

Hubungan antara Karakteristik Tanah dan Produksi Tanaman *Eucalyptus pellita*

The Relationship between Soil Characteristics and Eucalyptus pellita Production

Desi Nadalia*, Atang Sutandi, Budi Nugroho, Sri Djuniwati

Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Jl. Meranti Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

INFORMASI ARTIKEL

Riwayat artikel:

Diterima: 28 Juni 2013

Disetujui: 02 November 2013

Katakunci:

Eucalyptus pellita

Karakteristik tanah

Produksi tanaman

Keywords:

Eucalyptus pellita

Soil characteristics

Plant productivity

Abstrak. *Eucalyptus pellita* merupakan jenis tanaman cepat tumbuh yang mempunyai potensi tinggi untuk industri pulp. Tanaman *E. pellita* diyakini mempunyai adaptabilitas yang baik pada tanah-tanah yang kurang subur, namun kenyataannya *E. pellita* tumbuh tidak optimal dan produktivitasnya masih rendah. Penelitian ini bertujuan untuk (i) menginvestigasi model hubungan karakteristik tanah dengan produksi tanaman dan (ii) menentukan kontribusi karakteristik tanah terhadap kelas produksi tanaman *E. pellita*. Penelitian ini berlangsung selama lima bulan mulai dari Desember 2012 sampai dengan April 2013. Penelitian menggunakan metode survei eksplorasi dengan mengumpulkan data karakteristik tanah dan produktivitas pohon aktual di lima distrik, yaitu: Rasau Kuning, Sorek, Malako, Nilo, dan Duri I di Provinsi Riau. Data diolah menggunakan analisis regresi linier berganda dan analisis diskriminan. Hasil analisis regresi linier berganda menunjukkan bahwa karakteristik tanah yang berpengaruh nyata dengan korelasi negatif terhadap produksi tanaman *E. pellita* yaitu: kalium dapat dipertukarkan (K-dd), Mg-dd, P-total, lereng, dan Al-dd, sedangkan Kejenuhan Basa (KB), N-total, dan kandungan liat berpengaruh nyata dengan korelasi positif. Berdasarkan analisis diskriminan, karakteristik tanah yang berkontribusi tinggi terhadap kelas produksi tanaman *E. pellita*, yaitu: K-dd, Kapasitas Tukar Kation (KTK), Al-dd, dan Mg-dd.

Abstract. *Eucalyptus pellita* is a fast growing species that has a great potential for the pulp industry program. *E. pellita* is perceived to have a good adaptability on low fertility soils. However, in reality, it grows poorly and has a low productivity on infertile soils. This study aimed to (i) investigate the relationship of the soil characteristics with *E. pellita* production and (ii) determine the contribution of soil characteristics to plant production classes of *E. pellita*. This research was conducted for five months from December 2012 until April 2013 using exploratory survey method. The survey collected soil samples and analyze soil characteristics and actual production of the tree from five districts, namely: Rasau Kuning, Sorek, Malako, Nilo, and Duri I in Riau Province. The data were analyzed with multiple linear regression and discriminant analysis. The results showed that *E. pellita* productivity was negatively correlated with exchangeable K, Mg and Al, total P, and the land slope, while the base saturation, total N, and clay content were positively correlated with the productivity. Based on this discriminant analysis, the key soil characteristics that significantly determine crop productivity classes were exchangeable K, Al, and Mg and cation exchange capacity (CEC).

Pendahuluan

Hutan Tanaman Industri (HTI) di Indonesia pada saat ini menghadapi tantangan yang cukup berat berkaitan dengan adanya kecenderungan penurunan kualitas hutan alam dan penurunan produksi kayu dari hutan alam, sedangkan permintaan kayu oleh industri hasil hutan semakin meningkat yang harus dapat dipenuhi oleh HTI. Keadaan tersebut menyebabkan tingkat kerusakan hutan di Indonesia sangat memprihatinkan. Salah satu upaya untuk mendorong manajemen hutan secara lestari (*sustainable*

forest management) adalah dengan menerapkan sistem eco-labeling. *Eco-labeling* adalah sebuah label pada produk yang menunjukkan bahwa produk tersebut diproduksi dengan mengindahkan kaidah-kaidah kelestarian lingkungan hidup (Salim 2000).

