Univ.of Lavras Brazil*.
- Eliasson L.2005. Effect of Forwarder Tyre Pressure on Rut Formation and Soil Compaction. *Silva Fennica* 39(4):549-557
- Iskandar U, Ngadiono, Nugraha A.2003. *Hutan Tanaman Industri Di Persimpangan Jalan*. Arivco Press, Jakarta.
- Marsili A,Servadio P,Pagliai M,Vignozzi N. 1998. Change of Some Physical Properties of a Clay Soil Following Passage of Rubber and Metal Tracked Tractors. *Soil and Tillage Research* 49(3):185-199
- Matangaran JR,Aruga K,Sakurai R,Iwaoka M, Sakai H. 2006⁽¹⁾. The Recovery of Soil Compaction in the Selection Logged Over Area at Tokyo University Forest in Hokkaido. *Journal of The Japan Forest Engineering Society*,Vol 21(1): 79-82
- Matangaran JR,Aruga K,Sakurai R,Sakai H,Kobayashi H. 2006⁽²⁾. Effects of Multiple Passes of Tractor on Soil Bulk Density A Case Study in the Boreal Natural Forest of Tokyo University Forest in Hokkaido. *Journal of the Japan Forest Engineering Society*, Vol 21 (3): 227-231
- Matangaran JR. 2004. The Growth of Mangium (*Acacia mangium* Willd) and KayuAfrika (*Maesopsis eminii* Engl.) on Compacted Soil. *Jurnal Teknologi Hasil Hutan*,Vol. XVII (2):51-59
- Matangaran JR. (2002) Recovery of Soil Compaction on Skidding Trail. *Jurnal Teknologi Hasil Hutan* Vol. XV (2):38-47
- Matangaran JR, Iwaoka M,Sakai H and Kobayashi H. 2000 Soil Compaction by a Small Sized Processor, Forwarder and Skidder in Timber Harvesting. *In* Proceeding of XXI International Union Forestry Researchers Organization (IUFRO) World Congress 2000,7-12 August, Kuala Lumpur.
- Matangaran JR,Iwaoka M,Sakai H and Kobayashi H. 1999 Soil Compaction by a Processor and Forwarder on a Thinning Site. *Journal of The Japan Forest Engineering Society* Vol.14 (3): 209-212.

Matangaran JR, Kobayashi H. 1999 The Effect of Tractor Logging on Forest Soil Compaction and Growth of *Sorea selanica* Seedling in Indonesia. *Journal of Forest Research* Vol.4 (1) :13-15.

Sakai H, Nordfjell T, Suadican K, Talbot B, Bollehuus E. 2008. Soil Compaction on Forest Soils From Different Kinds of Tires and Tracks and Possibility of Accurate Estimate. *Croatia Journal Forest Engineering* 29(1):15-27.

PENGEMBANGAN MODEL PENGELOLAAN PERKEBUNAN KELAPA SAWIT PLASMA BERKELANJUTAN PADA LAHAN KERING MASAM
(Development of Sustainable Small Holder Oil Palm Management Model in Acid Dry Land)

**Santun R. P. Sitorus¹⁾, Hermanto Siregar²⁾, Undang Kurnia³⁾, D. Subardja³⁾,
I Gusti Putu Wigena³⁾**

¹⁾Dep. Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, IPB

²⁾Dep. Ilmu Ekonomi, Fakultas Ekonomi dan Manajemen, IPB

³⁾ Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, DEPTAN

ABSTRAK

Penelitian dilakukan untuk mencari model pengelolaan perkebunan kelapa sawit plasma berkelanjutan tahap III yang merupakan kelanjutan penelitian 2 tahun sebelumnya sebagai solusi yang tepat dalam mengatasi masalah tersebut. Penelitian dilakukan mulai bulan Februari 2009 sampai dengan Desember 2009 di Perkebunan Inti Rakyat (PIR) kelapa sawit plasma Sei Tapung Kecamatan Ujung Batu, Propinsi Riau. Tujuan penelitian adalah: (1) Mengetahui tingkat kesesuaian lahan dan faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas lahan kelapa sawit plasma, (2) Memperoleh model pengelolaan perkebunan kelapa sawit plasma berkelanjutan yang sesuai dengan kondisi biofisik, ekonomi dan sosial masyarakat, (3) Merumuskan skenario strategis untuk mengaplikasikan model pengelolaan perkebunan kelapa sawit plasma berkelanjutan yang dibangun untuk mendukung pengoptimalisasian sumberdaya lahan dan sumberdaya manusia di wilayah pedesaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perkebunan kelapa sawit plasma berkelanjutan untuk periode 2010-2035 di Sei Tapung memungkinkan dicapai melalui rekayasa model pengelolaan yang didukung oleh kondisi biofisik, sumberdaya manusia dan pemerintah daerah. Kesimpulan terinci adalah sebagai berikut: (1) Sebagian besar (56%) kesesuaian lahan kebun plasma Sei Tapung termasuk kategori S2-nr (cukup sesuai dengan faktor pembatas retensi unsur hara) dengan rata-rata produktivitas 20,43 ton TBS/ha/tahun, sekitar 18% S2-nr,eh,rc (cukup sesuai dengan retensi hara, perakaran dan lereng sebagai pembatas) dengan produktivitas 16,44 ton TBS/ha/tahun dan sisanya termasuk kelas S2-nr,rc (cukup sesuai dengan retensi hara dan perakaran sebagai pembatas) dengan produktivitas 17,21 ton TBS/ha/tahun. (2) Model pengelolaan kebun kelapa sawit plasma yang dibangun menunjukkan penduduk, lahan dan produksi tandan buah segar (TBS) kelapa sawit merupakan faktor utama yang menjadi kunci untuk mencapai kebun kelapa sawit plasma berkelanjutan. Rata-rata pertambahan penduduk harus dipertahankan sebesar 1,12% untuk mengurangi tekanan terhadap lahan. Indikator perkebunan kelapa sawit plasma berkelanjutan priode tahun 2010-2035 di Sei Tapung adalah: (a) Kondisi fisik lahan tetap baik, yang tercermin dari rendahnya degradasi lahan sekitar 0,03-0,08% dan juga rendahnya penurunan daya dukung lingkungan sekitar 0,002-0,01%. Berdasarkan kondisi lahan tersebut, rata-rata produksi kelapa sawit yang bisa dicapai sebesar 24,19 ton TBS/ha/tahun, (b) Pendapatan yang diperoleh petani rata-rata sebesar Rp. 41.190.800/tahun. (3) Terdapat 7 variabel kunci untuk mencapai kondisi kebun plasma kelapa sawit berkelanjutan yaitu luas lahan, status lahan, teknologi pengelolaan, modal, SDM, kelembagaan dan kebijakan pemerintah. Rumusan skenario strategis moderate/medium paling berpeluang untuk mengimplementasikan model pengelolaan kebun plasma kelapa sawit berkelanjutan yang dibangun.

Kata Kunci: Kelapa sawit, lahan kering masam, model, pengelolaan, plasma.

ABSTRACT

The research was done from February to December 2009 at nucleus estate smallholder at Sei Tapung, Ujungbatu Sub District, Rokan Hulu District, Riau Province. The objectives of this research were : (1) to know land suitability level and factors affecting small holder oil palm land productivity; (2) to get sustainable small holder oil palm estate management model matching with biophysical, economical and social community conditions; (3) to formulate strategic scenario for sustainable smallholder oil palm estate management to support optimalization of land and human resources in rural area. Result of the research showed that large part of land suitability (2658 hectares) can be grouped into S2-nr (moderately suitable with nutrient retention as limiting factor), 820 hectares as S2-rc, nr (moderately suitable with root condition and nutrient retention as limiting factors), 273 hectares as S2-nr,eh (moderately suitable with nutrient retention and erosion as limiting factors) and 1005 hectares as S3-rc,nr,eh (conditionally suitable with root condition, nutrient retention and erosion as limiting factors). The sustainability of smallholder oil palm plantation can be achieved through creating model with the condition are increasing of human resources should be 1.12%, working capital a number of Rp. 21.830.000; application of high yielding variety (LaMe), and application of improved technology. The indicators of sustainability conditions are average fresh fruit bunch 24.19 tones/ha/year, both land degradation and decreasing of environmental carrying capacity at low level about 0.03-0.08% and 0.002-0.01%, and farmer's income about Rp. 41.190.800/year. The medium scenario showed the highest potential in creating sustainability of smallholder oil palm model.

Keywords : Acid dryland, management, model,oilpalm, smallholder.

PENDAHULUAN

Pada Tahun Anggaran 2007 dan 2008 telah dilakukan penelitian untuk mencari model pengelolaan perkebunan kelapa sawit plasma berkelanjutan di PIR-Trans PTPN V Sei Pagar dan Sei Galuh, Kabupaten Kampar. Kegiatan penelitian tahun 2007 dan 2008 tersebut dilakukan pada lahan gambut dangkal dan gambut dalam dengan topografi datar. Penelitian tersebut masih perlu ditindaklanjuti dengan penelitian pada lahan kering masam dengan topografi begelombang-berbukit sebagai media tumbuh kelapa sawit yang dominan di Indonesia dengan tujuan untuk memperoleh model pengelolaan kebun kelapa sawit plasma berkelanjutan yang mampu memenuhi aspek-aspek pertumbuhan ekonomi (*profit*), mempertahankan kualitas lingkungan (*planet*) serta kesetaraan sosial (*people*).

Tujuan penelitian ini adalah memperoleh model pengelolaan kebun kelapa sawit plasma berkelanjutan yang mampu memenuhi aspek-aspek pertumbuhan ekonomi (profit), mempertahankan kualitas lingkungan (planet) serta kesetaraan sosial. Tujuan rinci penelitian ini adalah :

1. Mengetahui tingkat kesesuaian lahan dan faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas lahan kelapa sawit plasma
2. Memperoleh model pengelolaan perkebunan kelapa sawit plasma berkelanjutan yang sesuai dengan kondisi biofisik, ekonomi dan sosial masyarakat.
3. Merumuskan skenario strategis untuk mengaplikasikan model pengelolaan perkebunan kelapa sawit plasma berkelanjutan yang dibangun untuk mendukung pengoptimalisasian sumberdaya lahan dan sumberdaya manusia di wilayah pedesaan.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Lokasi

Penelitian dilakukan pada bulan Februari sampai Desember 2009 di perkebunan plasma PIR-Trans PT. Perkebunan Nusantara V Sei Tapung yang termasuk kebun Sei Rokan Grup Kabupaten Rokan Hulu Provinsi Riau. Sejak tahun 1985-1990, kelapa sawit rakyat (plasma) di lokasi ini dikembangkan melalui pola PIR-Trans seluas 10000 hektar dengan PT Perkebunan Nusantara V sebagai Perusahaan Inti.

