

INDEKS KUALITAS TEMPAT TUMBUH DAN PERTUMBUHAN TEGAKAN GELAM (*Melaleuca leucadendron L.*) PADA LAHAN RAWA DI SUMATERA SELATAN

*Site Index and Growth of Gelam (Melaleuca leucadendron L.)
Stand on Wetland in South Sumatera*

Hengki Siahaan¹ dan/and Agus Sumadi

Balai Penelitian Kehutanan Palembang
Jl. Kol H. Burlian Km 6,5 Puntikayu 179 Telp./Fax. 0711-414864 Palembang

Naskah masuk : 15 Januari 2014; Naskah diterima : 25 Februari 2015

ABSTRACT

Gelam (Melaleuca leucadendron L.) Grows well on different type of wetland and its wood has widely been utilized in South Sumatera. Unfortunately, its growth information of gelam is not yet available. This research was aimed at Quantifying site quality and growth of gelam on various wetland in South Sumatera. Permanent sample plots constructed measured periodically. Data were collected with purposive sampling at 3(three) site conditions of stand age classes. Data were than is transformed into natural logarithm and analyzed by linear regression. Estimator variables consisted of age, stand density, and site quality index. Response variable consisted of, height, diameter, and volume stand. The result showed that the site index model was $\ln Si = \ln Ho - 1.8416 (1/Ai - 1/A)$. Site index divided into 4 classes: class I ($Si < 7 m$) found in deep peat swamp forest, class II ($Si = 7-10 m$) in shallow peat swamp forest, class III ($Si = 10-13 m$) and class IV ($Si > 13 m$) in acid sulphate soil. The growth model of height, diameter, and stand volume was $\ln H = 0.50 - 2.88/A + 0.86 \ln Si$ ($R^2_{adj} = 96.4\%$), $\ln D = 2.29 - 2.82/A - 0.23 \ln N + 0.82 \ln Si$ ($R^2_{adj} = 96.1\%$), and $\ln V = 5.64 - 9.15/A$ ($R^2_{adj} = 96.1\%$). The increment on acid sulphate soil reached $9.15 m^3/ha/year$.

Keywords: *gelam, site quality, wetland, growth,*

ABSTRAK

Gelam (*Melaleuca leucadendron L.*) tumbuh pada berbagai tipe lahan rawa dan telah lama dimanfaatkan di Sumatera Selatan, namun informasi pertumbuhannya belum tersedia. Penelitian bertujuan untuk melakukan kuantifikasi kualitas tempat tumbuh dan pertumbuhan gelam pada 3(tiga) tipe lahan rawa di Sumatera Selatan. Penelitian dilakukan dengan membangun petak ukur permanen yang diukur secara periodik. Data diambil dengan purposive sampling pada berbagai kondisi tempat tumbuh dan kelas umur tegakan. Selanjutnya data ditransformasikan ke dalam bentuk logaritma natural dan dianalisis dengan analisis regresi linear. Variabel penduga berupa umur, kerapatan tegakan dan indeks kualitas tempat tumbuh. Variabel respon berupa, tinggi, diameter dan volume tegakan. Hasil analisis diperoleh model kualitas tempat tumbuh, $\ln Si = \ln Ho - 1,8416 (1/Ai - 1/A)$. Indeks kualitas tempat tumbuh dibagi kedalam 4 kelas, yaitu kelas I ($Si < 7 m$) terdapat pada lahan rawa gambut dalam, kelas II ($Si = 7-10 m$) pada lahan rawa gambut dangkal, kelas III ($Si = 10-13 m$) dan IV ($Si > 13 m$) pada lahan rawa sulfat masam. Model pertumbuhan tinggi, diameter, dan volume tegakan gelam adalah $\ln H = 0,50 - 2,88/A + 0,86 \ln Si$ ($R^2_{adj} = 96,4\%$), $\ln D = 2,29 - 2,82/A - 0,23 \ln N + 0,82 \ln Si$ ($R^2_{adj} = 95,0\%$), dan $\ln V = 5,64 - 9,15/A$ ($R^2_{adj} = 96,1\%$). Riap tegakan gelam pada lahan rawa sulfat masam mencapai $9,15 m^3/ha/tahun$.

Kata kunci: *gelam, kualitas tempat tumbuh, lahan rawa, pertumbuhan*

I. PENDAHULUAN

Gelam (*Melaleuca leucadendron L.*) merupakan jenis tanaman penting di Sumatera Selatan karena mendominasi berbagai tipe lahan rawa di daerah ini. Gelam tumbuh dominan pada

lahan rawa sulfat masam dengan jenis tanah glei, glei humik, dan glei bergambut (Bastoni, 2007). Luas lahan rawa di Sumatera Selatan mencapai 1,42 juta ha atau sekitar 16% dari luas wilayahnya (Wahyunto *et al* 2004; Munandar & Yunardi, 2006), sehingga pengelolaan lahan rawa

mempunyai peran penting dalam perekonomian daerah ini terkait dengan pemenuhan kebutuhan kayu.

Gelam dapat dimanfaatkan dalam bentuk kayu batangan (Kayu Bulat Kecil) maupun dalam bentuk kayu gergajian. Pemanfaatan dalam bentuk kayu gergajian dilakukan dalam jumlah terbatas karena semakin sulitnya memperoleh bahan baku gelam yang berdiameter ujung 10 cm dengan panjang batang (kayu bulat) 4 meter. Saat ini, pemanfaatan gelam lebih dominan dilakukan dalam bentuk kayu batangan seperti cerucuk dan tiang penyangga.

Pemanfaatan gelam yang berlangsung selama ini dilakukan secara berlebihan tanpa perencanaan yang baik. Pemanfaatan lahan rawa umumnya dilakukan oleh penduduk miskin yang sangat tergantung pada alam untuk memenuhi kebutuhannya (Mitchel, 2013). Di Sumatera Selatan, sejalan dengan pertumbuhan penduduk, kegiatan eksploitasi semakin meningkat dan melebihi kemampuan alam untuk melakukan permudaan. Jika keadaan ini tidak segera diatasi, maka pada suatu saat, hutan rawa tidak lagi mampu untuk memasok kebutuhan kayu gelam. Gunawan *et al* (2012) melaporkan bahwa regenerasi alami merupakan hal penting dalam memperbaiki kondisi hutan rawa di Giam Siak Keci-Bukit Batu, Riau, namun tidak mencukupi untuk memulihkan kondisinya seperti keadaan semula.

