

KANDUNGAN FOSFOR DAN KALSIUM PADA TANAH DAN BIOMASSA HUTAN RAWA GAMBUT

(Studi Kasus di Wilayah HPH PT. Diamond Raya Timber, Bagan Siapi-api, Provinsi Riau)

ISTOMO¹⁾

ABSTRACT

Research on the biomass, distribution and content of P and Ca nutrients in the soil and biomass was conducted in a primary forest with peat thickness ranging between 2.5 to 6.5 m in the forest concession area (HPH) of PT. Diamond Raya Timber, Bagan Siapi-api, the Riau Province. The objective of the research was to obtain data on the content of P and Ca in the vegetation and peat soil layers at several levels of peat thickness.

Research results showed that although vegetation biomass constituted only 6 % of the total biomass of vegetation and peat soil, contain of P nutrient as much as 37 % and Ca 28 % out of the total P or Ca nutrients occurring in vegetation and peat soil. Increasing of peat thickness because the total content of nutrients in the peat soil also increased, although the average content of nutrient per depth interval of 50 cm decreased. Increasing of peat thickness also increased the content of P or Ca for tree stage vegetation, on the other hand, the content of P or Ca in herbs and shrubs, decreased. This phenomenon shows that on peat thickness more than 3 m only higher vegetation (trees vegetation) could survive properly. Content of P or Ca nutrients occurring at above ground tree stage vegetation reach 64 % and 74 %. While for tree stage vegetation, the biggest nutrient content occurred in branches, as follows 44 % for P and 40 % for Ca.

Pioneer trees species and lesser known timber in fact had the highest P and Ca element concentration. For the highest Ca elements were in timah-timah (*Ilex bogoriensis*; 14,02 g kg⁻¹), milas (*Parastemon urophyllum*; 13,72 g kg⁻¹) and suntai (*Palaquium dasyphyllum*; 13,13 g kg⁻¹). While for P element of beringin (*Ficus benyamina*; 20,1 g kg⁻¹), punak (*Tetramerista glabra*; 1,91 g kg⁻¹) and terentang (*Cannosperma macrophylla*; 1,59 g kg⁻¹).

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Gambut di Indonesia sebagian besar adalah gambut ombrogen yang terdapat pada daerah cekungan dan membentuk kubah (dome), sehingga masukan hara hanya dari air hujan. Oleh karena itu gambut di Indonesia umumnya miskin hara (oligotrofik) dan

¹⁾ Staf Pengajar pada Laboratorium Ekologi Hutan, Fakultas Kehutanan IPB Kampus IPB Darmaga, PO. Box 168, Telp (0251) 620280, e-mail : ecology@indo.net.id

masam. Ketersediaan hara esensial sangat rendah terutama N, P, K, Ca, Zn Cu dan Si, nilai pH dalam kisaran 3-4 (Andriess, 1988-1 Radjaguguk. 1991),

Fosfor adalah hara penting kedua terbesar setelah N. Bahkan Ismunadji *et al* (1991) menyebutnya sebagai kunci kehidupan. Jika N dapat ditambah dari udara tetapi P hanya berasal dari batuan, sedangkan air hujan tidak mengandung P. Tanaman memerlukan P pada semua tingkat pertumbuhan terutama awal pertumbuhan. Fosfor pada tanah gambut sebagian besar berasal dari P-organik. Untuk tumbuh optimal tanaman memerlukan 0,3 - 0,5 % P dari berat kering tanaman (Marschner, 1995). Sedangkan pada tanah gambut hanya sekitar 0,04 % (Andriess, 1988).

Kalsium termasuk hara esensial makro (Darmawan dan Baharsjah, 1983) yang berperan dalam perekat dinding sel dan penting dalam pembelahan sel. Kalsium termasuk hara tidak mobil, sehingga terus diambil dari tanah. Kandungan Ca dalam tanaman antara 0,1 - > 5,0 % dari berat kering tergantung kondisi pertumbuhan, jenis tumbuhan dan bagian tumbuhan (Marschner, 1995). Sedangkan kandungan Ca pada tanah gambut tropika sekitar 0,3 % (Andriess, 1988). Kalsium adalah mineral anorganik utama pada tanah gambut yang berasal dari batuan atau dari tanah mineral, sedimen bahan suspensi terlarut dan bio-akumulasi tumbuhan.

Dari kedua unsur hara tersebut tampak bahwa peranan pohon pada hutan rawa gambut sangat penting sebagai salah satu penyedia hara tanah gambut yang utama. Di samping itu adanya pohon-pohon besar di hutan rawa gambut diduga kuat mampu menyerap hara tanah di bawah gambut untuk diberikan pada tanah gambut melalui dekomposisi serasah yang jatuh. Untuk mempertahankan kelestarian ekosistem gambut, khususnya keseimbangan hara diperlukan tindakan konservasi hara melalui pengelolaan secara bijaksana dengan memperhatikan penyebaran dan kandungan hara yang berada pada tanah dan tumbuhan termasuk keberadaan jenis tumbuhan. Untuk itu diperlukan data pendukung kandungan dan penyebaran hara baik yang terdapat di lapisan gambut maupun dalam biomassa tumbuhan.

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah untuk mengkaji kandungan fosfor dan kalsium serta penyebarannya pada tanah dan tumbuhan rawa gambut berdasarkan perbedaan ketebalan gambut. Untuk mencapai tujuan tersebut beberapa aspek penelitian yang akan dikaji adalah :

1. Kandungan hara pada berbagai jenis tumbuhan, bentuk tumbuhan dan bagian tumbuhan masing-masing untuk hara P dan Ca
2. Penyebaran dan kandungan hara pada biomassa dan tanah gambut berdasarkan ketebalan gambut masing-masing untuk hara P dan Ca.
3. Proporsi masing-masing hara P dan Ca yang terdapat pada tanah, jenis tumbuhan, bentuk tumbuhan dan bagian tumbuhan.

Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini bermanfaat dalam pengelolaan hutan rawa gambut yang berkelanjutan terutama dalam hal :

1. Kebijakan perubahan fungsi hutan rawa gambut menjadi kawasan budidaya.
2. Sistem silvikultur hutan alam produksi yang menjamin kelestarian hasil pada hutan rawa gambut
3. Pemilihan jenis pohon ditebang maupun ditanam dengan memperhatikan kelestarian ekosistem hutan rawa gambut.