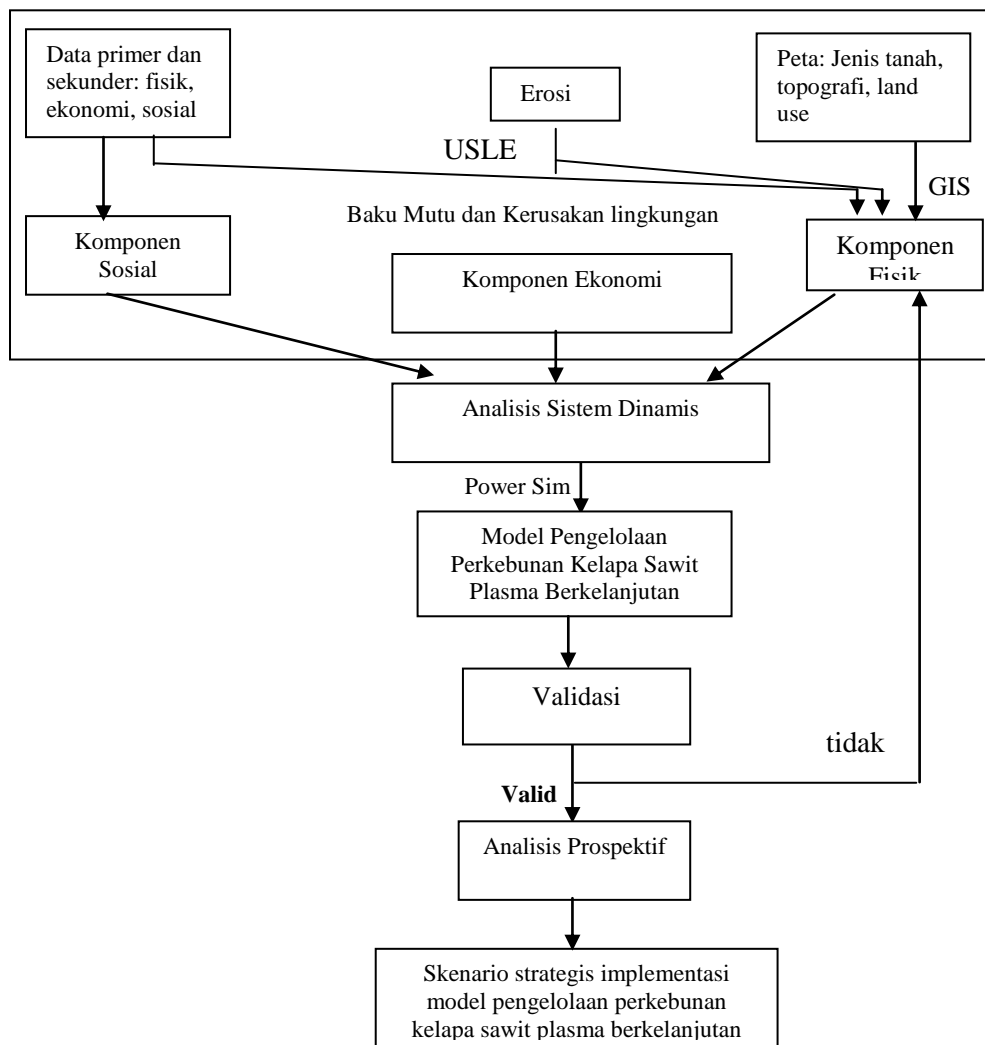
Jenis dan Sumber Data

Jenis data yang digunakan adalah data sekunder meliputi aspek fisik sumberdaya lahan, iklim, demografi, sosial budaya, ekonomi, pengelolaan perkebunan kelapa sawit, dan laporan serta dokumen lainnya yang relevan. Data sekunder bersumber dari RSPO, Perusahaan Inti, Instansi Terkait Pemda, LSM, Kelompok Tani, dan instansi lain yang berhubungan dengan kelapa sawit. Data primer diperoleh dengan cara survei dengan meliputi data fisik lahan, data sosial budaya, ekonomi, demografi, pengelolaan kelapa sawit. Data ini bersumber dari

Kelompok Tani, Instansi Terkait Pemda, LSM, Perusahaan Inti, dan Instansi lainnya yang berkaitan dengan kelapa sawit.

Ruang Lingkup dan Jenis Kegiatan

Urutan kegiatan penelitian disajikan pada Gambar 1. Sebagai tahap awal dilakukan pengumpulan data primer dan sekunder yang menyangkut data biofisik, data sosial dan data ekonomi. Tahapan ini dilakukan melalui kegiatan pengambilan contoh tanah komposit, contoh tanah ring, contoh daun sawit.



Gambar 1. Skema Urutan Kegiatan Penelitian

Pengumpulan data ekonomi dan sosial dilakukan dengan survei dengan kuesioner terstruktur terhadap petani, kelompok tani, ketua KUD, perusahaan kebun inti dan instansi terkait di tingkat kabupaten. Penggalan pendapat para pakar perkebunan dilakukan melalui *Focus Group Discussion* (FGD) terhadap ketua KUD, ketua Kelompok tani, staf PT Perkebunan Nusantara V di lokasi penelitian dan di Pekanbaru serta Dinas Pemda terkait.

Untuk melihat faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas kelapa sawit plasma, dilakukan analisis kesesuaian lahan dengan mengintegrasikan karakter tanah, iklim dan persyaratan tumbuh kelapa sawit. Untuk memperoleh model pengelolaan perkebunan kelapa sawit plasma berkelanjutan dilakukan dengan Analisis Sistem Dinamik. Dari kegiatan tersebut diperoleh faktor-faktor dominan yang berpengaruh terhadap pengelolaan perkebunan kelapa sawit plasma berkelanjutan.

Tahap selanjutnya adalah analisis prospektif untuk memperoleh skenario strategis dalam aplikasi model pengelolaan perkebunan kelapa sawit plasma berkelanjutan yang dibangun. Analisis prospektif termasuk kegiatan penelitian yang berfokus pada penilaian para pakar (*experties judgement*) sehingga perekaman data untuk analisis prospektif dilakukan dengan metode *Focus Group Discussion* (FGD).

Teknik Analisis Data

Data yang terkumpul meliputi aspek sosial, ekonomi dan biofisik kemudian dianalisis sebagai komponen untuk memvalidasi model perkebunan kelapa sawit plasma berkelanjutan. Analisis data disesuaikan dengan tujuan penelitian. Keragaman kesesuaian lahan dan faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas kelapa sawit diestimasi dengan membuat peta kesesuaian lahan dengan melakukan *overlay* peta tanah, peta lereng, peta iklim, penggunaan lahan dan bahan induk. Analisis Sistem Dinamik untuk memperoleh model pengelolaan perkebunan kelapa sawit plasma serta Analisis Prospektif untuk memperoleh skenario strategis aplikasi model pengelolaan kelapa sawit berkelanjutan yang dibangun.

Kesesuaian Lahan

Kesesuaian lahan kelapa sawit untuk lokasi penelitian diperoleh dengan melakukan *Overlay* peta tanah, lereng, peta iklim, penggunaan lahan (vegetasi) serta peta bahan induk. Peta kesesuaian lahan akan mengacu pada konsep kesesuaian lahan yang dikembangkan oleh Hardjowigeno *et al.* (1999) dan Djaenudin *et al.* (2003). Dalam metode ini, karakteristik lahan yang dinilai adalah temperatur, ketersediaan air, ketersediaan oksigen, media perakaran, ketebalan gambut, retensi hara, toksisitas, sodisitas, bahaya sulfidik, bahaya erosi, bahaya banjir serta penyiapan lahan.

Pendekatan Sistem

Pendekatan sistem digunakan pada penelitian ini karena dalam pengelolaan kelapa sawit yang berkelanjutan melibatkan banyak *stakeholders* dengan beragam kepentingan yang memerlukan penyelesaian secara holistik. Komponen pengelolaan perkebunan kelapa sawit berkelanjutan juga kompleks, yang secara umum dikelompokkan atas 3 komponen utama yaitu sumberdaya alam, sumberdaya manusia, dan sosial-ekonomi. Pendekatan sistem akan memberikan penyelesaian masalah yang kompleks dengan metode dan alat yang mampu mengidentifikasi, menganalisis, mensimulasi dan mendisain sistem dengan komponen-komponen yang saling terkait, yang diformulasikan secara lintas disiplin dan komplementer untuk mencapai tujuan yang sudah ditetapkan (Eriyatno, 2003). Pendekatan sistem terdiri dari tahapan analisis kebutuhan, formulasi masalah, identifikasi sistem, simulasi sistem dan validasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kesesuaian Lahan untuk Kelapa Sawit

Kelas kesesuaian lahan untuk kelapa sawit di daerah Sei Tapung ditetapkan dengan cara membandingkan karakteristik dan kualitas lahan yang dimiliki oleh masing-masing satuan lahan dengan kriteria kesesuaian kelapa sawit yang disusun oleh Djaenuddin *et al.* (2003). Hasil evaluasi lahan saat ini (aktual) untuk kelapa sawit di daerah penelitian Sei Tapung disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kesesuaian Lahan untuk Kelapa Sawit pada Setiap Satuan Lahan di Daerah Sei Tapung

No	Satuan Fisiografi		Klasifikasi	Kelas kesesuaian	Luas (ha)	Produktivitas (t/ha/thn)
	Simbol	Uraian				
1	Au.1	Dataran aluvial, datar agak cekung <3%, bahan aluvium	Aluvial (Endoaquepts),	S2-rc,nr	820	>17.21
2	P.1.1	Dataran datar <3%, batuliat/bahan campuran	Podsolik Merah Kuning (Dystrudepts)	S2-nr	1340	>20.43
3	P.3.1	Dataran berombak 3-8%, batuliat dan batupasir	Podsolik Merah Kuning (Dystrudepts, Kandiodults)	S2-nr	1318	20.43
4	P.4.1	Dataran berombak-bergelombang 5-12 %, batuliat dan batupasir	Podsolik Merah Kuning (Kandiodults)	S2-nr,(eh)	206	>17.21
5	P.5.2	Dataran bergelombang agak tertoreh, 8-15%, batuliat dan batupasir	Podsolik Merah Kuning (Kandiodults, Dystrudepts)	S2-nr,eh	67	18.50
6	P.7.2	Dataran berbukit kecil tertoreh, 15-25%, batupasir, batuliat	Podsolik Merah Kuning (Hapludox, Kandiodults)	S3-nr,eh	130	17.21
7	H.1.3	Perbukitan tertoreh, 15-40%, batupasir	Podolik Merah Kuning (Hapludox)	S3-rc,nr,eh	875	16.44

Secara teoritis dinyatakan bahwa kelas kesesuaian lahan akan mencerminkan produktivitas kelapa sawit di suatu areal tertentu. Hubungan antara kelas kesesuaian lahan dengan produksi tanaman sebagai berikut:

Kelas S1: sangat sesuai : >80-100 % produksi

Kelas S2: cukup sesuai : >60-80% produksi

Kelas S3: sesuai marjinal : 40-60% produksi

Kelas N: tidak sesuai : <40% produksi

Hal ini berarti bahwa semakin baik kelas kesesuaiannya, maka akan semakin tinggi produksi kelapa sawit (tbs/ha) yang akan diperolehnya. Hubungan kelas kesesuaian lahan dengan produksi kelapa sawit (ton tbs/ha) pada masing-masing satuan lahan di perkebunan Sei Tapung dapat dilihat pada Tabel 1 terdahulu. Data yang tersedia hanya terbatas pada produksi kelapa sawit (ton tbs/ha) pada kebun inti tahun 2008. Walaupun data kurang lengkap dan agak kasar, namun terlihat jelas adanya hubungan antara karakteristik dan kelas kesesuaian lahan dengan produktivitas lahan/kelapa sawit. Input produksi berupa

pupuk umumnya diberikan dengan dosis sama untuk semua blok kebun. Dosis pupuk yang diberikan per pokok pada tahun 2003 sampai 2008 dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Realisasi pemupukan tanaman kelapa sawit Kebun Sei Tapung (Tahun tanam 1984 – 1986)

Jenis pupuk	Dosis (kg/pokok/th)					
	2003	2004	2005	2006	2007	2008
ZA	3,0	1,5	-	-	-	-
Urea	-	0,5	1,8	1,0	-	-
NPK	-	-	-	-	3,0	1,75
RP	2,0	1,0	0,8	-	-	-
MOP	1,75	1,0	0,8	-	-	-
DOL	1,75	-	1,0	3,15	2,25	1,25
OST	0,125	0,25	0,2	-	-	-
PHE	-	-	-	0,25	0,25	0,125
SKMG	-	1,25	-	-	-	-

Model Pengelolaan Perkebunan Kelapa Sawit Plasma Berkelanjutan

Model pengelolaan perkebunan kelapa sawit plasma berkelanjutan di Sei Tapung diestimasi dengan pendekatan sistem dinamis. Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan, umur ekonomis kelapa sawit yang dibudidayakan pada tanah-tanah masam sekitar 25 tahun (Adiwiganda, 2002). Oleh karena itu, maka model yang dibangun di set dalam jangka waktu 25 tahun yaitu sejak tahun 2010 sampai tahun 2035. Semua variabel perkebunan kelapa sawit berkelanjutan dikaitkan satu dengan lainnya dalam satu rangkaian hubungan simpal-kausal Diagram Alir yang menggambarkan pengaruh satu variabel terhadap variabel lainnya untuk mencapai kondisi berkelanjutan tertera pada Gambar 2.

Secara umum, Diagram Alir pengelolaan perkebunan kelapa sawit plasma berkelanjutan di Sei Tapung dikelompokkan kedalam 3 Sub Model yaitu Sub Model Biofisik, Sub Model Ekonomi dan Sub Model Sosial. Sub Model Biofisik merupakan Sub Model utama (*main sub model*) yang menjelaskan pertumbuhan penduduk, perubahan luas lahan dan peningkatan produksi serta dampaknya terhadap penyerapan tenaga kerja dan lingkungan. Ketiga variabel utama tersebut dikaitkan oleh variabel penghubung (*sub variable*) yaitu tenaga kerja, *input* produksi, teknik budidaya (*management*), daya dukung lingkungan, degradasi

jumlah angkatan kerja. Peningkatan ini terkait langsung dengan luas lahan melalui faktor koreksi penambahan luas lahan yang cenderung semakin rendah dari waktu ke waktu karena terbatasnya lahan yang ada. Sementara itu, luas lahan terkait dengan produksi melalui faktor laju penambahan produktivitas tanaman menghasilkan yang secara langsung terkait dengan tingkat produktivitas tanaman menghasilkan. Selain luas lahan, variabel pengelolaan (*management*) dan *input* produksi juga terkait dengan variabel utama produktivitas tanaman menghasilkan melalui variabel produktivitas lahan. Variabel *input* produksi terkait dengan produktivitas lahan melalui faktor koreksi *input* produksi, sedangkan variabel manajemen melalui faktor koreksi manajemen. Kedua variabel ini terkait dengan produksi melalui faktor laju penambahan produktivitas tanaman menghasilkan. Sub Model Ekonomi menggambarkan keterkaitan variabel biaya produksi dan pengolahan produksi kelapa sawit dengan pasar, tenaga kerja, subsidi *input*, regulasi, pendapatan, pajak dan Pendapatan Asli Daerah (PAD).

Regulasi akan mempengaruhi subsidi *input* produksi, yang selanjutnya mempengaruhi laju pertambahan biaya produksi dan pengolahan produksi kelapa sawit. Selain itu, regulasi mempengaruhi tingkat harga produksi, yang selanjutnya mempengaruhi penerimaan masyarakat. Oleh karena itu, dalam nuansa otonomi daerah, regulasi diharapkan menghasilkan paket kebijakan yang berpihak kepada kepentingan petani seperti harga sarana produksi dan TBS yang transparan. Selama ini penentuan harga TBS lebih didominasi oleh pihak Perusahaan Inti terutama dalam penetapan rendemen minyak yang sangat berpengaruh terhadap harga akhir TBS petani. Kondisi ini merangsang petani untuk menjual TBS ke PKS non inti karena harganya lebih tinggi dan dibayar langsung secara tunai (*cash*).

Selain dampak fisik dan ekonomi, kehadiran perkebunan kelapa sawit juga berdampak terhadap kondisi sosial yang menjelaskan hubungan antara variabel kapasitas industri pengolahan produksi kelapa sawit dengan tenaga kerja, kualitas sumberdaya manusia, kelembagaan, teknologi pengolahan produksi, kontinuitas produksi, produksi limbah dan kerusakan lingkungan. Pendidikan masyarakat membentuk hubungan *building block reinforcing* terhadap kapasitas industri. Pendidikan masyarakat mempengaruhi kualitas sumberdaya manusia dan

perbaikan teknologi pengolahan produksi dan selanjutnya menurunkan emisi limbah serta tingkat kerusakan lingkungan. Demikian juga kelembagaan, mempengaruhi laju peningkatan kapasitas industri bersama dengan jumlah produksi kelapa sawit.

Sebaliknya, limbah industri membentuk hubungan *building block balancing* terhadap kapasitas industri. Peningkatan limbah industri meningkatkan kerusakan lingkungan dan degradasi lahan, yang selanjutnya menurunkan produktivitas lahan dan tingkat produksi kelapa sawit. Adanya perbaikan teknologi akan mampu menjaga keseimbangan antara kedua mekanisme tersebut. Teknologi tersebut antara lain aplikasi limbah cair pabrik kelapa sawit sebagai pupuk organik setelah diberi perlakuan penurunan BOD sampai di bawah 3500 mg/ltr dan teknik pemberian pupuk yang dibenam ke dalam tanah untuk mengurangi kehilangan pupuk melalui penguapan, aliran permukaan dan erosi. Pemanfaatan pupuk majemuk padat *slow release* yang dibenamkan kedalam tanah juga menurunkan pencemaran lingkungan secara nyata.

Analisis Prospektif

Analisis prospektif dilakukan untuk memperoleh strategi rumusan pengelolaan perkebunan kelapa sawit plasma berkelanjutan setelah diketahui potensi dan permasalahan yang terjadi di lapangan melalui analisis-analisis lainnya. Dari analisis sebelumnya diketahui sebanyak 17 variabel yang berperan dalam pengelolaan perkebunan kelapa sawit yaitu: luas lahan, status penguasaan lahan, kesesuaian lahan, sumberdaya manusia, modal, kelembagaan, teknologi, upah tenaga kerja, harga saprodi, harga produksi, kebijakan pemerintah, pendapatan petani, pencemaran lingkungan, *aturan World Trade Organization* (WTO), konflik sosial, produksi TBS dan kualitas CPO.

Langkah awal dari analisis prospektif adalah melakukan analisis pengaruh timbal balik atau kaitan pengaruh/ketergantungan (*influence/dependence, I/D*) dari semua variabel terkait. Semua variabel dimasukkan ke dalam matrik pengaruh variabel dan hubungan otomatis, diurut dari lajur paling kiri ke bawah dan kekanan. Penilaian pengaruh terdiri atas penilaian pengaruh langsung dari setiap variabel terhadap semua variabel lainnya dengan menggunakan skala dari

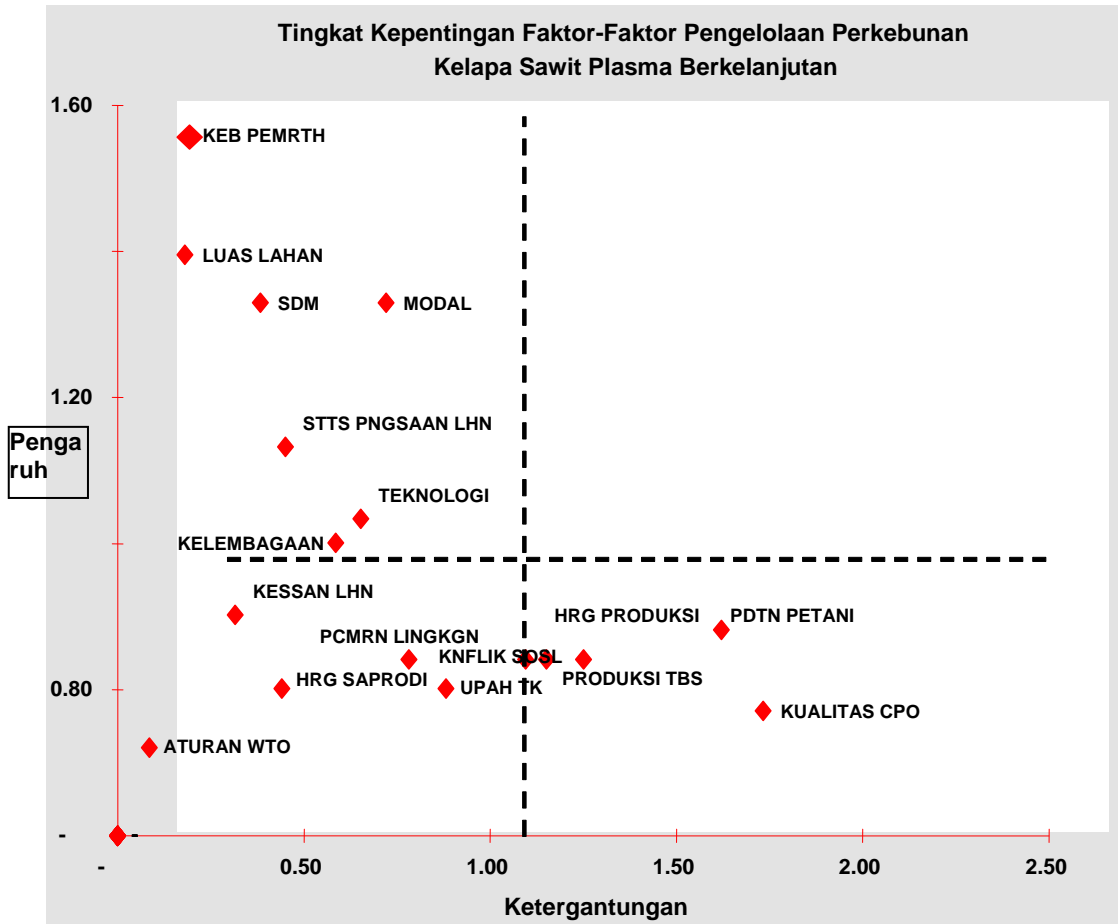
”0=tidak ada pengaruh” sampai ”3=pengaruh sangat kuat”. Dengan perangkat lunak *Microsoft Excel*, semua nilai yang dimasukkan akan diakumulasi untuk memperoleh pengaruh/ketergantungan global variabel yang dinilai. Dalam matrik ini, tidak hanya pengaruh langsung, tetapi pengaruh tak langsung dari satu variabel terhadap semua variabel lainnya juga bisa ditampilkan (Bourgeois, 2007) (Tabel 3).