Pemanenan gelam pada lahan rawa dapat dilakukan secara lestari apabila dilakukan dengan perencanaan yang baik. Dalam pengelolaan lahan rawa, pembaruan informasi secara teratur tentang status lahan rawa dalam suatu bentang alam sangat diperlukan (Gallant *et al*, 2014). Perencanaan yang baik membutuhkan informasi yang selalu diperbarui dan berbagai perangkat pengaturan hasil yang hingga saat ini belum tersedia. Informasi seberapa besar ukuran dan volume kayu yang dapat dipanen dalam suatu satuan luas lahan dan kapan waktu dilakukan panen sangat diperlukan untuk mencapai pemanfaatan yang optimal. Oleh karena itu, sejalan dengan semakin tingginya kebutuhan gelam, penelitian untuk menghasilkan perangkat pengaturan hasil hutan gelam untuk mencapai kelestarian pemanfaatan hasil sangat diperlukan.

Tegakan gelam menunjukkan performa pertumbuhan yang berbeda pada tipe lahan rawa yang berbeda. Perbedaan produktifitas merupakan kendala dalam pengelolaan yang merupakan akibat dari keragaman kualitas tempat tumbuh suatu jenis (Darwo *et al.*, 2012; Avery & Burkhart, 2002). Adanya perbedaan produktifitas pada kondisi tapak yang berbeda telah mendorong beberapa peneliti mengintegrasikan faktor-faktor klimatis dan edafis dalam pendugaan produktifitas suatu tempat tumbuh (Khouri *et al.*, 2011; Scolforo *et al.*, 2013; Beaulieu *et al.*, 2011; Sharma *et al.*, 2012; Ovideo *et al* 2008). Berdasarkan fakta tersebut, penelitian ini diawali dengan melakukan kuantifikasi tempat tumbuh pada berbagai tipe lahan rawa yang terdapat di Sumatera Selatan dan selanjutnya dilakukan penyusunan model pertumbuhan tegakan pada masing-masing tipe lahan.

Penelitian bertujuan untuk melakukan kuantifikasi kualitas tempat tumbuh dan pertumbuhan tegakan gelam pada berbagai tipe lahan rawa di Sumatera Selatan. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar pengelolaan hutan tanaman gelam pada berbagai tipe lahan rawa di Sumatera Selatan.

II. METODOLOGI

A. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan dengan membangun petak ukur permanen pada hutan rakyat gelam yang dipelihara pasca kebakaran. PUP dibangun pada tahun 2010 dan selanjutnya dilakukan pengukuran ulang pada tahun 2011 dan 2013. Petak ukur dibangun pada berbagai lokasi dan umur tegakan serta mewakili masing-masing tipe lahan rawa di Sumatera Selatan (Tabel 1). Umur tegakan dihitung 6 bulan setelah terjadinya kebakaran ketika kecambah telah mencapai tinggi sekitar 30 cm (Bastoni, 2013). Petak ukur dibuat berbentuk persegi dengan ukuran 20 x 20 m dan 15 x 15 m, masing-masing untuk tegakan dengan diameter ≥ 10 cm dan < 10 cm.

Tabel (Table) 1. Lokasi, letak geografis, ketinggian tempat, dan umur tegakan saat pembuatan PUP gelam pada berbagai tipe lahan rawa di Sumatera Selatan (*Location, geographic position, altitude and stand age at the PSP establishment time of gelam on various wetland type in South Sumatera*)

Tipe rawa (<i>Wetland type</i>)	Lokasi (<i>Location</i>)	Letak geografis (<i>Geographic Position</i>)	Ketinggian Tempat (<i>Altitude</i>)	PUP (PSP)	Umur/Age (Tahun (<i>Year</i>))
Lahan rawa sulfat masam	Desa Gasing, Kecamatan Talang Kelapa, Banyuasin	104°44'10"BT 02°48'41" LS	14 m dpl	GSG 1	22
				GSG 2	22
				GSG 3	22
				GSG 4	22
				GSG 5	22
				GSG 6	22
				GSG 7	3
				GSG 8	3
				GSG 9	3
				GSG 10	3
				GSG 11	3
	Desa Kayuara Kuning, Kecamatan. Banyuasin III, Banyuasin	104°25'41"BT 02°57'26" LS	24 m dpl	KYA 1	8,5
				KYA 2	8,5
Lahan rawa gambut dangkal	Desa Sukamaju, Kecamatan. Sungai Lilin, Musi Banyuasin	104°6'37"BT 02°38'24" LS	15 m dpl	SKM 1	5
				SKM 2	5
				SKM 3	5
				SKM 4	5
				SKM 5	5
				SKM 6	5
				SKM 7	3
				SKM 8	3
				SKM 9	3
				SKM 10	3
Lahan rawa gambut dalam	Desa Cinta Jaya, Kecamatan. Pedamaran, Oki	104°52'39"BT 03°25'35" LS	16 m dpl	OKI 1	3
				OKI 2	3
				OKI 3	1,5
				OKI 4	1,5
				OKI 5	3
				OKI 6	3
				OKI 7	3
				OKI 8	1,5
				OKI 9	1,5
				OKI 10	1,5
				OKI 11	3,0
				OKI 12	1,5
				OKI 13	3,0
				OKI 14	1,5

B. Bahan dan Peralatan

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah tegakan gelam pada hutan rakyat yang dipelihara pasca kebakaran dengan berbagai tipe lahan rawa di Sumatera Selatan sebagaimana disajikan pada Tabel 1. Data hasil pengukuran dibagi menjadi dua kelompok data, masing masing untuk penyusunan dan validasi model

(Tabel 2).

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah GPS (*Global Positioning System*), pita ukur, Haga meter, kompas, meteran gulung 50 meter, tambang plastik, tally sheet dan alat-alat tulis serta seperangkat komputer dengan program-program pengolah data seperti Excel dan Minitab.

Tabel (Table) 2. Pengelompokan data hasil pengukuran PUP gelam pada berbagai tipe lahan rawa di Sumatera Selatan (*Grouping of data measured from gelam PSP at various wetland type in South Sumatera*)

Tipe rawa (<i>Wetland type</i>)	Jumlah data (<i>Number of data</i>)	
	Penyusunan model *(<i>Model fitting</i>)	Validasi model (<i>Model validation</i>)
Lahan rawa sulfat masam	22 data	8 data
Lahan rawa gambut dangkal	12 data	8 data
Lahan rawa gambut dalam	22 data	14 data
Jumlah data (<i>Total of data</i>)	56 data	30 data

C. Metode Penelitian

1. Pengumpulan data

Data yang dikumpulkan adalah umur, keliling, dan tinggi tegakan. Pengukuran dilakukan secara periodik menggunakan pita ukur dan hypsometer. Data kemudian diolah untuk memperoleh nilai diameter, tinggi, peninggi, dan volume tegakan. Diameter dan tinggi tegakan adalah diameter dan tinggi rata-rata seluruh pohon dalam petak ukur. Peninggi, merupakan rata-rata tinggi 20 pohon tertinggi dalam plot, sementara volume tegakan adalah jumlah volume individu pohon dalam plot (Husch *et al.*, 2003).