Jenis tanaman yang banyak dikembangkan untuk hutan tanaman khususnya hutan tanaman industri adalah *Eucalyptus pellita* (Suhartati 2007). *Eucalyptus pellita* merupakan jenis tanaman cepat tumbuh (*fast growing species*) dari genus *Eucalyptus* yang mempunyai potensi yang sangat menjanjikan untuk program industri pulp dan relatif tahan terhadap serangan hama dan penyakit (Harwood 1998; Leksono 2010). Pengelolaan jenis

* Corresponding author: desi_nadalia@yahoo.com

tanaman cepat tumbuh dengan baik dapat memberikan produktivitas yang tinggi sehingga HTI mempunyai peranan yang penting di dalam sektor kehutanan di daerah tropis (Mackensen 2000).

Menurut Leksono (1996) tanaman *E. pellita* mempunyai adaptabilitas yang baik pada tanah-tanah yang kurang subur. Namun, pada kondisi tersebut pertumbuhan *E. pellita* tidak berjalan dengan optimal dan ditandai oleh tingkat produktivitas tanaman yang masih rendah. Hal ini karena adanya keterkaitan yang erat antara karakteristik tanah dengan peningkatan produktivitas tanaman (Goncalves *et al.* 2004; Bristow *et al.* 2005; Bristow *et al.* 2006; Pinheiro and Anjos 2010; Dombro 2010). Selain itu, dengan memperhatikan karakteristik tanah dalam pembangunan HTI, maka dapat menciptakan hutan secara lestari.

Berdasarkan uraian tersebut di atas, penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi model hubungan karakteristik tanah dengan produksi tanaman dan menentukan kontribusi karakteristik tanah terhadap kelas produksi tanaman *E. pellita*.

Bahan dan Metode

Prosedur penelitian

Penelitian berlangsung selama 5 bulan mulai dari Desember 2012 sampai dengan April 2013. Metode penelitian dilakukan dengan menggunakan metode survei eksplorasi.

Kegiatan penelitian dilaksanakan mengikuti empat tahapan, yaitu: 1) pengumpulan data sekunder yang berasal dari lima distrik, yaitu: Rasau Kuning, Sorek, Malako, Nilo, dan Duri I di PT Arara Abadi, Riau, yang diperoleh dari hasil penelitian kerjasama antara Departemen Ilmu Tanah dengan PT Arara Abadi, Riau tahun 2011, 2) peneraan berdasarkan umur tanaman, 3) membuat model hubungan dan kontribusi karakteristik tanah dengan produksi tanaman *E. pellita*, dan 4) menentukan kontribusi karakteristik tanah terhadap kelas produksi tanaman *E. pellita*.

Jenis data sekunder yang dikumpulkan berupa data karakteristik tanah dan produksi tanaman (volume kayu) *E. pellita*. Karakteristik tanah yang dikumpulkan, yaitu: tekstur tanah, kapasitas tukar kation (KTK) tanah, kejenuhan Al, N-total, P-tersedia, P-total, K-dd, Ca-dd, Mg-dd, Na-dd, Al-dd, C-organik, pH tanah, kejenuhan basa (KB), dan lereng.

Analisis data

Peneraan umur

Peneraan dilakukan karena sampel tanaman di lapang tidak sama umurnya sehingga produksi (volume kayu) tanaman terlebih dahulu ditera dengan umur, agar data

produksi setiap sampel dapat dibandingkan satu sama lain (Rathfon and Burger 1991).

Sebelum melakukan peneraan, terlebih dahulu dicari persamaan korelasi antara umur tanaman dan produksi tanaman. Persamaan korelasi yang diperoleh kemudian menjadi dasar di dalam melakukan peneraan. Hal tersebut perlu dilakukan agar satu sampel dengan lainnya tidak dipengaruhi oleh umur dan hanya dipengaruhi oleh karakteristik tanah. Setelah itu, persamaan hubungan yang harus dibangun dalam menera umur terhadap data-data produksi tanaman yang diperoleh di lapangan adalah persamaan regresi. Persamaan tersebut dibangun dari hubungan faktor umur sebagai variabel independen dengan volume kayu tanaman sebagai variabel dependen.