Tabel 3. Nilai Pengaruh dan Ketergantungan Global Faktor - Faktor Terkait Pengelolaan Kebun Kelapa Sawit Plasma Berkelanjutan di Sei Tapung

Faktor	Pengaruh global	Ketergantungan global	Kekuatan global	Kekuatan global tertimbang
Luas lahan	21	14	0.04	1.36
Stt penguasaan lahan	20	17	0.04	1.16
Kesesuaian lahan	18	14	0.03	1.09
SDM	20	14	0.04	1.27
Modal	22	24	0.03	1.13
Kelembagaan	19	16	0.03	1.11
Teknologi	21	22	0.03	1.10
Upah tenaga kerja	13	15	0.02	0.65
Harga saprodi	13	18	0.03	0.87
Harga produksi	19	21	0.03	0.97
Kebijakan pemerintah	24	15	0.05	1.59
Pendapatan petani	18	31	0.02	0.71
Pencemaran lingkungan	18	14	0.03	1.09
Aturan WTO	10	7	0.02	0.63
Konflik sosial	14	18	0.02	0.66
Produksi TBS	19	29	0.02	0.81
Kualitas CPO	19	29	0.02	0.81

Pada pengaruh global, variabel kebijakan pemerintah memiliki nilai tertinggi (24), modal (22), luas lahan (21), teknologi (21), luas lahan (20) dan teknologi pengelolaan (20). Ketergantungan global tertinggi diperoleh pada variabel pendapatan petani (31), diikuti oleh kualitas CPO (29), produksi TBS (29), modal (24), teknologi (22) dan harga produksi (21). Nilai kekuatan global menunjukkan bahwa kebijakan pemerintah mempunyai nilai tertinggi sebesar 0,05 diikuti oleh luas lahan, status penguasaan lahan dan SDM masing-masing sebesar 0,04. Kekuatan global tertimbang, variabel kebijakan pemerintah memiliki nilai tertinggi (1,59), diikuti oleh luas lahan (1,36), SDM (1,27), status penguasaan lahan (1,16), modal (1,13) dan kelembagaan (1,11).

Tahapan selanjutnya adalah analisis struktur yang meliputi kegiatan penentuan posisi variabel, distribusi variabel dan seleksi variabel. Posisi variabel dilakukan pada grafik berkuadran 4 dan 2 sumbu yaitu sumbu X (*horizontal*) sebagai tempat kedudukan nilai ketergantungan dan sumbu Y (*vertical*) sebagai tempat kedudukan nilai pengaruh dari variabel. Dengan memasukkan nilai pengaruh dan ketergantungan, diperoleh sebaran semua variabel seperti Gambar 3.



Gambar 3. Sebaran Variabel-variabel pada Pengelolaan Kebun Kelapa Sawit Plasma Berkelanjutan Di Sei Tapung

Terlihat bahwa variabel-variabel yang memiliki pengaruh tinggi dan ketergantungan rendah sebanyak 6 variabel yaitu: status penguasaan lahan, luas lahan, teknologi pengelolaan, sumberdaya manusia, kelembagaan, kebijakan pemerintah dan modal. Sebanyak 5 variabel yang mempunyai pengaruh rendah dan ketergantungan tinggi yaitu harga produksi, kesesuaian lahan, produksi TBS,

pendapatan petani dan kualitas CPO. Sementara itu, variabel yang mempunyai pengaruh dan ketergantungan rendah sebanyak 4 yaitu aturan WTO, harga saprodi, pencemaran lingkungan dan upah tenaga kerja.

Analisis bentuk distribusi variabel memperlihatkan bahwa variabel-variabel sebarannya dominan sepanjang garis diagonal kuadran I menuju ke kuadran III. Kondisi ini mengindikasikan bahwa sistem yang dibangun stabil karena beberapa variabel penggerak (kuadran I, mempunyai pengaruh tinggi dan ketergantungan rendah) dengan kuat mengatur variabel *output* (kuadran III, mempunyai ketergantungan tinggi dan pengaruh rendah). Variabel marginal (kuadran IV, pengaruh dan ketergantungan rendah) jumlahnya sedikit (Bourgeois, 2004). Dalam kondisi seperti ini, dengan meng "adjust" variabel-variabel pada kuadran I (luas lahan, penguasaan lahan, kesesuaian lahan, sumberdaya manusia, kebijakan pemerintahan dan kelembagaan) akan menyebabkan pengaruh nyata pada *output* yang dihasilkan oleh sistem yang dibangun yang tercermin pada variabel-variabel kuadran III (teknologi, produksi TBS, kualitas CPO, harga TBS dan pendapatan petani). Jadi sistem yang dibangun sudah termasuk baik, stabil serta sedikit mendapat pengaruh dari variabel-variabel marginal pada kuadran IV.

Dengan memperhatikan posisi variabel-variabel tersebut kemudian dilakukan seleksi variabel. Dalam tahapan ini, dipilih variabel yang memiliki nilai pengaruh tinggi dan ketergantungan rendah (kuadran I) karena variabel ini mempunyai pengaruh yang besar terhadap kinerja sistem yang dibangun, tetapi ketergantungannya dengan variabel-variabel lainnya rendah. Selain itu, dalam kasus ini, variabel modal yang memiliki pengaruh dan ketergantungan tinggi diseleksi sebagai variabel kunci mengingat pembudidayaan kelapa sawit memerlukan modal besar sehingga peranan modal sangat vital. Dengan demikian, terdapat 7 variabel kunci yaitu luas lahan, penguasaan lahan, kesesuaian lahan, sumberdaya manusia, kebijakan pemerintah, kelembagaan dan modal. Secara kuantitatif, jumlah variabel kunci ini termasuk dalam kategori baik dimana menurut Bourgeois (2007) jumlah variabel kunci yang memadai pada analisis prospektif berkisar antara 4-8 variabel. Lebih dari 8 variabel akan sulit membuat skenario, kurang dari 3 variabel akan menghasilkan skenario sangat sederhana dan banyak informasi yang tidak tertampung.

Analisis morfologis adalah tahapan selanjutnya yang dilakukan dengan membuat definisi keadaan variabel kunci di masa mendatang. Tujuan analisis ini adalah untuk (a) menyusun domain kemungkinan di masa mendatang, (b) mengurangi kombinasi variabel dengan keadaannya dan (c) mengeksplorasi alternatif yang konsisten, relevan dan kredibel (Bourgeois dan Jesus, 2004). Untuk mengurangi banyaknya kombinasi antara variabel dengan keadaan variabel, dilakukan identifikasi saling-ketidaksesuaian di antara keadaan-keadaan (*incompatibility identification*). Dengan metode ini, kombinasi yang mungkin terjadi berkurang secara nyata karena keadaan-keadaan yang tidak mungkin terjadi dalam waktu bersamaan tidak boleh dikombinasikan. Dalam penelitian ini, keadaan variabel kunci dan identifikasi keadaan yang saling-ketidaksesuaiannya disajikan pada Gambar 4.

Faktor	Skenario Keadaan Mendatang		
	1A	1B	1C
Luas Lahan	Makin sempit, terfragmentasi	Luas lahan tetap sama	Makin luas, membeli dari masyarakat lokal
Status Penguasaan Lahan	2A Semakin tidak terjamin, banyak lahan sengketa	2B Semakin terjamin, tidak ada lahan sengketa	2C Makin terjamin, tidak ada lahan sengketa
Teknologi pengelolaan	3A Menurun, penerapan teknologi tidak intensif	3B Tetap, penerapan teknologi semi intensif	3C Meningkat, penerapan teknologi intensif
Modal Kerja	4A Sangat minim, akses ke lembaga keuangan susah	4B Agak cukup, akses ke lembaga keuangan agak mudah	4C Cukup, akses ke lembaga keuangan mudah
Kualitas Sumber-daya Manusia	5A Menurun, keterampilan tidak memadai, akses teknologi susah	5B Tetap, keterampilan agak memadai, akses teknologi agak lancar	5C Meningkat, keterampilan memadai, akses teknologi lancar
Kinerja Kelembagaan	6A Sangat lemah, institusi terkait tidak berperan	6B Agak kuat, peranan institusi belum optimal	6C Kuat dan harmonis, peranan institusi terkait optimal
Kebijakan Pemerintah	7A Tidak mendukung, tidak mengakomodasi kepentingan petani	7B Agak mendukung, mengakumulasi sebagian kepentingan petani	7C Mendukung, mengakumulasi semua kepentingan petani

Gambar 4. Keadaan Variabel-Variabel Kunci dan *Incompatibility Identification* pada Pengelolaan Kebun Kelapa Sawit Plasma Berkelanjutan Di Sei Tapung

Terdapat 7 variabel kunci dengan keadaan 3 – 2 – 3 – 3 – 3 – 3 – 3. Tanpa dilakukan identifikasi *incompability*, akan terdapat sebanyak $3 \times 2 \times 3 \times 3 \times 3 \times 3 \times 3 = 1458$ kombinasi. Dengan melakukan identifikasi *incompability*, kombinasi bisa berkurang secara nyata sehingga sangat membantu dalam menyusun skenario.

Dari hasil kombinasi keadaan variabel-variabel kunci dengan keadaannya di masa mendatang diperoleh sebanyak 78 skenario yang dikelompokkan kedalam 28 skenario pesimis, 38 skenario moderate/medium dan 12 skenario optimis. Dari semua kombinasi skenario tersebut dilakukan seleksi kombinasi skenario yang masuk akal dan realistis berdasarkan kondisi yang berkembang di lapangan. Hal ini memberikan gambaran bahwa urutan skenario yang disusun mengindikasikan urutan realitasnya dalam pengelolaan perkebunan kelapa sawit plasma berkelanjutan (Tabel 4).