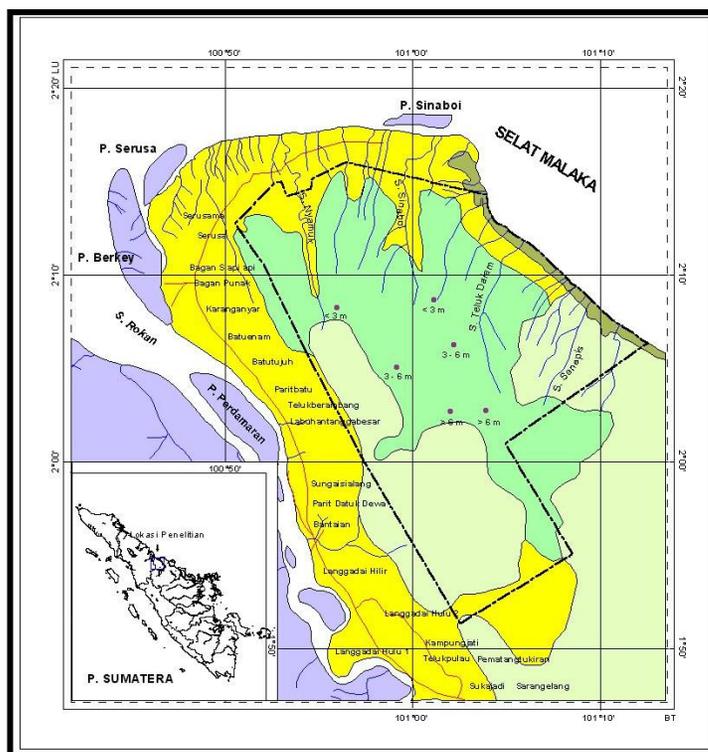
METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di hutan rawa gambut primer wilayah kerja HPH PT. Diamond Raya Timber, BKPH Bagan Siapi-api, KPH Dumai, Kabupaten Rokan Hilir, Propinsi Riau. Pengambilan data di lapangan pada bulan Maret - Agustus 2001 dan analisis kandungan hara di lakukan di Laboratorium Ilmu Tanah. Fakultas Pertanian IPB dan di Laboratorium Fisiologi Tanaman, Fakultas Pertanian di Universitas Hokkaido, Jepang.

Petak contoh penelitian (PCP) dibuat berdasarkan ketebalan gambut, yaitu 2 - 3 m (mewakili tebal gambut < 3 m), 4 - 5 m (mewakili tebal gambut 3 - 6 m) dan 6 - 7 m (mewakili tebal gambut > 6 m). Peletakan PCP dilakukan dari dua arah, yaitu dari arah Sungai Rokan dan dari arah pantai Selat Malaka. Bentuk PCP persegi panjang ukuran 20 m x 100 m (0,2 ha), masing-masing perlakuan tiga ulangan secara sistematis dengan jarak antar ulangan 20 m. Setiap PCP dilakukan pengukuran biomassa pohon dan permudaannya, semak, herba, akar dan serasah lantai hutan. Pengukuran biomassa semak dan herba serta permudaan tingkat semai dan pancang dilakukan dengan metoda pemanenan langsung pada petak contoh ukuran 1 m x 1 m dan 5 m x 5 m. Sedangkan pengukuran biomassa pohon berdiameter ≥ 10 cm dilakukan secara tidak langsung dengan menggunakan persamaan alometrik yang dibuat di lokasi penelitian. Untuk itu terlebih dahulu dibuat persamaan alometrik dengan pemanenan pada petak ukuran 20 m x 20 m. Di samping itu setiap PCP dilakukan pengukuran ketebalan gambut dan pengambilan contoh tanah gambut setiap kedalaman gambut 50 cm.



Gambar 1. Peta situasi lokasi penelitian (HPH PT. Diamond Raya Timber)



Gambar 2. Peta vegetasi dan lokasi pengambilan contoh

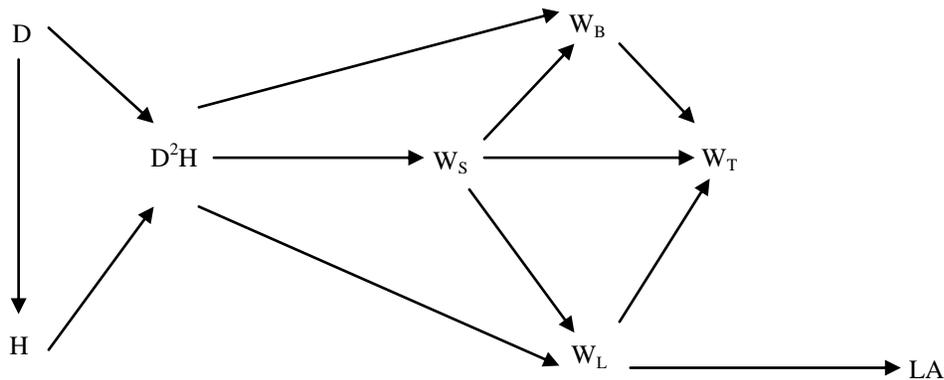
Pengambilan contoh tumbuhan untuk mengetahui kandungan hara P dan Ca dilakukan pada setiap jenis pohon berdiameter ≥ 10 cm, permudaan tingkat semai dan pancang, semak dan herba. Pengambilan contoh tumbuhan tingkat pohon dan permudaannya masih dibedakan berdasarkan bagian akar, batang, cabang, kulit, ranting dan daun. Berdasarkan data biomassa tumbuhan dan konsentrasi hara P dan Ca hasil pengukuran selanjutnya dapat dihitung total kandungan hara setiap jenis tumbuhan dan bagian tumbuhan per satuan luas.

Analisis P dan Ca dilakukan dengan metode pengabuan kering (IITA, 1979). Perbedaan kandungan hara pada setiap bagian biomassa tumbuhan berdasarkan ketebalan gambut dilakukan dengan pengujian *Analysis of Variance* (Walpole, 1982) dengan bantuan Program Minitab.

Analisis Data

Pembuatan persamaan alometrik

Persamaan empiris untuk menduga biomassa sesungguhnya hampir sama dengan persamaan empiris untuk menduga volume yaitu berdasarkan hubungan antara bobot kering (W), diameter pohon (D) dan tinggi pohon (H). Kato *et al.* (1978) dalam Whitmore (1984) telah membuat hubungan alometrik hutan di Pasoh, Malaysia, dengan beberapa rangkaian hubungan sebagai berikut :



Keterangan : W = bobot kering, S = batang, B = cabang, L = daun,, T = total pohon
LA = luas daun

Kenyataan di lapangan menunjukkan bahwa pengukuran tinggi pohon hidup (H) di hutan tropika mendapatkan hambatan alam yang mempengaruhi ketepatan hasil pengukuran. Oleh karena itu hubungan D dan W tanpa H menjadi pilihan terbaik seperti dilakukan oleh Brown (1997). Brown (1997) telah membuat model penduga biomassa di hutan tropika dengan model polynomial ($Y = a + bD + cD^2$) atau dengan model pangkat (Y

= a D^b) berdasarkan zona wilayah curah hujan kering, lembab dan basah. Kecuali untuk model pangkat zona basah, model polynomial dan model pangkat di zona lain menggunakan hubungan W dengan D tanpa H. Model penduga biomassa zona lembab, seperti kondisi wilayah di lokasi penelitian, yang diusulkan Brown (1997) adalah $Y = 1.242D^2 - 12.8D + 42.69$, nilai $R^2 = 84\%$ (untuk model polynomial) dan $Y = 0.118D^{2.53}$, nilai $R^2 = 97\%$ (untuk model pangkat). Oleh karena itu model pendugaan biomassa pohon di lokasi penelitian akan dicoba dengan menggunakan model polynomial dan model pangkat.