Selain pengukuran tegakan juga dilakukan pengumpulan data kondisi tempat tumbuh. Data kondisi tempat tumbuh yang diukur adalah topografi, kelerengan, aspek, letak geografis, dan ketinggian di atas permukaan laut pada setiap PUP yang dibuat dengan menggunakan gamameter dan GPS.

2. Penyusunan model penduga kualitas tempat tumbuh

Pendugaan kualitas tempat tumbuh diawali dengan menyusun persamaan matematis antara umur (A) dan peninggi tegakan (H_0). Indeks kualitas tempat tumbuh merupakan peninggi tegakan pada umur indeks. Umur indeks yang digunakan adalah 10 tahun, yaitu umur daur yang digunakan.

Persamaan pertumbuhan peninggi tegakan disusun dengan menggunakan metode *common slope regression* (Alder, 1980). Persamaan penduga peninggi dan kualitas tempat tumbuh masing-masing adalah sebagai berikut:

$$\ln H_0 = a_i + b/A$$

$$\ln S_i = \ln H_0 + b(1/A_i - 1/A)$$

Keterangan (Remarks): H_0 = Peninggi tegakan

(*Dominan height*) (m), S_i = kualitas tempat tumbuh (*Site quality index*), A = umur (*Age*), A_i = umur indeks (*Index age*), a_i = *intersept* dan b = *slope*

3. Penyusunan model pertumbuhan

Model pertumbuhan yang disusun adalah model tegakan keseluruhan (*Whole stand model*). Model tegakan keseluruhan menggunakan variabel tegakan sebagai satuan dasar pengukuran, yaitu umur (A) dan kerapatan tegakan (N) dan indeks kualitas tempat tumbuh (S_i). Analisis yang digunakan adalah analisis regresi berganda dengan metode regresi bertatar (Draper & Smith, 1992). Model dasar yang digunakan adalah model Schumacer (1939) yang menghubungkan nilai logaritma variabel pertumbuhan ($\ln Y$) dengan kebalikan umur ($1/A$). Model ini kemudian dimodifikasi dengan menambahkan variabel lain yaitu kerapatan tegakan dan indeks kualitas tempat tumbuh (Vanclay, 1994, Clutter *et al.*, 1983) dengan persamaan sebagai berikut:

$$\ln Y = a + b/A + c \ln(N) + d \ln(S_i)$$

Keterangan (*Remarks*)

Y = parameter tegakan/*stand parametre*: tinggi/*height* (m), diameter/*diameter* (cm), and/*dan* volume/*volume* (m^3/ha), A = umur tegakan/*stand age* (tahun/*year*), N = kerapatan tegakan/*stand density* (n/ha), S_i = indeks tempat tumbuh (*site index*), a, b, c = koefisien/*coefficient*

4. Pengujian dan validasi model

Pengujian dan validasi model didasarkan pada kriteria uji statistik dan kelogisan bentuk kurva. Kriteria uji statistik yang digunakan adalah sebagai berikut:

A. Uji multikolinearitas

Uji multikolinearitas dilakukan dengan menghitung nilai VIF (*Variance Inflation Factor*). Kriteria yang digunakan adalah jika $VIF > 5$, maka terjadi multikolinearitas antar variabel, sebaliknya jika $VIF \leq 5$, multikolinearitas tidak terjadi. VIF dihitung dengan rumus (Iriawan & Astuti, 2006):

$$VIF = \frac{1}{1 - R^2}$$

- b. Uji tingkat kepentingan peranan variabel penduga

Uji ini bertujuan untuk mengetahui peranan variabel penduga dalam model, berdasarkan nilai-p, yaitu besarnya peluang untuk menolak H_0 padahal H_0 benar, berdasarkan data yang ada (Johnson & Bhattacharyya 1992).

- c. Koefisien determinasi (R^2)

Koefisien determinasi merupakan proporsi variasi total di sekitar nilai tengah y yang dapat dijelaskan oleh regresi (Draper & Smith 1992). R^2 dihitung dengan rumus:

$$R^2 = \frac{\sum (\hat{Y} - \bar{Y})^2}{\sum (Y_i - \bar{Y})^2}$$

- d. Validasi model

Validasi model dilakukan dengan data baru yang tidak digunakan dalam penyusunan model. Validasi dilakukan dengan menghitung simpangan rata-rata (*mean error* disingkat ME) dan akar rata-rata kuadrat simpangan (*root mean squared error* disingkat RMSE). Simpangan rata-rata menyatakan rata-rata kesalahan tanpa melihat tandanya (negatif atau positif), sedangkan RMSE menyatakan akurasi dugaan (Huang *et al.*, 2003; Krisnawati, 2007) yang dinyatakan dengan rumus:

$$ME = \frac{1}{n} \sum (Y_i - \hat{Y}_i) \quad RMSE = \sqrt{\frac{\sum (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n}}$$

Keterangan (*Remarks*):

\bar{Y} = Rata-rata nilai pengukuran (*Value average measured*), Y_i = Nilai pengukuran variabel ke- i -th (*Measured variable*), \hat{Y}_i = Nilai dugaan variabel ke- i -th (*Estimated variable*), n = jumlah unit contoh (*Number of sample*). VIF = *variance inflation factor*, R^2 = Koefisien determinasi (*Determination coefficient*), R_j^2 = Koefisien determinasi variabel penduga j dengan semua variabel lainnya (*Determination coefficient of predictor variable j with all others variable*).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