Tabel 4. Skenario Strategis Aplikasi Model Pengelolaan Kebun Kelapa Sawit Plasma Berkelanjutan di Sei Tapung

Kombinasi Keadaan Di Masa Mendatang	
No	Skenario Pesimis
1.	Luas lahan turun – Status terjamin – Teknologi turun – Modal kurang – SDM kurang terampil – kelembagaan lemah – kebijakan pemerintah kurang mendukung
2.	Luas lahan turun – Status terjamin – Teknologi semi intensif – Modal kurang – SDM kurang terampil – kelembagaan lemah – kebijakan pemerintah kurang mendukung
3.	Luas lahan turun – Status terjamin – Teknologi turun – Modal kurang – SDM kurang terampil – kelembagaan agak kuat – kebijakan pemerintah kurang mendukung
4.	Luas lahan turun – Status terjamin – Teknologi turun – Modal kurang – SDM kurang terampil – kelembagaan lemah – kebijakan pemerintah mendukung
5.	Luas lahan turun – Status tidak terjamin – Teknologi turun – Modal agak cukup – SDM kurang terampil – kelembagaan lemah – kebijakan pemerintah mendukung
6.	Luas lahan turun – Status tidak terjamin – Teknologi turun – Modal kurang – SDM agak terampil – kelembagaan lemah – kebijakan pemerintah mendukung
7.	Luas lahan tetap – Status tidak terjamin – Teknologi semi intensif – Modal kurang – SDM tidak terampil – kelembagaan lemah – kebijakan pemerintah kurang mendukung
8.	Luas lahan tetap – Status tidak terjamin – Teknologi turun – Modal kurang – SDM tidak terampil – kelembagaan lemah – kebijakan pemerintah agak mendukung
Skenario Moderate/Medium	
1.	Luas lahan tetap – Status terjamin – Teknologi semi intensif – Modal agak cukup – SDM agak terampil – Kelembagaan agak kuat – Kebijakan pemerintah agak mendukung
2.	Luas lahan turun – Status terjamin – Teknologi turun – Modal agak cukup – SDM terampil – Kelembagaan agak kuat – Kebijakan pemerintah agak mendukung
3.	Luas lahan tetap – Status terjamin – Teknologi turun – Modal cukup – SDM agak terampil – Kelembagaan agak kuat – Kebijakan pemerintah agak mendukung
4.	Luas lahan tetap – Status terjamin – Teknologi turun – Modal agak cukup – SDM agak terampil – Kelembagaan agak kuat – Kebijakan pemerintah mendukung
5.	Luas lahan tetap – Status terjamin – Teknologi semi intensif – Modal agak cukup – SDM agak terampil – Kelembagaan kuat – Kebijakan pemerintah mendukung
6.	Luas lahan turun – Status terjamin – Teknologi turun – Modal cukup – SDM terampil – Kelembagaan agak kuat – Kebijakan pemerintah agak mendukung

Tabel 4. Skenario Strategis Aplikasi Model Pengelolaan Kebun Kelapa Sawit Plasma Berkelanjutan di Sei Tapung (*lanjutan*)

No	Kombinasi Keadaan Di Masa Mendatang
7.	Luas lahan turun – Status terjamin – Teknologi turun – Modal agak cukup – SDM agak terampil – Kelembagaan kuat – Kebijakan pemerintah mendukung
8.	Luas lahan turun – Status terjamin – Teknologi semi intensif – Modal cukup – SDM agak terampil – Kelembagaan kuat – Kebijakan pemerintah agak mendukung
9.	Luas lahan tetap – Status terjamin – Teknologi turun – Modal cukup – SDM terampil – Kelembagaan agak kuat – Kebijakan pemerintah agak mendukung
10.	Luas lahan tetap – Status terjamin – Teknologi semi intensif – Modal cukup – SDM terampil – Kelembagaan agak kuat – Kebijakan pemerintah agak mendukung
Skenario Optimis	
1.	Luas lahan tetap – Status terjamin – Teknologi semi intensif – Modal cukup – SDM terampil – Kelembagaan kuat – Kebijakan pemerintah mendukung
2.	Luas lahan tetap – Status terjamin – Teknologi intensif – Modal cukup – SDM terampil – Kelembagaan agak kuat – Kebijakan pemerintah mendukung
3.	Luas lahan tetap – Status terjamin – Teknologi intensif – Modal cukup – SDM terampil – Kelembagaan kuat – Kebijakan pemerintah agak mendukung
4.	Luas lahan meningkat – Status terjamin – Teknologi semi intensif – Modal cukup – SDM terampil – Kelembagaan kuat – Kebijakan pemerintah mendukung
5.	Luas lahan meningkat – Status terjamin – Teknologi intensif – Modal cukup – SDM terampil – Kelembagaan agak kuat – Kebijakan pemerintah mendukung
6.	Luas lahan meningkat – Status terjamin – Teknologi intensif – Modal cukup – SDM terampil – Kelembagaan kuat – Kebijakan pemerintah agak mendukung

Pada Skenario pesimis, terdapat 8 kombinasi variabel dan keadaannya yang semuanya menggambarkan bahwa kondisi berkelanjutan hampir tidak mungkin bisa tercapai karena semua keadaan variabel kunci tidak mendukung. Salah satu keadaan yang mungkin terjadi berupa penyempitan luas lahan (1 - A), status penguasaan lahan terjamin sehingga tidak banyak lahan sengketa (2 - B), teknologi pengelolaan tidak intensif (3 - A), modal kerja kurang karena aksesnya susah (4 - A), kualitas sumberdaya manusia kurang terampil sehingga aplikasi teknologi pengelolaan tidak tepat (5 - A), kelembagaan lemah, kinerja instansi terkait tidak berjalan baik dan kurang harmonis sehingga pembinaan tidak berjalan (6 - A) dan kebijakan pemerintah kurang mendukung sehingga tidak mengakumulasi kepentingan petani (7 - A). Kombinasi keadaan variabel lainnya mungkin membaik (keadaannya di masa mendatang level B), tetapi sebagian besar keadaan variabel kurang mendukung berakibat skenario tersebut tidak memungkinkan untuk mencapai kondisi perkebunan kelapa sawit plasma berkelanjutan.

Terdapat 10 kombinasi keadaan variabel pada skenario moderate/medium yang mengindikasikan kondisi perkebunan kelapa sawit plasma berkelanjutan memungkinkan bisa dicapai karena keadaan variabel cukup mendukung. Salah

satu kondisi yang mewakili skenario ini adalah luas lahan tetap (1 - B), status penguasaan lahan terjamin berupa sertifikat sehingga sedikit kasus lahan sengketa (2 - B), teknologi pengelolaan semi intensif (3 - B), modal kerja cukup tersedia dan aksesnya agak mudah (4 - B), kualitas sumberdaya manusia cukup terampil dalam mengaplikasikan teknologi pengelolaan yang dianjurkan (5 - B), kelembagaan agak kuat walaupun kinerja instansi terkait belum optimal tetapi pembinaan petani cukup intensif (6 - B) dan kebijakan pemerintah agak mendukung dalam pengelolaan kebun sawit dengan mengakumulasi sebagian kepentingan petani (7 - B). Adanya kombinasi keadaan variabel yang optimum seperti modal cukup (4 - C), sumberdaya manusia terampil (5 - C), kelembagaan kuat (6 - C) dan kebijakan pemerintah yang mendukung (7 - C) lebih memungkinkan kondisi berkelanjutan bisa tercapai.

Terdapat 6 kombinasi keadaan variabel pada skenario optimis yang secara teoritis paling memungkinkan bisa mewujudkan kondisi perkebunan kelapa sawit plasma berkelanjutan. Salah satu kombinasi keadaan variabel adalah luas lahan petani tetap (1 - B), status penguasaan lahan terjamin sehingga hanya sedikit status lahan sengketa (2 - B) teknologi pengelolaan intensif (3 - C), modal kerja tersedia cukup dan mudah diakses petani (4 - C), sumberdaya manusia terampil dalam mengaplikasikan teknologi pengelolaan yang dianjurkan (5 - C), kelembagaan kuat, kinerjanya harmonis dan optimal dalam membina petani (6 - C) dan kebijakan pemerintah mendukung mampu mengakumulasi kepentingan petani dalam pengelolaan kebun sawit (7 - C).

Jika diperhatikan realitas di lapangan, maka skenario yang paling memungkinkan untuk bisa mencapai kondisi kebun kelapa sawit plasma berkelanjutan adalah skenario moderate/medium. Skenario pesimis kecil kemungkinannya karena sebagian besar keadaan variabel kunci pada kondisi tidak mendukung. Beberapa keadaan variabel kunci bisa mendukung kondisi kebun berkelanjutan seperti status penguasaan lahan sudah terjamin (sertifikat) dan luas lahan bisa dipertahankan seperti saat ini dengan membeli kepada petani lokal. Hal ini masih harus mempertimbangkan resiko konflik sosial terutama pembelian lahan dengan masyarakat lokal karena rawan dengan permasalahan sosial sehingga petani enggan melakukan pembelian lahan.

Skenario optimis secara teoritis paling berpeluang mencapai kondisi kebun berkelanjutan, tetapi kenyataannya di lapangan tidak mungkin semua variabel kunci bisa mencapai keadaan yang mendukung dalam waktu bersamaan. Hal ini menyebabkan skenario sangat sulit diaplikasikan di lapangan sehingga kondisi kebun berkelanjutan sulit direalisasikan. Kelembagaan masih belum optimal terutama berkaitan dengan masalah pemasaran TBS dimana posisi petani masih lemah dalam menentukan harga. Harga TBS masih didominasi oleh pihak perusahaan baik perusahaan negara maupun swasta sehingga petani menerima harga rendah. Pembinaan teknis juga tidak optimal terutama setelah petani melunasi hutangnya, pembinaan hampir sepenuhnya tergantung kepada kreativitas kelompok tani dalam mencari teknologi yang sesuai dengan kondisi petani. Kebijakan pemerintah juga belum dirasakan mendukung petani karena asumsi pemerintah bahwa petani sawit masih mampu mandiri dalam kondisi perekonomian yang kurang baik seperti harga saprodi terus meningkat dan susah diperoleh tepat waktu. Variabel modal kerja merupakan satu-satunya yang bisa diakses petani melalui kerjasama dengan koperasi karena petani bisa menyediakan agunan berupa sertifikat tanah. Selain itu, pihak lembaga keuangan sudah mempercayai kemampuan pengembalian hutang petani karena prospek komoditas kelapa sawit yang semakin membaik.