Komposisi jenis tumbuhan

Data hasil analisis vegetasi dianalisis dengan indeks nilai penting (INP) untuk mengetahui komposisi jenis tumbuhan (Soerianegara dan Indrawan, 1988; Cox, 1974). Jumlah jenis, kerapatan jenis dan penyebaran jenis penting artinya dalam keterwakilan pengambilan contoh biomassa dan kandungan hara.

Sedangkan untuk mengetahui persamaan atau perbedaan komunitas tumbuhan antar PCP dilakukan analisis cluster (*cluster analysis*) berdasarkan indeks ketidaksamaan dari kehadiran atau ketidakhadiran jenis dan banyaknya individu pohon per jenis per PCP (Ludwig and Eynold, 1988).

Penentuan biomassa

- a. Untuk penentuan biomassa metode langsung, yaitu biomassa semai, pancang, semak, herba, akar dan serasah lantai hutan penentuan biomassa menggunakan rumus sebagai berikut :

Biomassa kering oven dihitung dengan rumus :

$$W_k = F_k \times W_b$$

$$F_k = \frac{BK_c}{BB_c} \times 100\%$$

Keterangan :

F_k = Faktor konversi bobot basah ke bobot kering

BB_c = Bobot basah contoh (kg)

BK_c = Bobot kering contoh (kg)

W_k = Bobot kering biomassa (kg)

W_b = Bobot basah biomassa (kg)

- b. Untuk pendugaan biomassa metode tidak langsung, yaitu untuk pohon berdiameter ≥ 10 cm, digunakan persamaan alometrik yang dibuat dalam penelitian ini berdasarkan hubungan antara diameter batang pohon setinggi dada (130 cm) dengan biomassa batang di atas permukaan tanah setiap PCP.

Analisis hara dan sifat tanah gambut.

Analisis konsentrasi hara $\text{Ca}_{\text{-total}}$ dan $\text{P}_{\text{-total}}$ untuk tanah dan tumbuhan dilakukan dengan metode pengabuan kering (IITA, 1979), sedangkan pengukuran $\text{Ca}_{\text{-total}}$ dengan metode *Atomic absorption Spectrophotometry* (AAS) dan $\text{P}_{\text{-total}}$ dengan metode colorimeter (*Vanado-Molybdate Method*).

Prosedur untuk pengabuan kering (*dry ashing*) adalah sebagai berikut :

- a. Contoh tumbuhan atau tanah gambut dihaluskan seperti tabung.
- b. Kurang lebih 50 g dikeringkan dengan oven (60°C) selama 48 jam hingga mencapai bobot tetap.
- c. Setelah ditimbang dimasukkan kedalam cawan porselin, selanjutnya dikeringkan selama 6-8 jam dengan temperatur $450\text{-}500^{\circ}\text{C}$ dalam tanur (*muffle*). Hasil pengeringan ini didapatkan abu putih.
- d. Contoh didinginkan dan ditambahkan 5 ml 1 N HNO_3 sampai menjadi larutan.
- e. Contoh diuapkan dengan panas yang rendah hingga kering pada papan datar panas (*hot plate*).
- f. Contoh didinginkan dan dilarutkan kembali oleh 10 ml 1 N HCl, cairan tersebut disaring kedalam gelas volumetrik 50 ml dan dihipitkan dengan menambahkan 0,1 N HCl.
- g. Contoh tersebut selanjutnya siap untuk diukur untuk konsentrasi P atau Ca.
- h. Untuk pengukuran konsentrasi P ditambahkan pereaksi *Vanado-molybdate* selanjutnya diukur dengan *Elektrophotocolorimeter* dan pengukuran konsentrasi Ca ditambahkan pereaksi lanthanum dan diukur *Atomic Absorption Spectrometer Model 403*.

Pendugaan nilai tengah dan keragaman.

Besarnya nilai rata-rata dan selang penduga biomassa dan kandungan hara P dan Ca diduga secara statistika dengan menggunakan pendugaan nilai tengah metode pengambilan contoh acak berlapis (*stratified sampling*) dan dengan teknik pengambilan contoh sistematik awal acak (*systematic with random start*) dengan rumus (Steel dan Torrie, 1980; Hitam, 1980)

Uji beda nyata kandungan hara berdasarkan perbedaan ketebalan gambut

Untuk pengujian hipotesis dan untuk mengetahui perbedaan konsentrasi dan kandungan bomassa dan hara baik pada tumbuhan maupun pada tanah berdasarkan perbedaan ketebalan gambut dilakukan dengan analisis sidik ragam (*analysis of variance*, Walpole, 1982) dengan menggunakan Program Software Minitab. Sedangkan perbedaan P atau Ca pada tiap bagian tumbuhan antara ketebalan gambut dilakukan uji beda nyata dari Tukey (Steel and Torrie, 1980).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi Jenis Tumbuhan

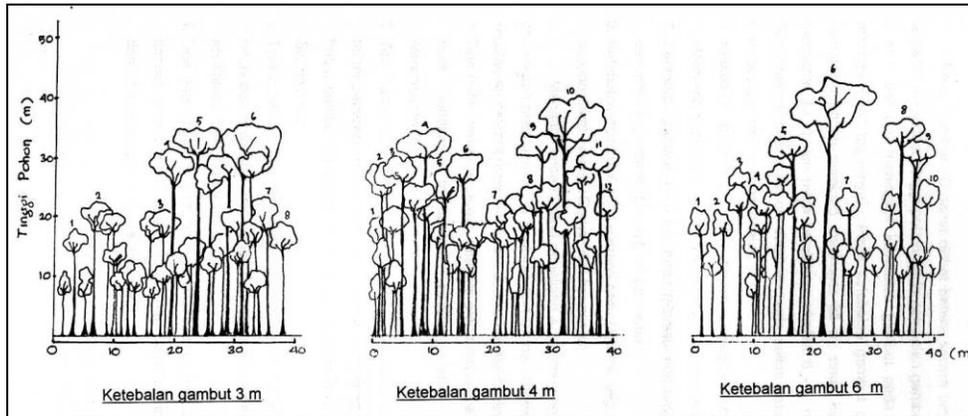
Berdasarkan hasil analisis vegetasi diketahui bahwa rata-rata pada setiap PCP untuk tingkat pohon dan permudaan diperoleh jenis antara 17 - 28 jenis, sedangkan jumlah seluruh jenis pohon di lokasi penelitian sebanyak 43 jenis. Jenis pohon dominan pada tebal gambut < 3 m adalah balam (*Palaquium obovatum*, INP 38 %), sedangkan pada tebal gambut 3 - 6 m dan > 6 m didominasi oleh ramin (*Gonystylus bancanus*, INP 32 - 37 %). Dominasi ramin pada tingkat pohon pada gambut dalam tersebut sesuai dengan hasil penelitian Istomo (1994) di Sampit, Kalimantan Tengah.