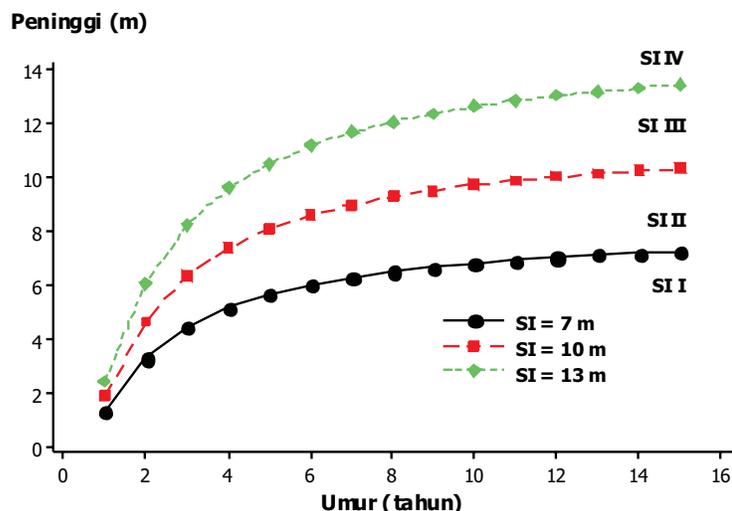
A. Kuantifikasi Tempat Tumbuh

Kuantifikasi tempat tumbuh diawali dengan penyusunan model pertumbuhan peninggi tegakan. Model pertumbuhan peninggi gelam berdasarkan hasil analisis regresi adalah $\ln H_0 = a_1 - 1,8416/A$ ($R^2 = 95,5\%$). Selanjutnya mensubstitusikan nilai intersep a_1 (Lampiran 1) pada model peninggi dan kemudian mensubstitusikan nilai H_0 dan A_i (umur indeks) 10 tahun pada model kualitas tempat tumbuh $\ln S_i = \ln H_0 + b$ ($1/A_i - 1/A$), diperoleh nilai indeks kualitas tempat tumbuh pada setiap petak ukur dengan kisaran 4,62 – 14,19 m dan simpangan baku sebesar 3 m.

Klasifikasi kualitas tempat tumbuh selanjutnya dilakukan berdasarkan besarnya nilai simpangan baku indeks kualitas tempat tumbuh sehingga diperoleh 4 (empat) kelas kualitas tempat tumbuh tegakan gelam, yaitu kelas tempat tumbuh $S_i < 7$ m, 7 – 10 m, 10 – 13 m, dan > 13 m, masing-masing untuk kelas kualitas tempat tumbuh I, II, III, dan IV (Gambar 1) yang secara berturut-turut menggambarkan kelas kualitas tempat tumbuh dari yang terendah hingga yang tertinggi.

Kelas kualitas tempat tumbuh jenis gelam berkaitan erat dengan tipe lahan rawa tempat tumbuhnya. Kelas paling rendah, kelas I ($S_i < 7$ m), terdapat pada lahan rawa gambut dalam, yaitu pada petak-petak ukur yang terdapat di Kecamatan Pedamaran, Kabupaten OKI. Indeks tempat tumbuh pada lahan rawa gambut (dalam) ini berkisar antara 4,76 – 6,86 m. Kondisi tanah yang sangat masam dengan pH sekitar 4 dan terbatasnya kandungan mineral (Daryono, 2006; Nugroho, 2010) mengakibatkan lahan rawa gambut dalam kurang mampu mendukung pertumbuhan gelam. Lahan rawa gambut dangkal tergolong pada kelas tempat tumbuh II ($S_i = 7-10$ m). Pada lahan ini, perakaran gelam dapat menjangkau tanah mineral, karena ketebalan gambut yang tidak terlalu dalam (< 100 cm). Pertumbuhan paling baik terdapat pada lahan rawa sulfat masam, dengan kualitas tempat tumbuh III dan IV ($S_i > 10$ m). Lahan ini tidak selalu tergenang, sehingga material organik dapat mengalami dekomposisi dan tidak terakumulasi. Adanya unsur hara hasil pelapukan dan ketersediaan tanah mineral pada lahan sulfat masam merupakan faktor yang dapat mendukung pertumbuhan gelam.

B. Pertumbuhan Diameter dan Tinggi Tegakan



Gambar (Figure)1. Grafik pertumbuhan peninggi gelam pada lahan rawa di Sumatera Selatan untuk setiap kelas kualitas tempat tumbuh (*Dominant height growth curve of gelam on wetland in South Sumatera for each site class*)

Pertumbuhan diameter dan tinggi tegakan gelam diduga dengan menggunakan tiga variabel penduga, yaitu umur (A), kerapatan tegakan (N), dan indeks kualitas tempat tumbuh (Si), sehingga analisis yang digunakan adalah analisis regresi berganda. Pada analisis regresi berganda harus dipenuhi asumsi bahwa antar variabel penduga tidak terjadi korelasi. Terjadinya korelasi antar variabel penduga atau multikolinearitas akan mengakibatkan taksiran parameter model tidak tepat (Iriawan & Astuti, 2006). Untuk menguji ada tidaknya korelasi antar variabel penduga, dilakukan analisis korelasi dan uji multikolinearitas dengan menghitung nilai VIF (*Variance Inflation Factor*).

Hasil uji korelasi pada Tabel 3 menunjukkan

bahwa hubungan korelasi antar variabel penduga tidak nyata, yang menunjukkan tidak terjadinya multikolinearitas. Sebaliknya hubungan korelasi yang nyata terjadi antara variabel respon (tinggi dan diameter) dengan variabel penduga umur, kerapatan tegakan dan indeks kualitas tempat tumbuh. Tidak terjadinya multikolinearitas juga ditunjukkan oleh nilai VIF yang nilainya ≤ 5 , yaitu sebesar 1,092; 1,086; dan 1,073 masing-masing untuk variabel umur (1/A), kerapatan tegakan (ln N), dan kualitas tempat tumbuh (ln Si).

Tidak terjadinya multikolinearitas juga terlihat dari hasil analisis regresi bertatar yang menunjukkan hasil yang sama dengan hasil

Tabel (Table) 3. Korelasi antar variabel pada model pertumbuhan diameter dan tinggi gelam di Sumatera Selatan (*Intercorrelation between variables of diameter and height growth model of gelam in South Sumatera*)

Variabel/ Variable	1/A	Ln N	Ln Si	Ln D
Ln N	r = 0,237 p = 0,068			
Ln Si	r = -0,211 p = 0,106	r = -0,199 p = 0,127		
Ln D	r = -0,769 p = 0,000	r = -0,535 p = 0,000	r = 0,690 p = 0,000	
Ln H	r = -0,796 p = 0,000	r = -0,309 p = 0,016	r = 0,731 p = 0,000	r = 0,955 p = 0,000

Tabel (Table) 4. Hasil analisis regresi berganda pertumbuhan diameter dan tinggi tegakan gelam pada berbagai tipe lahan rawa di Sumatera Selatan (*Multiple regression analysis result of gelam stand diameter and height growth at various wetland type in South Sumatera*)