Metode peneraan yang digunakan adalah sebagai berikut (Sutandi dan Barus 2007):

$$\hat{Y}_i = f(t)$$

$$\hat{Y}_i = \text{volume kayu dugaan berdasarkan umur}$$

$$t = \text{umur (bulan)}$$

$$Y_i \text{ teraan} = \bar{Y} + (\bar{Y}_i - \bar{Y})$$

dimana:

$$Y_i \text{ teraan} = \text{volume kayu teraan}$$

$$Y_i = \text{volume kayu aktual}$$

$$\bar{Y} = \text{rata-rata umum}$$

$$\hat{Y}_i = \text{volume kayu dugaan berdasarkan umur}$$

Pemodelan hubungan karakteristik tanah dengan produksi tanaman

Pemodelan hubungan karakteristik tanah dengan volume kayu (produksi) teraan menggunakan analisis regresi berganda dengan metode *stepwise*.

Pemodelan ini bertujuan untuk menentukan hubungan antara karakteristik tanah dengan produksi tanaman. Hasil dari pemodelan tersebut diperoleh variabel karakteristik tanah yang mempunyai pengaruh signifikan terhadap variabel produksi tanaman dengan melakukan penyeleksian atas variabel produksi tanaman.

Selanjutnya, analisis diskriminan digunakan untuk melihat kontribusi karakteristik tanah terhadap kelas produksi tanaman *E. pellita* yaitu produksi sangat baik, baik, sedang, dan buruk. Analisis diskriminan ini menggunakan metode *stepwise* (pendekatan bertahap). Pemilihan metode *stepwise* dimaksudkan untuk mengeluarkan variabel-variabel karakteristik tanah yang terdeteksi saling kolinear (multikolinearitas), sehingga diperoleh variabel-variabel karakteristik tanah yang berkontribusi tinggi terhadap kelas produksi. Kelas produksi mengacu terhadap kriteria FAO (1986), yaitu produksi sangat baik adalah >80% dari produksi

maksimum dan produksi baik, mempunyai tingkat produksi 60-80% dari produksi maksimum. Dalam penelitian ini, tingkat produksi sedang digunakan selang produksi dari BEP (*break even point*) yaitu: 29,5-60%, sedangkan untuk produksi buruk yaitu lebih rendah dari BEP (<29,5% dari produksi maksimum). Analisis statistik menggunakan perangkat lunak SPSS versi 17.0.

Hasil dan Pembahasan

Karakteristik tanah yang terkait dengan produksi tanaman *Eucalyptus pellita*

Karakterisasi dilakukan terhadap beberapa sifat tanah, terutama yang dianggap berpengaruh terhadap produksi tanaman *E. pellita*. Karakterisasi ini berdasarkan hasil penelitian kerjasama antara Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, IPB dengan PT Arara Abadi, Riau tahun 2011. Menurut Mackensen (2000) produktivitas tanaman yang tinggi dapat diharapkan pada tanah-tanah yang kaya akan unsur hara sehingga dalam pengelolaan hutan perlu memperhatikan karakteristik tanah. Beberapa karakteristik tanah tersebut dinilai secara kualitatif berdasarkan kriteria PPT (1983).

Tekstur, pH H₂O, dan kejenuhan Al

Secara umum tanah-tanah di semua distrik lokasi penelitian mempunyai tekstur lempung berpasir sampai lempung liat berpasir. Kandungan pasir di semua distrik berada di atas 50% dengan kandungan liat yang relatif sedikit sekitar 20%. Reaksi tanah (pH) umumnya bereaksi sangat masam dengan pH secara umum di bawah 4,5. Tanah-tanah pada lokasi penelitian, nilai kejenuhan Al-

nya berkisar dari rendah hingga sangat tinggi. Gambaran tekstur, pH H₂O, dan kejenuhan Al serta kriterianya secara umum di lokasi penelitian disajikan pada Tabel 1.