Jumlah jenis, jumlah pohon dan luas bidang dasar (LBDS) rata-rata tingkat pohon berdasarkan perbedaan ketebalan gambut dapat dilihat pada Tabel 1. Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa semakin tebal gambut jumlah pohon dan LBDS pohon semakin meningkat akan tetapi jumlah jenis pohon cenderung menurun. Berdasarkan pengamatan di lapangan, pada gambut dalam lebih banyak ditemukan pohon besar dan tinggi meskipun jenisnya relatif menurun. Pada gambut lebih dangkal banyak ditemukan jenis palem palas (*Liquala pimula*) yang tumbuh lebat dengan tinggi rata-rata mencapai 2 - 4 m, sedangkan pada gambut dalam tidak ditemukan. Keberadaan palas kemungkinan mempengaruhi pertumbuhan permudaan pohon.

Tabel 1. Hubungan tebal gambut dengan komposisi jenis pohon berdiameter ≥ 10 cm.

No.	Tebal gambut (m)	Jumlah jenis	Jumlah pohon per ha	Luas bidang dasar ($m^2 ha^{-1}$)
1	2 - 3	26	379	19,58
2	4 - 5	27	499	25,47
3	6 - 7	25	518	28,78

Hasil analisis cluster (*cluster analysis*) jumlah jenis rata-rata per ketebalan gambut berdasarkan nilai indek ketidaksamaan (ID) (Ludwig and Reynold, 1988) memperlihatkan bahwa jarak relatif cluster antar PCP dibawah 42 %, artinya bahwa nilai kesamaan antar petak contoh penelitian lebih dari 50 %, yaitu 58 %. Hal ini menunjukkan bahwa semua petak contoh penelitian masih dalam populasi yang sama, sehingga analisis selanjutnya tidak perlu dibedakan menjadi lebih dari satu populasi.



Gambar 3. Profil hutan di tiga lokasi tingkat ketebalan gambut

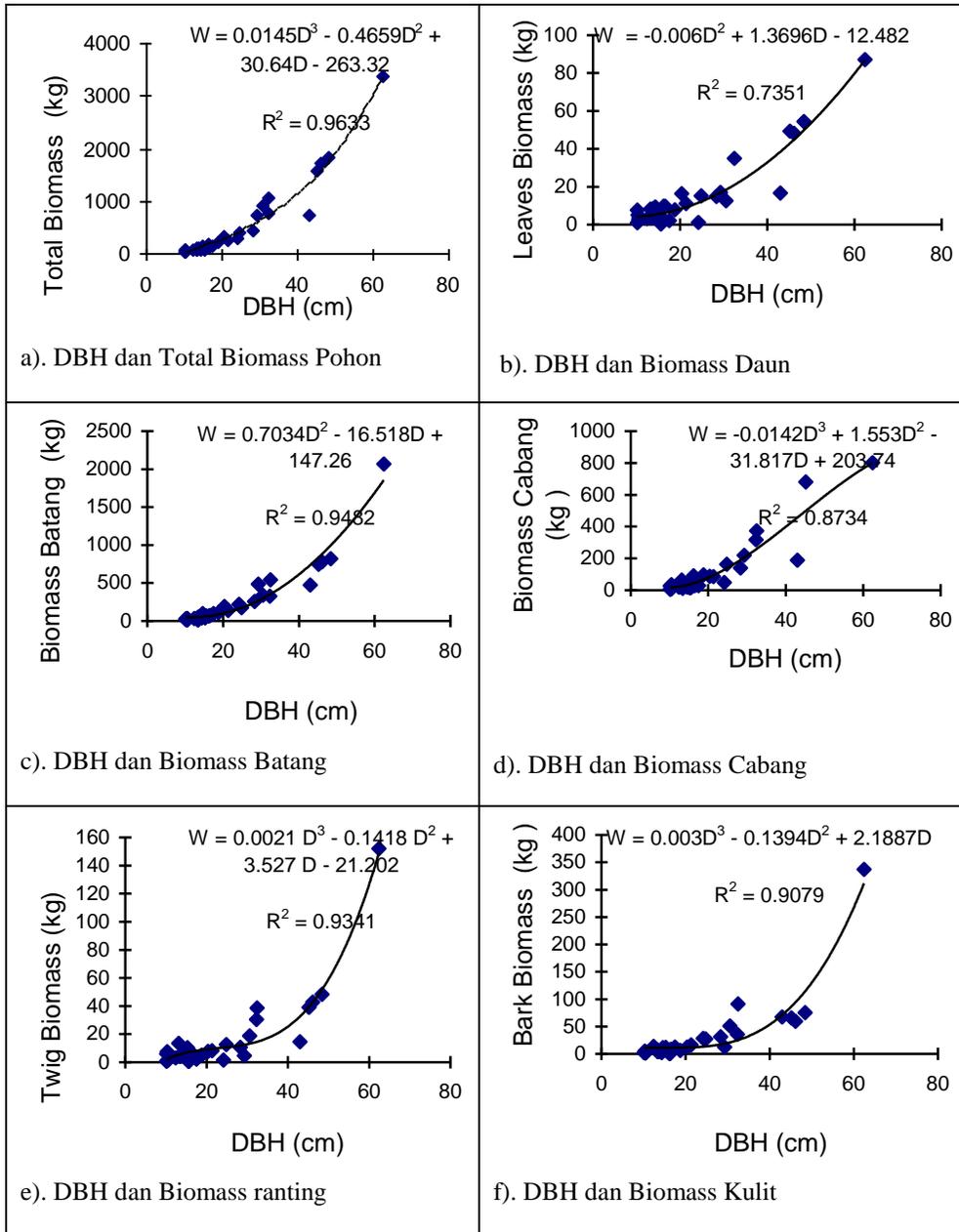
Pengukuran Biomassa

Dengan menggunakan metode pemanenan langsung pohon berdiameter ≥ 10 cm pada petak contoh seluas 20 m x 20 m diperoleh persamaan alometrik penduga biomassa pohon seperti tertera pada Tabel 2. Sedangkan grafik hubungan antara diameter dengan biomassa pohon hasil pengukuran di lapangan dapat dilihat pada Gambar 4.