Variabel Pertumbuhan (GrowthVariable)	Variabel Penduga (Predictor variable)	Koefisien (Coefficient)	Uji T (T-est)	Nilai P (P-value)	R ² adj	VIF
Diameter (Diameter)	Konstanta	2,29	10,72	0,00	96,1%	-
	1/A	-2,82	-22,09	0,00		1,092
	ln N	-0,23	-10,98	0,00		1,086
	ln Si	0,82	19,07	0,00		1,073
Tinggi (Height)	Konstanta	0,72	3,93	0,00	96,4%	-
	1/A	-2,85	-25,86	0,00		1,092
	ln N	-0,03	-1,38	0,17		1,086
	ln Si	0,85	22,93	0,00		1,073

Keterangan/Remarks: A = umur (age), N = kerapatan tegakan (stand density), Si = indeks kualitas tempat tumbuh (site index)

analisis regresi sederhana (Tabel 4). Demikian pula adanya kesamaan tanda koefisien regresi variabel penduga dengan koefisien korelasi masing-masing variabel penduga dengan variabel respon. Koefisien regresi variabel 1/A, ln N, dan ln Si pada model pertumbuhan diameter sebesar -2,82; -0,23; dan 0,82 menunjukkan tanda yang sama dengan koefisien korelasi masing-masing variabel dengan variabel respon (ln D), yaitu sebesar -0,769; -0,535; dan 0,690.

Peran masing-masing variabel penduga pada model pertumbuhan diameter ditunjukkan oleh nilai-p. Semua variabel penduga pada model ini berperan nyata dalam model yang ditunjukkan oleh nilai-p yang kecil ($p \leq 0,00$). Dengan demikian model terbaik untuk menyatakan pertumbuhan diameter tegakan gelam adalah $\ln D = 2,29 - 2,82/A - 0,23 \ln N + 0,82 \ln Si$. Model ini menggambarkan sifat hubungan dan besarnya peran masing-masing variabel penduga terhadap pertumbuhan diameter tegakan gelam. Koefisien 1/A, ln N, dan ln Si masing-masing bernilai -2,82; -0,23; dan 0,82; berarti bahwa pertumbuhan diameter tegakan gelam berbanding lurus dengan umur dan kualitas tempat tumbuh tetapi berbanding terbalik dengan kerapatan tegakan (Tabel 4).

Hasil uji validasi model dengan data yang tidak digunakan dalam penyusunan model, diperoleh bahwa simpangan rata-rata (ME) dan akar rata-rata kuadrat simpangan (RMSE) model pertumbuhan diameter gelam adalah 0,25 cm dan 0,84 cm. Hasil ini menunjukkan bahwa model yang diperoleh mempunyai akurasi yang baik dalam menduga pertumbuhan diameter gelam.

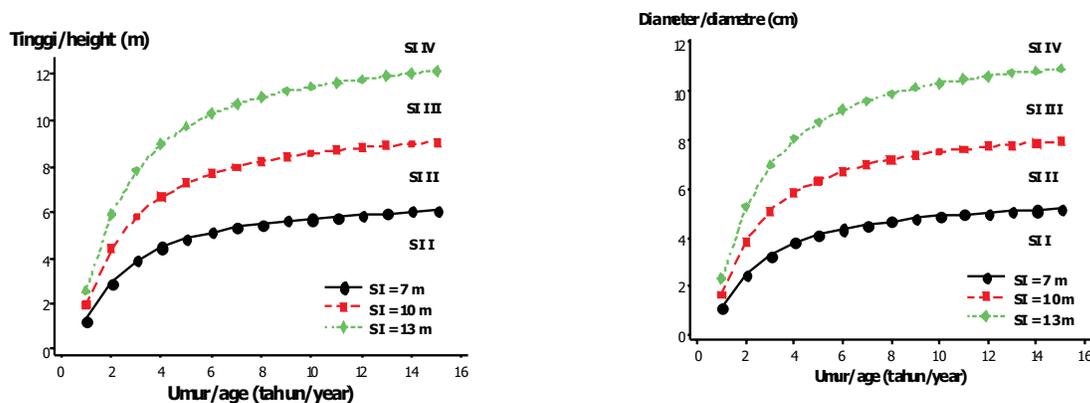
Pertumbuhan tinggi tegakan mempunyai karakteristik yang berbeda dengan diameter karena salah satu variabel yaitu kerapatan tegakan (ln N) tidak berperan dalam model. Hal ini ditunjukkan oleh nilai-p variabel kerapatan tegakan (ln N) sebesar 0,17 (Tabel 4). Nilai-p yang besar ($> 0,05$) bermakna bahwa peran variabel tersebut berperan tidak nyata dalam model. Hasil analisis regresi bertatar pada variabel tinggi memberikan hasil yang sama yaitu menghasilkan model yang hanya menggunakan umur dan kualitas tempat tumbuh sebagai variabel penduga. Dengan demikian model terbaik dalam menduga pertumbuhan tinggi gelam adalah $\ln H = 0,50 - 2,88/A + 0,86 \ln Si$. Hasil uji validasi terhadap model ini diperoleh nilai simpangan rata-rata (ME) dan akar rata-rata kuadrat simpangan (RMSE) adalah 0,21 m dan 0,87 m.

Kedua model pertumbuhan yang diperoleh, yaitu pertumbuhan diameter maupun tinggi tegakan juga menunjukkan bahwa kualitas tempat tumbuh selalu berperan. Nilai-p untuk variabel kualitas tempat tumbuh pada kedua model adalah 0,00 dengan koefisien 0,82 dan 0,86. Nilai koefisien yang bertanda positif ini menunjukkan bahwa pertumbuhan tinggi dan diameter gelam akan mengalami peningkatan yang hampir sama dengan semakin meningkatnya indeks kualitas tempat tumbuh. Hal ini terlihat jelas pada Gambar 2 yang melukiskan pertumbuhan tinggi dan diameter gelam pada berbagai kelas kualitas tempat tumbuh. Pada Gambar 2 terlihat bahwa riap rata-rata diameter gelam pada umur 10 tahun

adalah < 0,49; 0,49–0,75; 0,75–1,04; dan > 1,04 cm/tahun masing-masing untuk kelas kualitas tempat tumbuh I, II, III, dan IV. Demikian pula untuk pertumbuhan tinggi, masing-masing ada-

lah < 0,57; 0,57–0,86; 0,86–1,15 m/tahun.

Gambar 2 juga menunjukkan bahwa pertumbuhan tinggi dan diameter gelam cenderung mengalami stagnasi setelah umur 10 tahun, ter-



Gambar (Figure) 2. Grafik pertumbuhan tinggi (kiri) dan diameter (kanan) gelam pada berbagai kualitas tempat tumbuh di Sumatera Selatan (*Growth curve of gelam height (left) and diameter (right) on various site index in South Sumatera*)

utama pada kelas tempat tumbuh I dan II yang merupakan lahan rawa gambut. Pada lahan ini, diameter gelam mengalami stagnasi pada ukuran < 7,5 cm, sehingga penggunaan kayunya sangat terbatas dan hanya dapat digunakan sebagai kayu batangan dengan jumlah yang sangat terbatas.