C-organik, N-total, P-tersedia, dan P-total

Menurut Kriteria PPT (1983), secara kualitatif kadar C-organik, N-total, P-tersedia, dan P-total pada tanah-tanah di lokasi penelitian bervariasi dari sangat rendah sampai sangat tinggi. Rata-rata dan kisaran kadar C-organik, N-total, P-tersedia, dan P-total serta kriterianya di lokasi penelitian disajikan pada Tabel 2.

Kation-kation basa, kapasitas tukar kation dan kejenuhan basa

Berdasarkan kriteria PPT (1983), contoh-contoh tanah dari daerah pengamatan memiliki kadar Ca yang berkisar dari sangat rendah hingga rendah, kadar K berkisar dari sangat rendah hingga sangat tinggi, kadar Mg berkisar dari sangat rendah hingga tinggi, dan kadar Na pada lokasi penelitian berkisar dari sangat rendah hingga sedang (Tabel 3).

Nilai kapasitas tukar kation (KTK) tanah-tanah dari lokasi penelitian secara umum berkisar dari sangat rendah hingga rendah, sedangkan nilai KB berkisar dari sangat rendah sampai sedang. Rata-rata dan kisaran KTK dan KB serta kriterianya pada masing-masing lokasi penelitian dapat dilihat pada Tabel 4.

Kemiringan lereng

Kemiringan lereng di lokasi penelitian secara umum bervariasi dari landai sampai curam, kecuali di distrik Nilo sebagian besar berlereng landai (datar).

Tabel 1. Gambaran tekstur, pH H₂O, dan kejenuhan Al tanah di lokasi penelitian

Table 1 Description of texture, pH_{H₂O} and Al saturation at the research area

No.	Distrik	Tekstur	Karakteristik tanah			
			pH H ₂ O		Kejenuhan Al	
			Rata-rata	Kisaran	Rata-rata	Kisaran
					 %	
1.	Rasau Kuning	Lempung berpasir	4,22	3,97-5,20	68,27	87,62- 19,57
			SM	SM - M	ST	ST - R
2.	Sorek	Lempung liat berpasir	4,28	3,80-5,18	86,42	93,05-35,71
			SM	SM - M	ST	ST - T
3.	Malako	Lempung liat berpasir	4,21	3,65-5,37	78,28	94,14-28,31
			SM	SM - M	ST	ST - S
4.	Nilo	Lempung liat berpasir	4,20	3,86-5,09	70,89	89,76-40,78
			SM	SM - M	ST	ST - T
5.	Duri I	Lempung liat berpasir	4,21	3,71-5,01	84,11	94,93-46,80
			SM	SM - M	ST	ST - T

Keterangan: SM = sangat masam, M = masam, SR = sangat rendah, R = rendah, S = sedang, T = tinggi, ST = sangat tinggi

Tabel 2. Rata-rata dan kisaran kadar C-organik, N-total, P-tersedia, dan P-total di lokasi penelitian

Table 2. Mean, range and classes of soil organic carbon, total nitrogen, available and total P at the study sites

No.	Distrik	Karakteristik tanah							
		C-organik		N-total		P-tersedia		P-total	
		Rata-rata	Kisaran	Rata-rata	Kisaran	Rata-rata	Kisaran	Rata-rata	Kisaran
		 %				 ppm			
1.	Rasau Kuning	3,40	1,73-7,43	0,26	0,18-0,36	10,10	1,92-21,12	126	58,51-187,31
		T	R - ST	S	R - S	R	SR - S	R	SR-R
2.	Sorek	1,62	0,02-3,73	0,40	0,01-1,15	12,24	1,80-73,63	102	32,35-229
		R	SR - T	S	SR - ST	R	SR - ST	R	SR-S
3.	Malako	2,32	0,44-5,51	0,20	0,01-0,57	25,14	0,74-297	130	26,74-724,15
		S	SR - ST	R	SR - T	S	SR - ST	R	SR-ST
4.	Nilo	3,19	0,21-11,09	0,26	0,04-0,80	13,99	2,02-71,18	192,2	55,73-686,75
		T	SR - ST	S	SR - ST	R	SR - ST	R	SR-ST
5.	Duri I	2,49	0,17-6,71	0,23	0,01-0,46	6,45	2,60-25,65	133	16,93-787,93
		S	SR - ST	S	SR - S	SR	SR - S	R	SR-ST