Tabel 2. Model penduga biomassa pohon untuk hutan rawa gambut di lokasi penelitian

Model	Model pendugaan	R ² (%)
Batang	$W = 0.7034 D^2 - 16.518 D + 147.26$	95
Cabang	$W = -0.0142 D^3 + 1.553 D^2 - 31.817 D$	87
Ranting	$W = 0.0021 D^3 - 0.1481 D^2 + 3.527 D - 21.202$	93
Kulit	$W = 0.003 D^3 - 0.1394 D^2 + 21.1887 D$	91
Daun	$W = -0.0012 D^3 + 0.1208 D^2 - 2.3325 D + 17.031$	79
Total	$W = 0.0145 D^3 - 0.4659 D^2 + 30.64 D - 263.32$	96

Model pendugaan biomassa pada Tabel 2 tersebut dipilih dari beberapa bentuk hubungan, yaitu model kuadratik, logaritma, eksponensial dan perpangkatan. Pemilihan model didasarkan pada bentuk umum pertumbuhan yaitu sigmoid (perpangkatan) dan besarnya nilai koefisien determinasi (R²). Berdasarkan kedua kriteria tersebut diperoleh model seperti tertera pada Tabel 2.



Gambar 4. Hubungan antara biomassa (bobot kering) dengan diameter pohon setinggi dada (DBH).

Hasil pendugaan biomassa pohon dan permudaannya, semak, herba, serasah dan akar untuk rata-rata semua PCP berdasarkan ketebalan gambut tertera pada Tabel 3. Pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa biomassa pohon dan permudaan di atas tanah merupakan bagian terbesar dari seluruh biomassa hutan rawa gambut yaitu rata-rata mencapai 75,0 % (terdiri dari biomassa tingkat pohon 70,2 %, pancang 4,4 % dan tingkat semai 0,4 %), biomassa semak dan herba 1,4 % biomassa serasah 3,2 %. Biomassa di bawah permukaan tanah yang meliputi biomassa akar seluruh jenis rata-rata 20,1 %.

Hasil pendugaan biomassa tersebut (Tabel 3) jika dibandingkan dengan hasil penelitian biomassa dengan beberapa tipe hutan lain relatif lebih rendah. Kato *et al*' (1978) mengukur biomassa pada hutan dataran rendah di Pasoh, Malaysia dengan hasil 475 ton ha⁻¹; Grubb & Edward (1982) pada hutan hujan pegunungan di New Guinea sebesar 432 ton ha⁻¹; sedangkan Kusmana *et al* (1992) pada hutan mangrove di Riau sebesar 284,95 ton. Rendahnya biomassa di hutan rawa gambut sangat berkaitan dengan kondisi tempat tumbuh gambut yang jenuh air dan miskin hara.

Tabel 3. Rata-rata penyebaran biomassa pada beberapa ketebalan gambut

No.	Penyebaran biomassa	Besarnya biomassa per tebal gambut				
		2- 3 m	4-5 m	6-7 m	Rata-rata	
		ton ha ⁻¹			ton ha ⁻¹	%
1.	Di atas permukaan tanah					
a.	Pohon dan permudaan					
	Pohon :	176.1	246.9	271.5	231.5	70.2
	- batang	89.2	125.2	142.3	118.9	36.1
	- cabang	60.5	85.4	89.7	78.5	23.8
	- kulit	11.8	16.1	18.9	15.6	4.7
	- daun	8.5	11.7	11.8	10.7	3.2
	- ranting	6.1	8.6	9.6	8.1	2.4
	Pancang	12.0	15.9	15.8	14.6	4.4
	Semai	0.4	0.7	3.1	1.4	0.4
b.	Semak dan herba	10.1	3.5	0.0	4.5	1.4
c.	Serasah	7.4	10.9	13.5	10.6	3.2
2.	Di bawah permukaan tanah					
a.	Akar pohon	59.4	65.7	75.8	66.9	20.3
3.	Total tumbuhan	265.5	343.7	380.3	329.8	6.0
4.	Tanah gambut	2959.8	4614.9	7977.4	5184.3	94.0
5.	Total (3 + 4)	3225.3	4958.6	8357.7	5514.1	100.0

Pengukuran Konsentrasi Hara

Pengukuran konsentrasi hara P dan Ca telah dilakukan sebanyak 815 contoh yang mewakili bentuk tumbuhan, jenis tumbuhan dan bagian tumbuhan. Hasil pengukuran konsentrasi hara P dan Ca rata-rata untuk pohon dan permudaan dan bagian tumbuhan tertera pada Tabel 4.

Tabel 4. Analisis rata-rata kandungan P dan Ca (g kg^{-1}) pada tingkat pohon dan permudaanya.

Pohon dan permudaannya	Bagian tumbuhan	Rata-rata konsentrasi P (g kg^{-1})	Rata-rata konsentrasi Ca (g kg^{-1})
Semai	Akar	1.79 ± 0.23	4.95 ± 0.85
	Batang	1.98 ± 0.23	7.03 ± 1.26
	Daun	1.34 ± 0.27	10.08 ± 1.58
Pancang	Akar	1.25 ± 0.26	4.19 ± 0.70
	Batang	1.01 ± 0.23	5.28 ± 1.54
	Cabang	1.33 ± 0.22	7.54 ± 1.68
	Ranting	1.14 ± 0.13	7.67 ± 1.15
	Daun	1.35 ± 0.30	10.61 ± 1.62
Pohon	Akar	1.21 ± 0.21	3.43 ± 0.43
	Batang	0.69 ± 0.17	3.27 ± 0.84
	Kulit	0.56 ± 0.16	13.88 ± 2.83
	Cabang	1.09 ± 0.19	6.27 ± 1.51
	Ranting	1.69 ± 0.19	11.25 ± 1.44
	Daun	1.16 ± 0.17	9.99 ± 1.10

Keterangan : Pada selang kepercayaan 95 %

Pada Tabel 4 dapat dilihat bahwa nilai rata-rata konsentrasi hara P terbesar pada tingkat semai, diikuti tingkat pancang dan terendah tingkat pohon. Pada bagian tumbuhan, untuk hara P, tingkat semai tertinggi pada batang, tingkat pancang pada daun dan tingkat pohon pada ranting. Sebagaimana telah diketahui bahwa fungsi P terutama dalam transfer energi yang merupakan bagian DNA dan ATP dan berperan dalam metabolisme dasar serta sintesis (fosforilasi) (Darmawan dan Baharsjah, 1983; Larcher, 1995), tumbuhan memerlukan P pada semua tingkat pertumbuhan terutama awal pertumbuhan (Ismunadji *et al.*, 1991).