C. Pertumbuhan dan Riap Volume

Volume tegakan yang dimaksud dalam penelitian ini adalah jumlah total volume individu pohon sampai diameter ujung 7 cm dalam tiap petak ukur. Model pertumbuhan volume hanya disusun pada kelas kualitas tempat tumbuh III dan IV, yang terdapat pada lahan rawa sulfat masam. Pada tipe lahan ini, diameter tegakan dapat mencapai 10 cm atau lebih sedangkan pada tipe lahan rawa gambut dalam maupun dangkal, yang termasuk dalam kelas kualitas tempat tumbuh I dan II, diameter gelam hanya dapat mencapai 7,5 cm.

Penyusunan model pertumbuhan volume gelam pada lahan rawa sulfat masam diawali dengan melakukan uji multikolinearitas dengan analisis regresi dan penghitungan nilai VIF. Hasil analisis korelasi (Tabel 5) dan nilai VIF (Tabel 6) menunjukkan bahwa multikolinearitas terjadi antar variabel penduga model pertumbuhan volume gelam. Timbulnya korelasi antar variabel ini diduga karena data penyusun model pertumbuhan volume hanya berasal dari satu tipe lahan, yaitu lahan rawa sulfat masam (termasuk

pada kelas kualitas tapak III dan IV). Pada Tabel 5 terlihat bahwa korelasi antar variabel penduga penyusun model sangat nyata, sehingga nilai VIF salah satu variabel, yaitu umur ($1/A$) ≥ 5 .

Selanjutnya, penyusunan model penduga pertumbuhan volume gelam pada lahan rawa sulfat masam dilakukan dengan analisis regresi bertatar. Berdasarkan hasil analisis regresi bertatar diperoleh model penduga volume gelam dengan satu variabel penduga yaitu $\ln V = 5,64 - 9,15/A$ ($R^2_{adj} = 96,1\%$). Variabel umur terpilih sebagai variabel penduga, karena variabel inilah yang mempunyai koefisien korelasi terbesar dengan volume tegakan ($\ln V$), yaitu sebesar -0,981 (Tabel 5). Dengan demikian, sekalipun model ini hanya menggunakan variabel umur sebagai variabel penduga, model ini mempunyai tingkat ketelitian yang tinggi dalam menduga pertumbuhan volume gelam pada lahan rawa sulfat masam ($R^2_{adj} = 96,1\%$) karena telah mewakili kedua variabel penduga lainnya, yaitu kerapatan tegakan dan indeks kualitas tempat tumbuh. Hasil validasi model juga menunjukkan bahwa model ini merupakan penduga yang akurat untuk menduga pertumbuhan volume gelam dengan simpangan rata-rata (ME) sebesar 1,31 m^3/ha dan akar rata-rata kuadrat simpangan (RMSE) sebesar 12,50 m^3/ha .

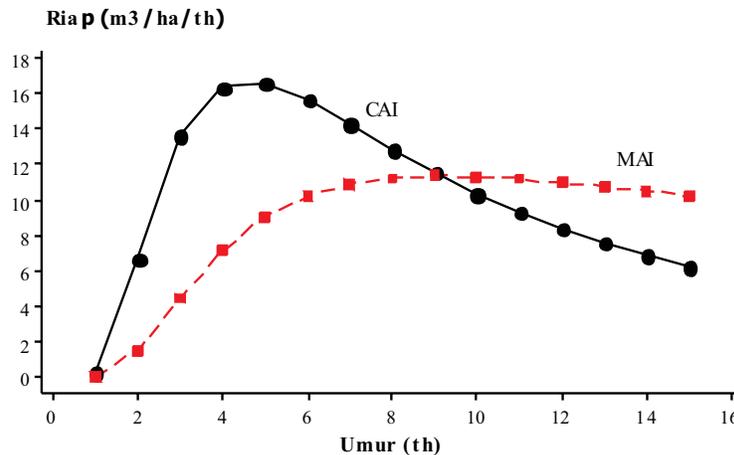
Berdasarkan model pertumbuhan volume $\ln V = 5,64 - 9,15/A$ dapat digambarkan kurva CAI dan MAI pertumbuhan volume gelam pada lahan rawa sulfat masam. Koefisien regresi variabel

Tabel (Table) 5. Korelasi antar variabel pada model pertumbuhan volume tegakan gelam di Sumatera Selatan (Intercorrelation between variables of stand volume growth model of gelam in South Sumatera)

Variabel/ (Variable)	1/A	Ln N	Ln Si
Ln N	r = 0,831 p = 0,000		
Ln Si	r = -0,888 p = 0,000	r = -0,788 p = 0,000	
Ln V	r = -0,981 p = 0,000	r = -0,735 p = 0,000	r = 0,892 p = 0,000

Tabel (Table) 6. Hasil analisis regresi berganda pertumbuhan volume tegakan gelam pada berbagai tipe lahan rawa di Sumatera Selatan (Multiple regression analysis result of gelam stand volume growth at various wetland type in South Sumatera)

Variabel penduga (predictor variable)	Koefisien (Coefficient)	Uji T/ (T-Test)	Nilai P (P-value)	R ² adj	VIF
Konstanta	-3,529	-2,03	0,058	98,8%	-
Umur (1/A)	-9,99	-18,13	0,000		6,027
Kerapatan (ln N)	0,623	6,48	0,000		3,361
Indeks tempat tumbuh (ln Si)	1,68	3,11	0,006		4,918



Gambar (Figure) 3. Grafik CAI dan MAI tegakan gelam pada lahan rawa sulfat masam di Sumatera Selatan (CAI and MAI curve of gelam stand on acid sulphate soil at South Sumatera)

umur (1/A), bernilai -9,15 menunjukkan bahwa daur volume optimum untuk gelam adalah 9,15 tahun, yang juga ditunjukkan oleh perpotongan kurva CAI dan MAI pada Gambar 3.