Keterangan: SR = sangat rendah, R = rendah, S = sedang, T = tinggi, ST = sangat tinggi

Tabel 3. Rata-rata dan kisaran nilai kation basa-basa dapat ditukar

Table 3. Mean and range of soil exchangeable bases at the study sites

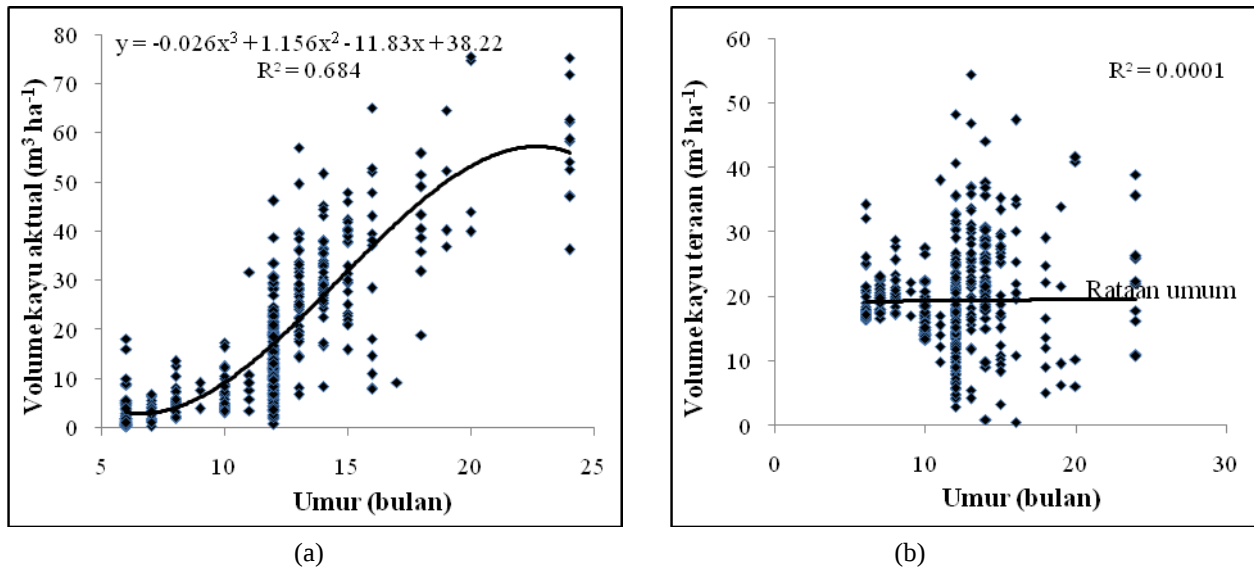
No.	Distrik	Karakteristik tanah							
		Na		K		Ca		Mg	
		Rata-rata	Kisaran	Rata-rata	Kisaran	Rata-rata	Kisaran	Rata-rata	Kisaran
		 cmol(+) kg ⁻¹							
1.	Rasau Kuning	0,04	0,01-0,08	0,07	0,02-0,24	0,08	0,03-0,16	0,38	0,03-2,47
		SR	SR	SR	SR - R	SR	SR	SR	SR - T
2.	Sorek	0,11	0,04-0,15	0,04	0,02-0,17	0,14	0,01-0,39	0,09	0,01-0,25
		R	SR - R	SR	SR - R	SR	SR	SR	SR
3.	Malako	0,14	0,03-0,32	0,12	0,01-0,62	0,09	0,01-2,68	0,17	0,01-0,70
		R	SR - R	R	SR - T	SR	SR - R	SR	SR - R
4.	Nilo	0,28	0,04-0,56	0,13	0,05-0,40	0,25	0,08-0,76	0,10	0,03-0,23
		R	SR - S	R	SR - S	R	SR	SR	SR
5.	Duri I	0,06	0,03-0,32	0,08	0,03-1,32	0,07	0,01-0,29	0,23	0,01-0,49
		SR	SR - R	SR	SR - ST	SR	SR	SR	SR - R