Untuk hara Ca (Tabel 4) baik pada tingkat semai, pancang maupun pohon secara proporsional pada semua bagian tumbuhan, kecuali pada bagian kulit dan ranting tingkat pohon, mempunyai pola yang sama yaitu tertinggi pada bagian daun. Bagian kulit dan ranting tingkat pohon mempunyai konsentrasi tertinggi. Hal ini sesuai dengan pernyataan Larcher (1995) bahwa konsentrasi Ca pada tumbuhan tertinggi pada kulit dan daun. Di dalam tumbuhan Ca berada dalam bentuk ion, sebagai garam terlarut, kristal, kulit keras atau bentuk organik yang berfungsi sebagai pengatur hidrasi, pengatur pertumbuhan panjang dan enzim.

Berdasarkan nilai rata-rata konsentrasi P tingkat pohon pada semua bagian tumbuhan (akar, batang, cabang, batang, kulit dan daun) diperoleh 13 jenis pohon (dari 38 total jenis pohon) berkategori penyimpan hara (*accumulator*) (Breulmann *et al.*, 1996) yaitu mempunyai nilai konsentarsi hara di atas nilai selang rata-rata dan 17 jenis pohon berkonsentrasi P terendah (*excluder*, yaitu mempunyai nilai konsentarsi hara di bawah nilai selang rata-rata). Jenis-jenis penyimpan (*accumulator*) hara urutan tiga tertinggi adalah beringin (*Ficus benyamina*; $2,01 \text{ g kg}^{-1}$), punak (*Tetramerista glabra*; $1,91 \text{ g kg}^{-1}$)

dan terentang (*Camnosperrna macrophylla*; 1,59 g kg⁻¹). Sedangkan jenis-jenis pohon yang termasuk *excluder* hara P urutan terendah adalah kopi-kopi (*Gardenia sp.*; 0,50 g kg⁻¹), jangkang (*Xylopi cordata*; 0,51 g kg⁻¹) dan manggis hutan (*Garcinia excelsa*; 0,58 g kg⁻¹).

Untuk hara Ca, nilai rata-rata konsentrasi Ca tingkat pohon pada semua bagian tumbuhan terdapat 14 jenis *accumulator* Ca dan 16 jenis sebagai *excluder* dan sebanyak 38 jenis pohon. Jenis-jenis *accumulator* urutan tiga tertinggi adalah timah-timah (*ilex bogoriensis*; 14,02 g kg⁻¹), milas (*Parastemon urophyllum*; 13,72 g kg⁻¹) dan suntai (*Palaquium dasyphyllum*; 13,13 g kg⁻¹). Sedangkan yang termasuk jenis *excluder* hara Ca adalah durian hutan (*Durio carinatus* 3,50 g kg⁻¹), jangkang (*Xylopi cordata*; 3,66 g kg⁻¹) dan meranti batu (*Shorea uliginosa*; 4,18 g kg⁻¹). Jenis timah-timah merupakan jenis pohon kurang dikenal, mempunyai kulit kayu berwarna perak dan keras seperti cangkang, sehingga jenis ini mempunyai kandungan Ca pada kulit tertinggi untuk semua nilai Ca yang lain yaitu 41,69 g kg⁻¹)

Jenis-jenis pohon yang tergolong *accumulator* untuk hara P dan Ca umumnya jenis-jenis pohon kurang dikenal (*lesser known timber*) karena bukan termasuk penghasil kayu komersial. Jenis-jenis tersebut umumnya menduduki lapisan tajuk kedua dan ketiga dan mempunyai diameter batang sekitar 10 - 40 cm. Serara umum jenis-jenis pohon yang termasuk *accumulator* adalah termasuk jenis pioner, yaitu jenis cepat tumbuh, jenis suka cahaya (*light demanding species*) dan mampu tumbuh pada kondisi tanah miskin hara. Sedangkan jenis *accumulator* Ca umumnya pohon kayu keras dan lambat tumbuh.

Penyebaran dan Kandungan Hara

Hasil perhitungan kandungan hara P dan Ca berdasarkan nilai biomassa dan konsentrasi hara tertera pada Tabel 5. Pada Tabel 5 dapat dilihat penyebaran hara pada biomassa di atas tanah dan di bawah tanah, tampak bahwa proporsi hara tertinggi terdapat pada tumbuhan tingkat pohon dan permudaannya. Berdasarkan data rata-rata semua ketebalan gambut untuk hara P tingkat pohon dan permudaan sebesar 71,0 % (terdiri dari 64,0 % untuk tingkat pohon, 6,3 % tingkat pancang dan 0,3 % tingkat semai), selanjutnya akar pohon (kedalaman 0 - 1 m) sebesar 23,4 %, semak dan herba 4,3 % dan serasah 1,9 %. Sedangkan pada hara Ca proporsi pohon dan permudaan lebih tinggi yaitu 76,4 % (terdiri dari pohon 73,5 %, pancang 2,7 % dan semai 0,2 %), serasah lebih tinggi 8,5 %, sedangkan semak dan herba 0,7 % dan akar pohon 14,5 %.

Tingginya kandungan Ca pada serasah terkait dengan sifat Ca yang termasuk hara tidak mudah bergerak (*immobile*) (Darmawan dan Baharsyah, 1983), sehingga banyak terbawa dalam serasah. Proporsi pohon untuk Ca lebih tinggi bila dibandingkan dengan P disebabkan oleh kandungan Ca yang tinggi pada kulit dan daun yaitu masing-masing 10,4 % dan 7,3 %, sedangkan pada bagian yang sama pada hara P hanya 3,1 % dan 3,9 %. Kandungan Ca yang tinggi pada kulit dan daun telah dijelaskan pada sub-bab pengukuran konsentrasi hara. Pada Tabel 5 dapat dilihat bahwa semakin meningkat tebal gambut kandungan hara P dan Ca semakin meningkat pula baik untuk hara pohon, serasah dan akar pohon maupun hara total tumbuhan. Hasil analisis keragaman untuk mengetahui pengaruh perbedaan tebal gambut dengan kandungan hara serta uji beda nyata tertera pada Tabel 6.

Tabel 5. Kandungan dan penyebaran hara Ca dan P pada tanah dan tumbuhan berdasarkan perbedaan tebal gambut.