Lahan rawa sulfat masam merupakan lahan marginal yang memiliki kemasaman yang tinggi dan kahat hara (Subiksa & Setyorini, 2010; Suriadikarta, 2005), tetapi merupakan lahan yang

cocok untuk pertumbuhan gelam (Daryono, 2006). Lahan ini dapat dikelola untuk menghasilkan gelam yang dapat digunakan sebagai kayu pertukangan. Potensi produksi gelam pada lahan sulfat masam dapat mencapai 82,4 m³/ha pada umur 9 tahun atau dengan riap 9,15 m³/ha/tahun. Gambar 3 melukiskan riap rata-rata (MAI) dan riap tahunan (CAI) pada lahan rawa sulfat

masam. Perpotongan kurva terjadi pada umur 9 tahun, yang berarti bahwa pemanenan yang memberikan volume maksimum terjadi pada umur 9 tahun. Namun demikian, disamping berdasarkan volume maksimum yang diperoleh, pemanenan gelam juga didasarkan pada ukuran diameter yang ekonomis. Misalnya, pada umur 10 tahun diameter rata-rata tegakan gelam telah mencapai 10,4 cm sehingga telah dapat digunakan sebagai kayu pertukangan dan telah bernilai ekonomis. Pada umur < 10 tahun, lahan rawa sulfat masam dapat juga dijadikan sebagai sumber kayu gelam dengan kelas kayu batangan.

IV. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan data hasil penelitian dan pengolahan data yang dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Kualitas tempat tumbuh gelam dinyatakan dengan persamaan $\ln Si = \ln Ho - 1,8416 (1/10 - 1/A)$. Berdasarkan persamaan ini kelas kualitas tempat tumbuh gelam dibagi kedalam 4 kelas, yaitu kelas I ($Si < 7$ m) terdapat pada lahan rawa gambut dalam, kelas II ($Si = 7-10$ m), pada lahan rawa gambut dangkal, kelas III ($Si = 10-13$ m) dan kelas IV ($Si > 13$ m), terdapat pada lahan rawa sulfat masam.
2. Model pertumbuhan tinggi, diameter, dan volume gelam berdasarkan analisis regresi bertatar adalah $\ln H = 0,50 - 2,88/A + 0,86 \ln Si$ ($R^2 \text{ adj} = 96,4\%$), $\ln D = 2,29 - 2,82/A - 0,23 \ln N + 0,82 \ln Si$ ($R^2 \text{ adj} = 96,1\%$), dan $\ln V = 5,64 - 9,15/A$ ($R^2 \text{ adj} = 96,1\%$).
3. Riap volume tegakan pada lahan sulfat masam dapat mencapai $9,15 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{tahun}$

B. Saran

Pemanfaatan gelam dalam bentuk kayu batangan maupun kayu gergajian perlu dilakukan secara terencana berdasarkan potensi pertumbuhan pada masing-masing tipe lahan. Khusus untuk lahan rawa gambut, pemanfaatan gelam hanya dapat dilakukan dalam jumlah yang sangat terbatas.

DAFTAR PUSTAKA

Alder, D. (1980). *Forest Volume Estimation and Yield Prediction*. Rome: Food and Agriculture Organization.

Avery T.E. & Burkhart, H.E. (2002). *Forest Measurements*. New York: McGraw-Hill.

Bastoni. (2007). Alternatif Budidaya untuk Pencegahan Kebakaran dan Peningkatan Produktivitas Lahan Rawa di Kabupaten Banyuwangi. *Prosiding "Optimalisasi Peran Iptek dalam Mendukung Revitalisasi Kehutanan"*. Pangkalan Balai, 21 Agustus 2007. Bogor: Puslitbang Hutan Tanaman.

Bastoni. (2013). Pembibitan gelam (*Melaleuca leucadendron*) untuk mendukung kegiatan restorasi dan rehabilitasi lahan rawa gambut bersulfat masam. *Prosiding Workshop ITTO: Stakeholder Consultation the Application of Method and Technologies to Enhance the Restoration of PSF Ecosystem*. Palembang, 25 April 2013. Bogor: Puslitbang Konservasi dan Rehabilitasi.

Beaulieu, J., Raulier F, Pregent, G., & Bousquet, J., (2011). Predicting site index from climatic, edaphic, and stand structural properties for seven plantation-grown conifer species in Quebec. *Can. J. For. Res.* 41: 682-693.

Clutter, J.L., Fortson., J.C. Pienar., L.V. Brister, G.H. & Bailey, R.L. (1983). *Timber Management: A Quantitative Approach*. New York: John Wiley & Sons Inc.

Darwo, Suhendang, E. Jaya, I.N.S. Purnomo, H. & Pratiwi, (2012). Kuantifikasi kualitas tempat tumbuh dan produktifitas tegakan untuk Hutan tanaman eukaliptus di Kabupaten Simalungun, Sumatera Utara. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman* 9.(2):83-93.

Daryono, H. 2006. Pengelolaan Hutan Rawa Gambut Secara Bijaksana dalam Rangka Menjaga Kelestariannya. *Prosiding Seminar "Pengelolaan Hutan dan lahan Rawa secara Bijaksana dan Terpadu"*. Palembang, 28 Maret 2006. Bogor: Puslitbang Hutan Tanaman.

Draper, N. & Smith, H. (1992). Analisis Regresi Terapan. Bambang Sumantri, penerjemah. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama. Terjemahan dari: Applied Regression Analysis.

Gallant A.L., Kaya S.G., White L., Brisco B., Roth M.F., Sadinski W., & Rover J. (2014). Detecting emergence, growth, and senescence of wetland vegetation with polarimetric synthetic aperture radar (SAR) data. *Water* 6:694-722.

Gunawan, H., Kobayashi, S., Mizuno, K., & Kono, Y. 2012. Peat swamp forest type and their regeneration in Giam Siak Kecil - Bukit Batu, Riau, East Sumatra Indonesia. *Mires and Peat* 10: 1-17.