Keterangan: SR = sangat rendah, R = rendah, S = sedang, T = tinggi, ST = sangat tinggi

Tabel 4. Rata-rata dan kisaran KTK dan KB di lokasi penelitian

Table 4. Mean and range of soil cation exchange capacity (KTK) and base saturation (KB) at the study sites

No.	Distrik	Karakteristik tanah			
		KTK		KB	
		Rata-rata	Kisaran	Rata-rata	Kisaran
		 cmol(+) kg ⁻¹		 %	
1.	Rasau Kuning	1,79	0,92-3,45	31,84	7,29-44,61
		SR	SR	R	SR - S
2.	Sorek	6,00	1,35-8,53	6,33	2,47-20,55
		R	SR - R	SR	SR - R
3.	Malako	4,40	1,13-9,22	11,82	2,61-40,00
		SR	SR - R	SR	SR - S
4.	Nilo	7,75	1,79-14,00	9,81	2,83-39,18
		R	SR - R	SR	SR - S
5.	Duri I	4,04	1,20-10,21	10,89	1,42-25,60
		SR	SR - R	SR	SR - R



Gambar 1. Grafik hubungan umur tanaman dengan volume kayu aktual (a) dan volume kayu teraan (b)

Figure 1. Relationship between plant age and actual timber volume (a) and age-adjusted timber volume (b)

Peneraan berdasarkan umur tanaman

Hubungan umur tanaman dengan volume kayu (produksi) berkorelasi sedang dengan nilai determinasi (R^2) sebesar 0,684 dan mempunyai pola kecenderungan yang bersifat polynomial (Gambar 1a). Dengan demikian, secara umum produksi dipengaruhi oleh umur tanaman, yakni produktivitas optimum pada umur rata-rata ± 20 bulan. Karena produktivitas sangat dipengaruhi oleh umur, maka pengaruh umur perlu dihilangkan terlebih dahulu yaitu dengan peneraan umur (*age-adjusted*). Hasil peneraan umur terhadap produksi tanaman ditunjukkan pada Gambar 1b. Pada gambar tersebut terlihat bahwa produksi teraan tidak dipengaruhi oleh umur dengan R^2 sebesar 0,0001, sehingga tinggi rendahnya produksi hanya dipengaruhi oleh faktor pembatas. Setelah peneraan dengan umur, maka perbedaan produksi teraan dapat dibandingkan satu sama lainnya dan hanya dipengaruhi oleh karakteristik tanah.

Model hubungan antara karakteristik tanah dengan produksi tanaman

Interaksi antara karakteristik tanah dengan produksi tanaman *E. pellita* dianalisis dengan fungsi regresi berganda. Asumsi yang harus dipenuhi dalam menggunakan persamaan regresi adalah data menyebar secara normal, tidak bersifat heteroskedastisitas, tidak ada autokorelasi, atau tidak bersifat multikolinearitas di antara variabel-variabelnya (Ghozali 2005). Pada penelitian ini semua asumsi sudah terpenuhi.

Untuk analisis regresi berganda, variabel karakteristik tanah dijadikan sebagai variabel independen, sedangkan

variabel dependen yang digunakan adalah volume kayu (produksi) teraan. Analisis regresi berganda dalam penelitian ini menggunakan metode *stepwise*. Metode ini dimulai dengan memasukkan variabel independen satu demi satu secara bertahap sampai diperoleh model regresi yang terbaik. Hasil analisis regresi linier berganda dengan metode *stepwise* diperoleh model regresi terbaik dengan variabel K-dd, KB, N-total, Mg-dd, P-total, lereng, liat, dan Al-dd. Dengan demikian, variabel tersebut berpengaruh nyata terhadap produksi tanaman. Hasil analisis regresi linier berganda metode *stepwise* disajikan pada Tabel 5.