KESIMPULAN

Perkebunan kelapa sawit plasma berkelanjutan untuk periode 2010-2035 di Sei Tapung memungkinkan dicapai melalui rekayasa model pengelolaan yang didukung oleh kondisi biofisik, sumberdaya manusia dan pemerintah daerah. Kesimpulan terinci adalah :

1. Sebagian besar (56%) kesesuaian lahan kebun plasma Sei Tapung termasuk kategori S2-nr (cukup sesuai dengan faktor pembatas retensi unsur hara) dengan rata-rata produktivitas 20,43 ton TBS/ha/tahun, sekitar 18% S2-nr,eh,rc (cukup sesuai dengan retensi hara, perakaran dan lereng sebagai pembatas) dengan produktivitas 16,44 ton TBS/ha/tahun dan sisanya termasuk

- kelas S2-nr,rc (cukup sesuai dengan retensi hara dan perakaran sebagai pembatas) dengan produktivitas 17,21 ton TBS/ha/tahun.
2. Model pengelolaan kebun kelapa sawit plasma yang dibangun menunjukkan penduduk, lahan dan produksi tandan buah segar (TBS) kelapa sawit merupakan faktor utama yang menjadi kunci untuk mencapai kebun kelapa sawit plasma berkelanjutan. Rata-rata pertambahan penduduk harus dipertahankan sebesar 1,12% untuk mengurangi tekanan terhadap lahan. Indikator perkebunan kelapa sawit plasma berkelanjutan periode tahun 2010-2035 di Sei Tapung adalah:
 - a. Kondisi fisik lahan tetap baik, yang tercermin dari rendahnya degradasi lahan sekitar 0,03-0,08% dan juga rendahnya penurunan daya dukung lingkungan sekitar 0,002-0,01%. Berdasarkan kondisi lahan tersebut, rata-rata produksi kelapa sawit yang bisa dicapai sebesar 24,19 ton TBS/ha/tahun.
 - b. Pendapatan yang diperoleh petani rata-rata sebesar Rp. 41 190 800/tahun. Pendapatan petani tersebut lebih tinggi dari tingkat Upah Minimum Regional (UMR) Provinsi Riau sebesar Rp. 1 000 000/bulan ataupun Kebutuhan Hidup Layak (KHL) sebesar Rp. 20 000 000/KK/tahun.
 3. Terdapat 7 variabel kunci untuk mencapai kondisi kebun plasma kelapa sawit berkelanjutan yaitu luas lahan, status lahan, teknologi pengelolaan, modal, SDM, kelembagaan dan kebijakan pemerintah. Sistem yang dibangun stabil karena variabel kunci (kuadran I) dengan kuat mengatur variabel *output* (kuadran III). Rumusan skenario strategis moderate/medium paling berpeluang untuk mengimplementasikan model pengelolaan kebun plasma kelapa sawit berkelanjutan yang dibangun. Penjabaran skenario medium tersebut berupa kombinasi keadaan variabel di masa mendatang yaitu luas lahan agak menurun, status penguasaan lahan terjamin berupa sertifikat, teknologi pengelolaan semi intensif, kualitas SDM cukup memadai dan agak terampil dalam mengadopsi dan menerapkan teknologi pengelolaan, modal kerja agak cukup dengan akses yang agak mudah, kelembagaan agak kuat dimana peranan instansi terkait cukup optimal, kebijakan pemerintah agak mendukung pengelolaan perkebunan kelapa sawit plasma.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih diucapkan kepada Badan Litbang Pertanian yang mendanai kegiatan penelitian ini. Dana penelitian ini bersumber dari DIPA Tahun Anggaran 2009 Badan Litbang Pertanian Nomor. 4018.0/18-09.1/-/2009.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiwiganda, R. 2002. Pengelolaan Lapangan dalam Aplikasi Pupuk di Perkebunan Kelapa Sawit. Seminar Nasional Pengelolaan Pupuk pada Kelapa Sawit. PT. Sentana Adidaya Pratama. Medan.
- Bourgeois, R. 2007. Analisis Prospektif Partisipatif. Bahan Pelatihan/Lokakarya. Training Of Trainer. ICASEPS. Bogor.
- Bourgeois, R and F. Jesus. 2004. Participatory Prospective Analysis. Exploring and Anticipating Challenges with Stakeholders. CAPSA Monograph. 46. UNESCAP – CAPSA. Bogor.
- Djaenudin, D., Marwan, H. Subagyo, dan A. Hidayat. 2003. Petunjuk Teknis Evaluasi Lahan untuk Komoditas Pertanian. Edisi I. Balai Penelitian Tanah. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Bogor.
- Eriyatno. 2003. Ilmu Sistem: Meningkatkan Mutu dan Efektivitas Managemen. IPB Press. Bogor.
- Hardjowigeno, S., Widiatmaka dan A.S. Yogaswara. 1999. Kesesuaian Lahan dan Perencanaan Tata Guna Tanah. Widiatmaka (Eds.). Jurusan Tanah. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

**PEMETAAN PARTISIPATIF BATAS KEPEMILIKAN LAHAN
TIMBUL/DARATAN BARU YANG DIVERIFIKASI DENGAN DATA
PENGINDERAAN JAUH RESOLUSI TINGGI**
(Participatory Mapping of Parcel Boundaries of Emergence Land that Verified by
High Resolution Remote Sensing Data)

Khursatul Munibah, Asdar Iswati, Boedi Tjahjono
Dep. Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian IPB

ABSTRAK

Akibat perubahan garis pantai yang dipengaruhi oleh proses alam dapat berupa penguraan daratan atau penambahan daratan. Dalam beberapa kasus, lahan timbul sering menjadi konflik antara masyarakat dengan pemerintah. Salah satu alternatif untuk meminimumkan konflik ini adalah pemetaan batas kepemilikan lahan (persil). Peta Persil dari Kantor Pajak Bumi dan Bangunan (PBB) diverifikasi dengan data Fusi Citra Quick Bird (QB) dengan teknik koreksi geometrik. Hasil verifikasi menunjukkan bahwa: (1) terdapat ketidaksesuaian batas luar dan posisi blok dari Peta Persil PBB dengan Fusi Citra QB; (2) persil yang dapat diverifikasi dari Fusi Citra QB masih relatif kecil yaitu 17,2%, karena pembatas antar persil sulit diidentifikasi dari Fusi Citra QB; (3) luas persil dari Fusi Citra QB berbanding linier dengan luas persil dari pengukuran lapangan dengan nilai $R^2 = 94,4\%$; (4) pergeseran antara poligon persil dari PBB yang telah diverifikasi dengan poligon persil dari Fusi Citra QB, rata-rata 19,9 m dan pergeseran poligon ini terjadi dalam satu persil yang bersangkutan.

Kata kunci : Lahan timbul, persil, quick bird, verifikasi.

ABSTRACT

Effect of coastlines change occurred by natural processes, such as abrasion or sedimentation. In such case, the emergence lands are provoking a social conflict between people and government. One of some alternative programs to minimize the conflict is parcel mapping that mapped the land owner boundaries. Parcel Maps that sourced from Land Tax Office would verified by high resolution remote sensing data with geometric correction technique. Verification results showed that (1) founded inconsistency in position of blocks between the Parcel Maps from Land Tax Office and Parcel Maps digitized from the Fused Quick Bird Images; (2) the parcels that could verified with Fused Quick Bird Data only 17, 2% because of the parcel boundaries difficult to identify from the Fused Quick Bird Images; (3) parcel areas digitized from the Fused Quick Bird Images are in proportion linearly to parcel areas measured in the field ($R^2 = 94,4\%$); (4) displacement value of parcel polygons sourced from Land Tax Office and parcel polygons digitized from the Fused Quick Bird Image averaged 19,9m and this polygon displacement occurred in a parcel.

Keywords : Emergence land, parcel, quick bird, verification.

PENDAHULUAN

Perubahan garis pantai dipengaruhi oleh proses alam dan campur tangan manusia. Penelitian ini lebih menekankan pada perubahan garis pantai yang disebabkan oleh proses alam. Akibat dari perubahan garis pantai dapat berupa pengurangan daratan dan penambahan daratan. Pengurangan daratan karena proses abrasi lebih dominan dan penambahan daratan karena proses pengendapan lebih dominan. Penambahan daratan atau lahan timbul sering menjadi konflik antara masyarakat dengan pemerintah, yang salah satu penyebabnya adalah ketidak-jelasan status hukumnya.

Salah satu alternatif untuk meminimumkan konflik ini adalah pemetaan batas kepemilikan lahan (persil). Adapun karakteristik Peta Persil Desa Patimban, yang bersumber dari Kantor Pajak Bumi dan Bangunan: berskala besar (1:1000 dan 1:2000), belum memiliki koordinat, semua persil diukur di lapang, pemetaan dilakukan secara manual (digambar), menggunakan peta dasar terlalu kecil (1:25.000) dan tahun lama (1999). Di sisi lain citra satelit telah berkembang dengan pesat, seperti Fusi Citra Quick Bird (2008) yang mampu menampilkan obyek dengan berbagai warna dan detil dengan ukuran obyek terkecil (0,8x0,8)m.

Lahan timbul di Tanjung Cipunagara, Desa Patimban, Kecamatan Pusakanagara, Kabupaten Subang ini cenderung mengalami penambahan dalam periode tahun 1972 hingga 2008. Fenomena ini didukung oleh kondisi alam seperti arus laut tenang (1-14mil/hari) (Janhidros,2006), pasut (100m), gelombang (0,5-3m) (Dishidros, 2008) dan juga Debit S. Cipunagara pada musim hujan, relatif tinggi yaitu 487,54 m³/detik.

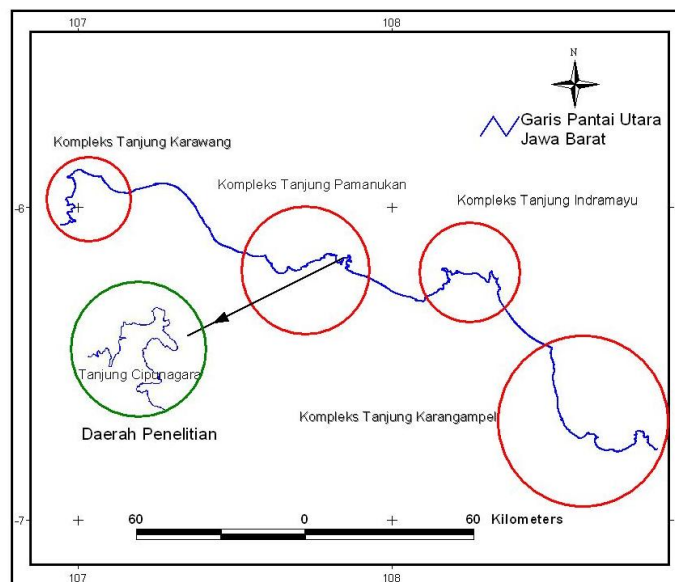
Tujuan Penelitian ini adalah :

1. Analisis perubahan garis pantai dan faktor yang mempengaruhinya
2. Verifikasi Peta Persil yang Bersumber dari Kontor Pajak Bumi dan Bangunan dengan Citra Quick Bird
3. Kajian umum peraturan perundang-undangan terkait dengan lahan timbul

METODE PENELITIAN

Lokasi

Di sepanjang Pantai Utara Jawa Barat terdapat empat kompleks tanjung yaitu Kompleks Tanjung Karawang, Kompleks Tanjung Pamanukan, Kompleks Indramayu dan Kompleks Tanjung Karangampel. Adapun Tanjung Cipunagara merupakan salah satu tanjung di Kompleks Tanjung Pamanukan (Gambar 1). Secara administrasi, Tanjung Cipunagara berada di Desa Patimban, Kecamatan Pusakanegara, Kabupaten Subang.