No. *)	Penyebaran hara P dan Ca	Kandungan hara P dan Ca berdasarkan ketebalan gambut									
		2 -3 m		4 - 5 m		6 - 7 m		Rata-rata semua ketebalan gambut			
		P	Ca	P	Ca	P	Ca	P		Ca	
		kg ha ⁻¹						kg ha ⁻¹	%	kg ha ⁻¹	%
1.	Di atas permukaan tanah										
a.	Pohon dan permudaan										
	Pohon :	155,8	963,7	219,7	1632,5	257,2	1.805,7	210,9	64,0	1467,3	73,5
	- batang	57,7	243,8	88,7	511,3	93,5	527,3	80,0	24,3	427,5	21,4
	- cabang	70,2	406,6	95,4	648,6	115,3	720,6	93,6	28,4	592,0	29,6
	- kulit	7,5	151,6	9,0	223,7	14,3	282,5	10,3	3,1	219,3	11,0
	- daun	8,9	97,2	12,5	142,0	16,9	147,4	12,8	3,9	128,9	6,5
	- ranting	11,4	64,5	15,0	106,8	17,0	127,8	14,5	4,4	99,7	5,0
	Pancang	16,2	43,7	23,8	62,0	22,7	57,4	20,9	6,3	54,4	2,7
	Semai	0,5	2,0	0,8	3,1	1,5	7,4	0,9	0,3	4,1	0,2
b.	Semak dan herba	29,1	24,9	11,8	10,2	1,0	4,9	14,1	4,3	13,4	0,7
c.	Serasah	4,7	130,6	5,9	162,6	8,0	213,4	6,2	1,9	168,9	8,5
2.	Di bawah permukaan tanah										
	Akar tumbuhan (0-1m)	68,2	255,7	75,7	284,2	86,9	328,7	77,0	23,4	289,6	14,5
3.	Total tumbuhan	274,8	1.420,6	337,3	2.154,4	376,9	2.417,6	329,6	36,6	1997,5	27,8
4.	Tanah gambut	545,1	4.798,0	568,0	5.016,4	599,2	5.777,7	570,8	63,4	5197,4	72,2
5.	Total (3 + 4)	819,9	6.218,6	895,3	7.170,8	976,1	8.195,3	900,4	100,0	7194,9	100,0

Keterangan : *) Persentase No. 1 dan 2 berdasarkan total tumbuhan, sedangkan 3-5 berdasarkan total tumbuhan dan tanah gambut.

Tabel 6. Hasil analisis keragaman rata-rata kandungan hara pada beberapa ketebalan gambut di lokasi penelitian

Jenis hara	Kandungan hara pada:	Nilai rata-rata kandungan hara per ketebalan gambut		
		< 3 m	3 – 6 m	> 6 m
P	Pohon ¹⁾ di atas tanah	155,8 a	219.7 abc	257.2 c
	Total tumbuhan ²⁾	274.8 a	337.7 abc	377.9 c
Ca	Pohon ³⁾ di atas tanah	963.9 a	1632.5 abc	1805.7 bc
	Total tumbuhan ⁴⁾	1420.8 a	2176.0 b	2417.6 bc

Keterangan :

¹⁾ : P1 = 0.010, ²⁾ : P2 = 0.014, ³⁾ : P3 = 0.006, ⁴⁾ : P4 = 0.004

Angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak menunjukkan perbedaan yang nyata pada taraf 95 %.

Pada Tabel 6 dapat dilihat bahwa semakin tebal gambut semakin tinggi pula kandungan hara P pada pohon dan total tumbuhan yang berpengaruh sangat nyata pada taraf 95 % (masing-masing mempunyai nilai P = 0,01). Untuk hara Ca semakin tebal gambut berpengaruh nyata taraf 95 % (nilai P = 0,05) terhadap kandungan Ca total tumbuhan, sedangkan untuk hara Ca pada pohon di atas tanah tidak berpengaruh nyata pada taraf 95 % (P = 0,01).

Pada Tabel 6 dapat dilihat hasil uji beda nyata Tukey (Walpole, 1982) masing-masing kandungan P dan Ca pada pohon dan total tumbuhan biomassa dengan tebal gambut, tampak bahwa kandungan hara P pada pohon dan kandungan hara P pada total tumbuhan yang terdapat pada tebal gambut < 3 m berbeda nyata pada taraf 95 % dengan kandungan hara P pada pohon dan kandungan hara P pada total tumbuhan pada gambut > 6 m. Kandungan hara Ca pada total tumbuhan yang terdapat pada tebal gambut < 3 m berbeda nyata pada taraf 95 % dengan kandungan hara Ca pada total tumbuhan yang terdapat pada tebal gambut > 6 m.

Meningkatnya biomassa dan kandungan hara dengan semakin meningkatnya ketebalan gambut (pada tebal gambut 3 - 6 m) sesuai dengan hasil penelitian Brady (1997). Brady (1997) telah meneliti tiga lokasi hutan gambut di Sumatera, yaitu di Padang Sugihan dan Sugihan Timur (Sumatera Selatan) dan Pulau Padang (Riau) berdasarkan ketebalan gambut (ketebalan gambut 3 - 12 m). Dari hasil penelitiannya menunjukkan bahwa semakin tebal gambut komposisi dan biomassa hutan semakin naik, tetapi menurun kembali mulai ketebalan gambut 9 m dan terendah pada ketebalan gambut 12 m. Mengingat penelitian yang dilakukan saat ini berada pada kedalaman gambut 3 - 6 m, maka masih terjadi kenaikan biomassa hutan maupun kandungan hara sejalan dengan kenaikan tebal gambut, tetapi jika diteruskan sampai ketebalan gambut di atas 9 m diduga akan terjadi penurunan biomassa maupun kandungan hara. Hal ini tidak dapat dilakukan di lokasi penelitian karena ketebalan gambut kurang dari 7 m.

Mengingat wilayah penelitian tergolong gambut pantai, maka kesuburan gambut di lokasi tersebut sangat dipengaruhi oleh luapan muara Sungai Rokan, pasang-surut laut dan sejarah geologi dan sedimentasi. Dengan demikian tingkat kesuburan tanah gambut di lokasi penelitian relatif lebih tinggi bila dibandingkan dengan gambut pedalaman (Andriesse, 1988). Hasil analisis rata-rata kadar abu dan kandungan hara P dan Ca secara vertikal tiap kedalaman gambut berdasarkan tebal gambut seperti tertera pada Tabel 7.

Tabel 7. Penyebaran dan kandungan hara P dan Ca serta kadar abu secara vertikal setiap lapisan berdasarkan tebal gambut.

No	Kedalaman gambut (cm)	Kadar abu (%) (m)			Kandungan P (kg ha ⁻¹) (m)			Kandungan Ca (kg ha ⁻¹) (m)		
		2-3	4-5	6-7	2-3	4-5	6-7	2-3	4-5	6-7
1	0-50	2,46	2,73	2,91	160,5	258,1	286,5	1.234,0	1.458,2	1.401,8
2	50-100	1,33	2,04	1,67	95,3	76,1	87,0	653,3	1.011,5	653,4
3	100-150	1,06	1,55	1,42	53,0	28,0	36,4	204,4	189,5	590,7
4	150-200	0,96	1,28	1,75	14,8	25,5	28,1	261,6	156,9	437,6
5	200-250	1,06	2,83	2,61	29,0	24,1	34,6	129,8	153,9	568,3
6	250-300	0,92	2,59	6,36	12,0	18,2	72,5	114,1	354,4	1.146,2
7	300-350	1,06	3,35		16,9	26,2		145,6	141,6	
8	350-400	1,01	6,30		27,8	48,3		169,8	190,4	
9	400-450	1,04	7,27		42,5	63,6		286,7	1.329,9	
10	450-500	0,98			29,4			356,1		
11	500-550	2,26			33,7			617,1		
12	550-600	4,21			29,4			560,1		
13	600-650	11,12			55,1			1.045,1		