- Huang, S., Yang, Y. & Wang, Y. (2003). *A critical look at procedures for validating growth and yield models*. Di dalam: Amaro A., D. Reed, and P. Soares. *Modelling Forest Systems*. London: CABI Publishing.
- Husch, B., Beers, T.W. & Kersaw, J.A. (2003). *Forest Mensuration*. Fourth Edition. New York: John Wiley and Son Inc.
- Iriawan, N. & Astuti, S.P. (2006). *Mengolah data statistik dengan mudah menggunakan Minitab 14*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Johnson, R.A., Bhattacharyya, G.K (1992). *Statistic: Principle and methods*. New York: John Wiley & Sons Inc.
- Khouri E.A., Alvarez, P.A., Lopez, M.J.F., Prendes, J.A.O., & Obregon A.C. (2011). Influence of Climate, Edaphic Factor and Tree Nutrition on Site Index of Chesnut Coppice Stands in North-West Spain. *Forestry* Vol 84 (385-396).
- Krisnawati, H. (2007). *Modelling stand growth and yield for optimizing management of Acacia mangium Willd. Plantation in Indonesia*. Desertasi. Unpublished University of Melbourne.
- Mitchel, S.A. 2013. The status of wetland, threats and the predicted effect of global climate change: the situation in Sub-Saharan Africa. *Aquatic Sciences* 75: 95-112.
- Munandar, A., & Yunardi, S. (2006). Kebijakan Pengelolaan Lahan Rawa Secara Terpadu di Sumatera Selatan. *Prosiding Seminar "Pengelolaan Hutan dan lahan Rawa secara Bijaksana dan Terpadu"*. Palembang, 28 Maret 2006. Bogor. Puslitbang Hutan Tanaman.
- Nugroho A.W., 2010. Kendala biofisik pengelolaan lahan gambut di Sumatera. *Prosiding Seminar "Peran Iptek dalam Mendukung Hutan Tanaman Rakyat"*. Palembang, 2 Desember 2009. Bogor: Puslitbang Peningkatan Produk-
- Nugroho, A.W., 2010. Kendala biofisik pengelolaan lahan gambut di Sumatera. *Prosiding Seminar "Peran Iptek dalam Mendukung Hutan Tanaman Rakyat"*. Palembang, 2 Desember 2009. Bogor Puslitbang Peningkatan Produktifitas Hutan..
- Oviedo, A.B., Tome, M., Bravo, F., Montero, G., & del Rio M., 2008. Dominant height growth equations including site attributes in the generalized algebraic differences approach. *Can. J. For. Res* 38 (2348-2358).
- Schumacher, F.X., 1939. A New growth curve and its application to timber yield studies. *Journal of Forestry* 37: 819 - 820.
- Scolforo, J.R.S., Maestri, R., Filho, A.C.F., de Mello, J.M., de Oliveira, A.D., and de Assis, A.L., (2013). Dominant Height Model for Site Classification of Eucalyptus grandis Incorporating Climatic Variables. *International Journal of Forestry Research* Vol 2013.
- Sharma, R.P., Brunner, A., and Eid, T., (2012). Site index prediction from site and climate variables for Norway spruce and Scots pine in Norway. *Scandinavian Journal of Forest Research* 27: 619-636.
- Subiksa, I.G.M., & D. Setyorini, 2010. Pemanfaatan fosfat alam untuk lahan sulfat masam. Akses tanggal 10 Januari, 2014 dari: <http://balittanah.litbang.deptan.go.id/dokumentasi>.
- Suriadikarta, D.A., 2005. Pengelolaan lahan sulfat masam untuk usaha pertanian. *Jurnal Litbang Pertanian*. 24(1): 36-45.
- Vanclay J.K., 1994, *Modelling Forest Growth and Yield: Application to Mixed Tropical Forest*. Akses tanggal 25 April 2008 dari: <http://jkv.50megs.com>
- Wahyunto, Ritung, S. & Subagjo, H. 2003. Peta luas sebaran lahan gambut dan kandungan karbon Pulau Sumatera. *Proyek Climate Change, Forest, and Peatland in Indonesia*. Wetland Bogor: International Indonesia Programme and Wildlife Habitat Canada.

Lampiran (*Appendix*) 1. Nilai intersept a_i pada model pertumbuhan peninggi tegakan gelam $\ln(Ho) = a_i - 1,8416/A$ untuk berbagai tipe lahan rawa di Sumatera Selatan (*Intersept value a_i for dominant height growth model of gelam stand $\ln(Ho) = a_i - 1,8416/A$ in South Sumatera*)

No plot (Plot number)	Tipe lahan rawa/ (Wetland type)	Intersept (a_i)	Persamaan (Equation)
1.	Lahan rawa sulfat masam	2,8366	$\ln(Ho) = 2,8366 - 1,8416/A$
2.	Lahan rawa sulfat masam	2,8219	$\ln(Ho) = 2,8219 - 1,8416/A$
3.	Lahan rawa sulfat masam	2,7882	$\ln(Ho) = 2,7882 - 1,8416/A$
4.	Lahan rawa sulfat masam	2,6072	$\ln(Ho) = 2,6072 - 1,8416/A$
5.	Lahan rawa sulfat masam	2,6004	$\ln(Ho) = 2,6004 - 1,8416/A$
6.	Lahan rawa sulfat masam	2,6162	$\ln(Ho) = 2,6162 - 1,8416/A$
7.	Lahan rawa gambut dangkal	2,2732	$\ln(Ho) = 2,2732 - 1,8416/A$
8.	Lahan rawa gambut dangkal	2,3240	$\ln(Ho) = 2,3240 - 1,8416/A$
9.	Lahan rawa gambut dangkal	2,3574	$\ln(Ho) = 2,3574 - 1,8416/A$
10.	Lahan rawa gambut dangkal	2,2205	$\ln(Ho) = 2,2205 - 1,8416/A$
11.	Lahan rawa gambut dangkal	2,4151	$\ln(Ho) = 2,4151 - 1,8416/A$
12.	Lahan rawa gambut dangkal	2,4523	$\ln(Ho) = 2,4523 - 1,8416/A$
13.	Lahan rawa gambut dalam	1,8032	$\ln(Ho) = 1,8032 - 1,8416/A$
14.	Lahan rawa gambut dalam	1,7147	$\ln(Ho) = 1,7147 - 1,8416/A$
15.	Lahan rawa gambut dalam	2,0445	$\ln(Ho) = 2,0445 - 1,8416/A$
16.	Lahan rawa gambut dalam	2,0786	$\ln(Ho) = 2,0786 - 1,8416/A$
17.	Lahan rawa gambut dalam	1,9222	$\ln(Ho) = 1,9222 - 1,8416/A$
18.	Lahan rawa gambut dalam	2,0350	$\ln(Ho) = 2,0350 - 1,8416/A$
19.	Lahan rawa gambut dalam	1,9778	$\ln(Ho) = 1,9778 - 1,8416/A$
20.	Lahan rawa gambut dalam	2,0445	$\ln(Ho) = 2,0445 - 1,8416/A$
21.	Lahan rawa gambut dalam	2,0627	$\ln(Ho) = 2,0627 - 1,8416/A$
22.	Lahan rawa gambut dalam	2,0595	$\ln(Ho) = 2,0595 - 1,8416/A$
23.	Lahan rawa sulfat masam	2,7632	$\ln(Ho) = 2,7632 - 1,8416/A$
24.	Lahan rawa sulfat masam	2,7316	$\ln(Ho) = 2,7316 - 1,8416/A$

Keterangan/*Remark*: Ho = peninggi tegakan/*dominant height*, A = umur tegakan/*stand age* (tahun/year).