Gambar 1. Tanjung Cipunagara yang Berada pada Kompleks Tanjung Pamanukan

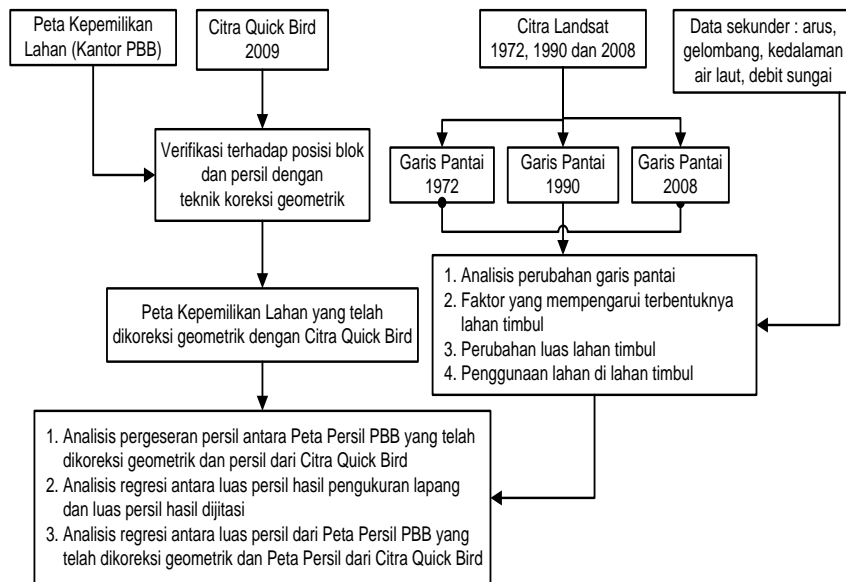
Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah (1) Peta Topografi skala 1:25.000, (2) Citra Landsat MSS Tahun 1972, Citra Landsat Thematic Mapper (TM) Tahun 1990, Citra Landsat TM Tahun 2008, (3) Citra Quick Bird Multispektral dan Pankromatik; (4) arus (Janhidros, 2006), data gelombang dan pasang surut air laut (Dishidros, 2008), (5) Peta Kepemilikan Lahan (Persil) untuk Pajak Bumi dan Bangunan yang bersumber dari Kantor Pajak Bumi dan Bangunan, Kabupaten Subang dan (6) seperangkat peraturan perundang-undangan terkait dengan pemanfaatan lahan pada lahan timbul. Adapun alat yang digunakan adalah GPS,

meteran, alat tulis, kamera, seperangkat komputer yang dilengkapi dengan *software ArcView, ENVI dan statistica*.

Metode

Penelitian ini terbagi menjadi 3 komponen yaitu (1) analisis perubahan garis pantai dan faktor yang mempengaruhinya (2) verifikasi peta kepemilikan lahan dengan Citra Quick Bird; (3) kajian umum peraturan perundang-undangan terkait dengan lahan timbul. Adapun Diagram alir rencana penelitian secara utuh, disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Analisis perubahan garis pantai ini dilakukan dengan cara menumpang-susunkan Peta Garis Pantai tahun 1972, 1990 dan 2008 yang bersumber dari Citra Landsat. Selanjutnya dilakukan analisis terhadap faktor yang mempengaruhi perubahan garis pantai.

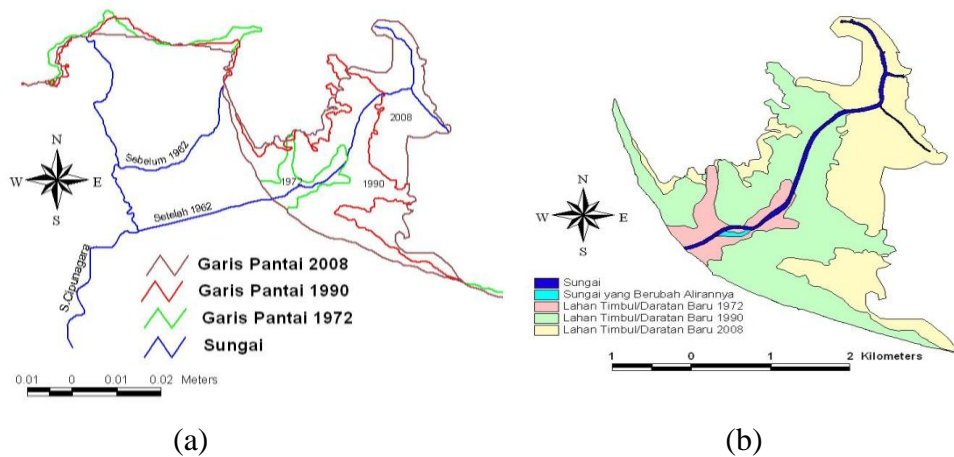
Verifikasi Peta Persil yang bersumber dari Kantor Pajak dan Bangunan dengan Fusi Citra QB dengan teknik koreksi geometrik. Koreksi geometrik ini bertujuan untuk menyamakan koordinat dengan Fusi Citra QB sebagai referensi. Parameter yang digunakan untuk menguji hasil verifikasi adalah (1) posisi blok maupun persil, (2) luas persil serta (3) pergeseran poligon.

Kajian umum peraturan perundang-undangan terkait dengan lahan timbul, hal ini perlu untuk mengetahui status hukum dari lahan timbul ini, khususnya lahan timbul di Tanjung Cipunagara.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perubahan Garis Pantai

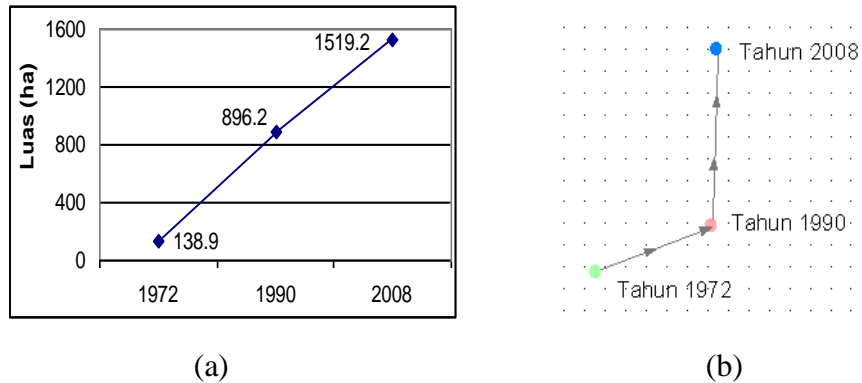
Pada awalnya Sungai Cipunagara mengalir menuju Pantai Utara Subang dengan arah Utara seperti yang nampak pada Gambar 3 (a), namun sekitar tahun 1962 sungai ini mengalami proses normalisasi (pelurusan) dan aliran berpindah ke arah Timur menuju pantai. Pada Gambar 3 (b) menunjukkan area lahan timbul pada Tahun 1972, 1990 dan 2008.



Gambar 3. (a) Garis Pantai Tahun 1972, 1990 dan 2008; (b) Lahan Timbal di Tahun 1972, 1990 dan 2008.

Gambar 4a. menunjukkan bahwa lahan timbul di Tahun 1972 masih relatif kecil yaitu 138.9 ha dan mengalami penambahan sekitar 757.3 ha di Tahun 1990 dan 623 ha di Tahun 2008. Laju penambahan lahan timbul pada masing-masing periode sebesar 13,9 ha/th (1962-1972); 42,1 ha/th (1972-1990) dan 34,6 ha/th (1990-2008). Gambar 4b. menunjukkan arah perkembangan lahan timbul, dimana pada periode 1972-1990 cenderung ke arah timur, sedangkan pada periode 1990-2008 cenderung ke arah utara. Dinamika laju dan arah perkembangan lahan timbul ini terjadi karena didukung oleh kondisi alam seperti arus laut tenang (1-

14mil/hari) (Janhidros,2006), pasut (100m), gelombang (0,5-3m) (Dishidros, 2008) dan juga Debit S. Cipunagara pada musim hujan, relatif tinggi yaitu 487,54 m³/detik Fenomena alam ini, memungkinkan proses pengendapan terjadi dengan optimal.



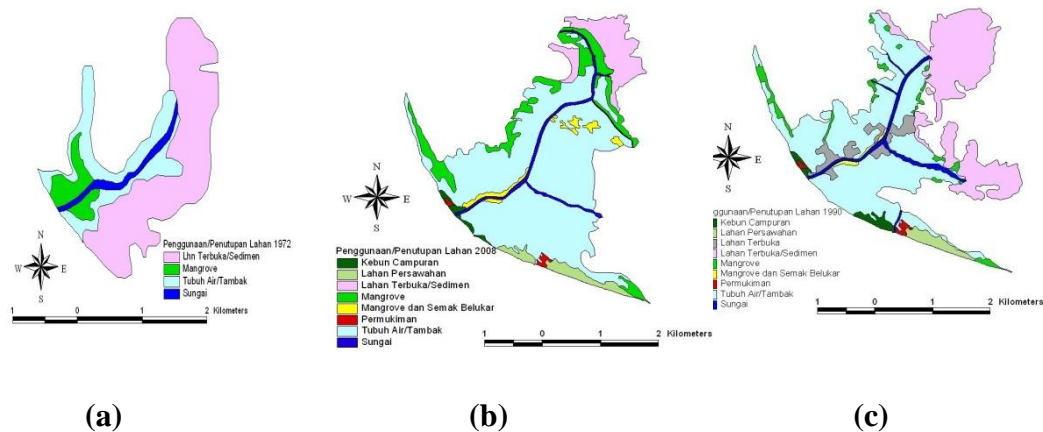
Gambar 4. (a) Perkembangan Luas Lahan Timbal dan (b) Arah Perkembangan Lahan Timbul.

Penggunaan Lahan di Lahan Timbul

Tabel 1. menunjukkan bahwa lahan timbul didominasi oleh tubuh air/tambak yaitu 26.0% (1972); 50.0% (1990) dan 67.8% (2008). Adapun lahan terbuka yang berupa sedimen, terutama dijumpai di ujung muara sungai (Gambar 5) yang besarnya berfluktuasi dan maksimum terjadi pada 1990 yaitu 410,1 ha.

Tabel 1. Penggunaan Lahan, Tahun 1972, 1990 dan 2008

Tipe Penggunaan Lahan	Tahun 1972		Tahun 1990		Tahun 2008	
	(Ha)	(%)	(Ha)	(%)	(Ha)	(%)
Kebun Campuran	-	-	23.2	1.8	16.2	1.0
Lahan Persawahan	-	-	31.3	2.4	58.0	3.4
Lahan Terbuka	-	-	63.6	4.8	-	-
Lahan Terbuka/Sedimen	212.5	60.5	410.1	31.0	177.1	10.4
Mangrove	30.3	8.6	47.1	3.6	187.1	11.0
Mangrove dan Semak Belukar	-	-	8.0	0.6	38.5	2.3
Permukiman	-	-	8.4	0.6	9.1	0.5
Tubuh Air/Tambak	91.4	26.0	662.2	50.0	1151.7	67.8
Sungai	17.2	4.9	70.6	5.3	60.1	3.5
Jumlah	351.4	100.0	1324.5	100.0	1697.8	100.0

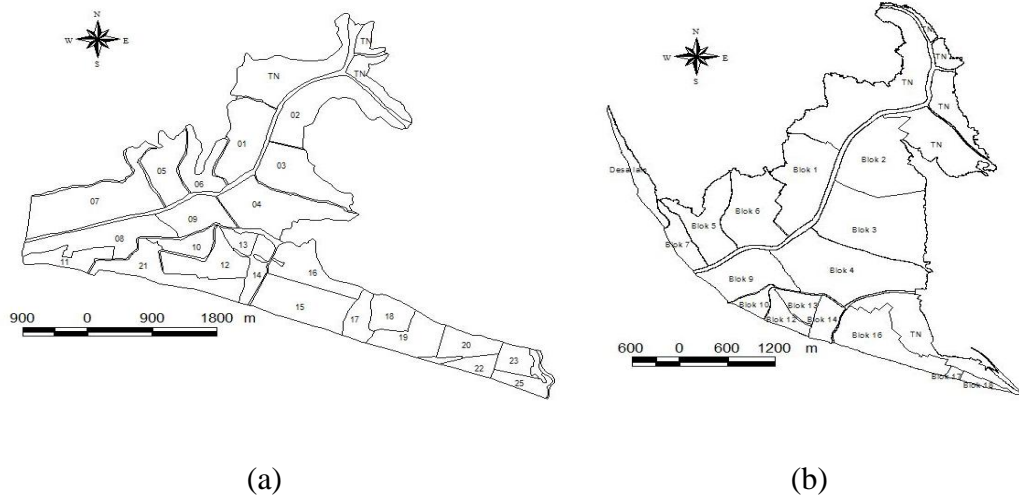


Gambar 5. Penggunaan/Penutupan Lahan di Lahan Timbul (a) Tahun 1972; (b) Tahun 1990 dan (c) Tahun 2008.