Koefisien determinasi (R^2) yang dihasilkan sebesar 52,8%, artinya keragaman produksi (volume kayu) yang dapat dijelaskan oleh data yang ada sebesar 52,8%, sisanya dijelaskan oleh data lain di luar model. Nilai koefisien yang distandarisasi (*standardized coefficients*) pada Tabel 5 menunjukkan kontribusi masing-masing karakteristik tanah terhadap produksi tanaman.

Faktor penentu produksi tanaman *E. pellita* pada studi ini dapat dijelaskan sebagai berikut.

Variabel nyata dan berkorelasi negatif terhadap produksi tanaman

Kadar K-dd, Mg-dd, P-total, lereng dan Al-dd berpengaruh terhadap produksi dengan korelasi negatif. Artinya setiap kenaikan satu satuan dari karakteristik tanah tersebut akan menurunkan produksi masing-masing sebesar 0,338; 0,256; 0,273; 0,250; dan 0,265 satuan dengan asumsi variabel-variabel yang lain tetap. Kadar K-dd berpengaruh negatif terhadap produksi tanaman. Hal ini diduga pada saat pemupukan di awal pertumbuhan, pupuk

Tabel 5. Hasil analisis regresi linier berganda metode *stepwise* hubungan antara karakteristik tanah dan produksi tanaman *E. Pellita*Table 5. The stepwise regression of soil characteristics and the *E. Pellita* production

Model	Unstandardized coefficients		Standardized coefficients		t	Sig.	VIF ¹
	B	Std. error	Beta				
(constant)	20,159	0,782			25,787	0,000	
K-dd	-6,939	1,133	-0,338		-6,122	0,000	1,350
KB	0,124	0,016	0,375		7,569	0,000	1,088
N-total	11,114	1,645	0,335		6,756	0,000	1,090
Mg-dd	-13,059	2,533	-0,256		-5,156	0,000	1,094
P-total	-0,005	0,001	-0,273		-5,594	0,000	1,055
Lereng	-0,153	0,030	-0,250		-5,076	0,000	1,076
Liat	0,073	0,018	0,245		4,007	0,000	1,651
Al-dd	-0,942	0,232	-0,265		-4,059	0,000	1,891

¹ VIF = Variance inflating factor. Sig = Significance level

kalium yang diberikan banyak diserap oleh tanaman sehingga mengalami konsumsi K berlebih. Menurut Soepardi (1983), tanaman menyerap kalium jauh lebih banyak dari jumlah yang sebenarnya diperlukan sehingga terjadi pemakaian yang berlebihan. Hal ini menyebabkan serapan hara Ca dan Mg terhambat, karena hara K, Ca, dan Mg bersifat antagonis (Kasno *et al.* 2004). Apabila salah satu unsur berada pada jumlah yang lebih rendah daripada yang lain, maka unsur yang kadarnya lebih rendah sukar tersedia dan tidak dapat diserap tanaman.

Kondisi tanah di areal HTI mempunyai kadar Ca dan Mg rata-rata sangat rendah sampai rendah, walaupun dilakukan pemupukan RP (*Rock Phosphate*) di awal pertumbuhan, sedangkan pemupukan Mg jarang dilakukan di areal HTI. Akibatnya karena sering dipupuk N, P dan K saja akhirnya terjadi ketidakseimbangan hara dalam tanah. Hasil penelitian Kasno *et al.* (2004) menunjukkan bahwa pemupukan K dapat meningkatkan kadar Mg-dd. Hal ini diduga karena aksi masa dari penambahan pupuk K yang tinggi dapat mendesak Mg dari kompleks pertukaran menjadi bentuk yang tersedia untuk tanaman. Oleh karena itu, ketersediaan Mg-dd meningkat sedangkan Ca-dd tetap berada pada kondisi sangat rendah sampai rendah. Sementara itu, kadar Ca yang diperlukan tanaman lebih banyak dibandingkan dengan hara Mg. Kekurangan kalsium sangat mempengaruhi kualitas kekerasan batang tanaman karena rendahnya elastisitas dinding sel. Dalam kondisi seperti ini, dosis pupuk yang mengandung kalsium perlu ditingkatkan dari dosis sebelumnya. Dengan demikian, pemberian pupuk K, Ca, dan Mg perlu dilakukan secara seimbang agar dapat meningkatkan produksi tanaman.