Pada Tabel 7 dapat dilihat bahwa kadar abu di lapisan tanah gambut bawah, mendekati tanah mineral semakin meningkat dengan meningkatnya ketebalan gambut. Sedangkan penyebaran vertikal kandungan hara umumnya lebih banyak pada gambut bagian atas dan bagian bawah mendekati tanah mineral. Meningkatnya bahan mineral pada lapisan bawah, terutama mineral anorganik seperti Ca, banyak berasal dari batuan sedimen dan bahan suspensi terlarut, sedangkan tingginya bahan mineral di bagian atas karena bioakumulasi tumbuhan, seperti pada P. Kandungan hara Ca pada total tumbuhan yang terdapat pada tebal gambut < 3 m berbeda nyata pada taraf 95 % dengan kandungan hara Ca pada total tumbuhan yang terdapat pada tebal gambut > 6 m. seperti pada P. Bentuk sebaran hara tersebut relatif sama baik untuk gambut dangkal maupun gambut dalam, namun proporsi kandungan hara setiap kedalaman gambut lebih banyak pada gambut dangkal.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Kandungan hara P atau Ca tingkat pohon terbesar terdapat pada bagian cabang, tetapi tidak berbeda nyata dengan kandungan hara P atau Ca pada bagian batang. Kandungan hara P pada tingkat pohon dari bagian terbesar sampai terendah adalah cabang ($93,6 \text{ kg ha}^{-1}$), batang ($80,0 \text{ kg ha}^{-1}$), ranting ($14,5 \text{ kg ha}^{-1}$), daun ($12,8 \text{ kg ha}^{-1}$), dan kulit ($10,3 \text{ kg ha}^{-1}$). Kandungan hara Ca pada tingkat pohon dari bagian terbesar sampai terendah adalah cabang ($592,0 \text{ kg ha}^{-1}$), batang ($427,5 \text{ kg ha}^{-1}$), kulit ($219,3 \text{ kg ha}^{-1}$), daun ($128,9 \text{ kg ha}^{-1}$), dan ranting ($99,7 \text{ kg ha}^{-1}$).
2. Kandungan hara P atau Ca pada total tumbuhan (di atas dan di bawah permukaan tanah) lebih rendah dibandingkan dengan kandungan P atau Ca pada total tanah gambut untuk ketiga tingkat ketebalan gambut. Akan tetapi tumbuhan yang terdapat pada hutan rawa gambut merupakan penyimpanan hara P dan Ca sangat besar dibandingkan dengan besarnya bobot kering seluruh tanah dan tumbuhan. Biomassa tumbuhan hanya 6 % dari total biomassa tumbuhan dan tanah gambut, tetapi proporsi hara P dan Ca terhadap total hara tumbuhan dan tanah gambut masing-masing sebesar 36,6 % dan 27,8 %.
3. Jenis-jenis pohon kurang dikenal umumnya mempunyai konsentrasi hara P dan Ca tertinggi. Konsentrasi hara P umumnya tertinggi pada jenis-jenis pohon pioner seperti beringin (*Ficus benyamina*), punak (*Tetramerista glabra*) dan terentang (*Camnosperma macrophylla*), sedangkan konsentrasi hara Ca umumnya tertinggi pada pohon kayu keras seperti pada timah-timah (*Ilex bogoriensis*), milas (*Parastemon urophyllum*) dan suntai (*Palaquium dasyphyllum*).

Saran

1. Mengingat pohon merupakan bagian terbesar dalam menyimpan hara pada biomassa, maka perlu dipertahankan keberadaanya, terutama pada gambut dalam.
2. Jenis-jenis pohon kurang dikenal umumnya mempunyai konsentrasi hara Ca dan P cukup tinggi, sehingga selain dipertahankan keberadaanya juga dapat direkomendasikan untuk merehabilitasi lahan gambut yang telah rusak.

DAFTAR PUSTAKA

- Andriesse, J. P . 1988. Nature and management of tropical peat soils. FAO Soils Bulletin 59. FAO, Rome.
- Breulmann, G., I. Ninomiya and K. Ogino. 1996. Distribution characteristics of mineral elements in tree leaves of a mixed dipterocarp forest in Sarawak Malaysia. *Tropicc*- Vol. 6 (1/2): 29 - 38.
- Brady, M.A. 1997. Organic matter dynamics of coastal peat deposits In Sumatera, Indonesia. A thesis for the degree of Doctor of Philosophy. The University of British Columbia.
- Darmawan, J. dan J. Baharsjah. 1983. Dasar-dasar Ilmu Fisiologi Tanaman. Fakultas Pertanian, IPB, Bogor.
- Grubb, P.J and P.J Edwards. 1982. Studies of minerals cycling in a montane rain forest in New Guinea, III : the distribution of mineral elements in the above material. *Jumal of Ecology*, 70. 623 - 648.
- Internationals Institute of Tropical Agriculture (IITA). 1979. Selected methods for soil and plant analysis. Manual Series No 1, Ibadan. Nigeria.
- Ismunadji, M., S. Partohardjono dan A. S. Karama. 1991. Fosfor : Peranan dan Penggunaannya dalam Bidang Pertanian. PT. Petrokimia Gresik (Persero) dengn Balai Penelitian Tanaman Pangan, Bogor.
- Istomo. 1994. Hubungan antara komposisi, struktur dan penyebaran ramin (*Gonystylus bancanus*) dengan sifat-sifat tanah gambut. Tesis Program Pascasarjana IPB, Bogor.
- Kato, R. Tadaki, Y., and Ogawa, H. (1978). Plant biomas and growth increment studies in the Pasoh forests. *Malay. Nat. J.* 30, 211-24.
- Kusmana, C. S. Sabiham, K. Abe dan H. Watanabe. 1992. An estimation of above ground tree biomass of a mangrove forest in East Sumatera, Indonesia. *Tropics*, 1 (4) : 243 - 257.
- Larcher, W. 1995. *Physiological Plants Ecology*. Third Edition. Springer, Berlin.
- Ludwig, J.A. and J.F. Reynold. 1988. *Statistical Ecology : A Primer on Methods and Computing*. John Wiley & Sons. New York.
- Marschner, H. 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Second Edition. Academic Press, London.
- Radjagukguk, B. 1991. Utilization and management of peatlands in Indonesia for agriculture and forestry. Proceedings of the International Symposium on Tropical Peatland, 6-10 May 1991 Kuching, Serawak, Malaysia.
- Walpole, R.E. 1982. *Introduction to Statistics*. Macmillan Publishing Co., Inc. New York.