Verifikasi Peta Persil dari Kantor Pajak Bumi dan Bangunan dengan Fusi Citra Quick Bird (QB)

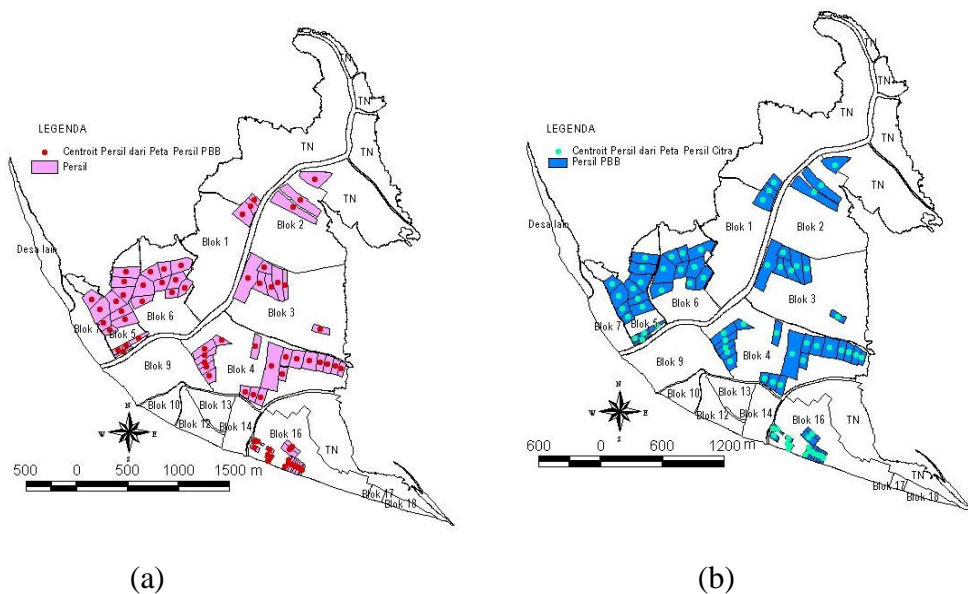
Karakteristik Peta Persil dari Kantor Pajak Bumi dan Bangunan adalah berskala besar (1:1000 dan 1:2000), belum memiliki koordinat, semua luas persil diukur di lapang, pemetaan dilakukan secara manual (digambar), menggunakan peta dasar terlalu kecil (1:25.000) dan tahun lama (1999). Peta Persil PBB ini diverifikasi dengan data penginderaan jauh resolusi tinggi dengan teknik koreksi geometrik. Adapun jumlah persil yang dianalisis berjumlah 737 persil yang masuk dalam 9 blok. Hasil verifikasi ini menunjukkan bahwa:

1. Batas luar Peta Blok dari PBB tidak sesuai dengan kenyataan di lapang seperti yang disajikan pada Fusi Citra Quick Bird (Gambar 6) Hal ini dikarenakan peta dasar yang digunakan adalah Peta Rupa Bumi skala 1:25.000 edisi Tahun 1999 (terlalu tua).
2. Posisi blok 5 dan 6 pada Peta Blok PBB (Gambar 6a) terbalik bila dibandingkan dengan posisi blok 5 dan 6 pada Peta Blok dari Fusi Citra QB (Gambar 6b). Hal ini dikarenakan peta dasar (Peta Rupa Bumi) yang digunakan terlalu tua (1999).



Gambar 6. (a) Peta Blok Desa Patimban dan (b) Peta Blok dari Citra Quick Bird

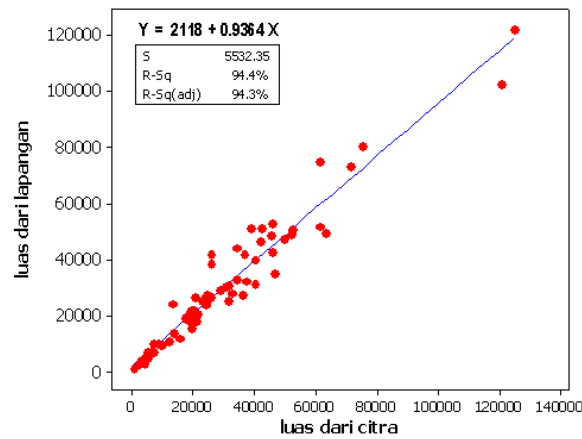
3. Batas persil yang sudah diverifikasi dari Fusi Citra QB masih relatif kecil yaitu 17,2% (73 persil) yang disajikan pada Gambar 7. Hal ini karena sedikitnya batas persil yang berupa galengan sehingga mudah diidentifikasi dari Fusi Citra Quick Bird.



Gambar 7. Centroit Persil (a) 73 Persil yang Bersumber dari Peta Persil PBB yang bersesuaian dengan (b) 73 Persil yang Bersumber dari Citra Quick Bird.

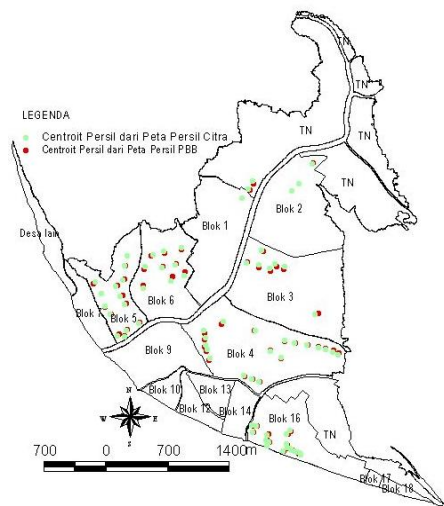
4. Analisis regresi antara luas persil hasil pengukuran lapang (y) dengan luas persil dari Fusi Citra QB (x), diperoleh model regresi: $y = 2118 + 0,9364x$

dengan $R^2=94,4\%$ (Gambar 8). Hal berarti luas persil hasil verifikasi bersesuaian dengan luas persil dari Fusi Citra QB.



Gambar 8. Hubungan antara Luas Persil dari Pengukuran Lapang dengan Luas Persil dari Fusi Citra Quick Bird

5. Pergeseran antara poligon persil dari PBB yang telah diverifikasi dengan poligon persil dari Fusi Citra Quick Bird (Gambar 9) berkisar antara 1,5m-57,2m dengan rata-rata sebesar 19,9m. Besarnya pergeseran ini terjadi masih dalam satu persil yang bersangkutan.



Gambar 9. Pergeseran Centroit Persil antara Peta Persil dari Kantor PBB dan Peta Persil dari Fusi Citra Quick Bird

Kajian Umum Peraturan Perundang-Undangan Terkait dengan Lahan Timbul

Lahan timbul **dikuasai** oleh Negara, seperti ketentuan dalam Surat Edaran Menteri Negara Agraria/Kepala Badan Pertanahan Nasional No.410-1293 Tanggal 9 Mei 1996 tentang Penerbitan Status Tanah Timbul dan Reklamasi; UU No.5 Tahun 1960 tentang penataan tanah dan Peraturan PP 16 Tahun 2004 tentang Peraturan Pokok-Pokok Agraria. Namun lahan timbul di Tanjung Cipunagara belum memiliki status hukum yang jelas, karena BPN belum melakukan tindakan yang konkrit.

Upaya **pengelolaan** lahan timbul oleh Departemen Dalam Negeri dimungkinkan sesuai dengan PP No.8 Tahun 1953 tentang penguasaan tanah negara. Upaya pengelolaan lahan timbul oleh Pemerintah Daerah juga dimungkinkan sesuai dengan UU No.32 Tahun 2004 tentang otonomi daerah. Namun fenomena ini juga tidak nampak di lahan timbul Cipunagara.

Lahan timbul memungkinkan menjadi **hak milik individu**, sesuai dengan UU No. 24 Tahun 1997 tentang pendaftaran tanah. Syarat tanah Negara menjadi hak milik harus dikuasai dan diusahakan selama 20 tahun secara terus menerus. Lahan timbul di daerah penelitian sebagian besar diusahakan untuk tambak dengan seizin dari Kepala Desa setempat.

KESIMPULAN

Lahan timbul di Tanjung Cipunagara berpotensi terus bertambah yang perlu diantisipasi pengelolaannya dan status hukumnya. Bila batas kepemilikan lahan berupa galengan atau bentuk lain yang mudah diidentifikasi dari Citra Quick Bird, maka hasil verifikasi dalam hal posisi, kesesuaian luas dan pergeseran persil relatif lebih baik. Berdasarkan penelitian ini, disarankan untuk melakukan ortofoto terhadap Citra Quick Bird supaya diperoleh hasil verifikasi yang lebih baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai oleh Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional sesuai Surat Pelaksanaan Hibah Kompetitif Penelitian sesuai Prioritas Nasional, Tahun 2009.

DAFTAR PUSTAKA

Dishidros, 2008. Data pasang-surut perairan Indonesia. Dinas Hidro-Oseanografi, Jakarta.

Janhidros, 2006. Peta Arus Perairan Indonesia Kawasan Barat. Jawatan Hidro-Oseanografi, Jakarta.

Surat Edaran Menteri Negara Agraria/Kepala Badan Pertanahan Nasional No.410-1293 Tanggal 9 Mei 1996 tentang Penerbitan Status Tanah Timbul dan Reklamasi. Jakarta

PP No.8 Tahun 1953 tentang penguasaan tanah negara. Jakarta

PP 16 Tahun 2004 tentang Peraturan Pokok-Pokok Agraria. Jakarta

UU No.5 Tahun 1960 tentang penataan tanah. Jakarta

UU No.32 Tahun 2004 tentang otonomi daerah. Jakarta

UU No. 24 Tahun 1997 tentang pendaftaran tanah. Jakarta.