Kadar P-total dalam tanah berpengaruh nyata terhadap produksi tanaman dengan korelasi negatif. Hal ini berkaitan dengan tingkat kemasaman tanah (pH). Tanah di lokasi HTI mempunyai tingkat kemasaman yang cukup

tinggi yaitu rata-rata ber-pH < 4,5, sehingga kelarutan Al dan Fe tinggi. Kondisi tersebut menyebabkan kadar P-tersedia menjadi rendah, dikarenakan sebagian besar P diikat oleh Al dan Fe menjadi bentuk Al-P dan Fe-P. Oleh karena itu, penambahan P ke dalam tanah diduga akan langsung bereaksi dengan ion Al^{3+} , Fe^{2+} , ataupun terjerap pada permukaan oksida-oksida hidrat besi, aluminium, dan liat. Sementara itu, P-tersedia sangat diperlukan dalam memperbaiki kualitas pertumbuhan tanaman baik terhadap perkembangan akar maupun memperkuat batang tanaman.

Hasil analisis regresi menunjukkan bahwa kemiringan lereng dan Al-dd berpengaruh negatif terhadap produksi tanaman. Hal ini menunjukkan bahwa *E. pellita* dapat tumbuh lebih baik di lahan yang lebih datar. Semakin tinggi kadar Al-dd, maka produksi *E. pellita* semakin rendah. Kadar Al-dd tinggi dapat mengurangi dan memendekkan rambut akar, ruang jelajah akar semakin sempit, dan mengakibatkan keracunan sehingga menghambat penyerapan hara yang dibutuhkan tanaman.

Variabel nyata dan berkorelasi positif terhadap produksi tanaman

Kadar liat, N-total, dan KB berpengaruh positif terhadap produksi tanaman. Hal ini berarti bahwa setiap kenaikan satu satuan dari variabel tersebut akan meningkatkan produksi masing-masing sebesar 0,245, 0,375, dan 0,335 satuan dengan asumsi variabel-variabel yang lain tetap. *E. pellita* merupakan tanaman hutan hasil pemuliaan dengan laju pertumbuhan yang sangat tinggi. Tanaman dengan sifat demikian umumnya membutuhkan kondisi lingkungan yang lebih tinggi. Kadar liat, N-total dan KB menunjukkan potensi tanah untuk memberikan dukungan ketersediaan hara yang lebih tinggi dalam arti pasokan hara meningkat dengan semakin tingginya kadar ketiga sifat tanah di atas. Kadar liat berpengaruh terhadap kemampuan tanah menyerap dan menukarkan kation

(KTK), sedangkan N dan kation-kation basa adalah hara esensial tanaman. Hara N dibutuhkan tanaman pada fase vegetatif, sedangkan kation-kation basa dibutuhkan pada fase generatif tanaman. Oleh karena itu, kadar liat, N-total, dan KB berperan penting dalam penyediaan hara untuk tanaman *E. pellita*.

Kontribusi karakteristik tanah terhadap kelas produksi tanaman

Untuk mengetahui karakteristik tanah yang paling berkontribusi terhadap kelas produksi maka dilakukan analisis diskriminan dengan menggunakan metode *stepwise*.

Variabel K-dd, KTK, Mg-dd, Na-dd, dan Al-dd memberikan kemampuan yang nyata dalam membuat analisis diskriminan (Tabel 6). Selanjutnya, uji nyata fungsi sebaran linier atau *linier distribution function* (LDF) dilakukan untuk mengetahui kemampuan LDF dalam diskriminasi kelas produksi tanaman, yang disajikan pada Tabel 7.

Hasil analisis uji nyata fungsi sebaran linier dapat dilihat dari nilai *Wilk's Lambda* dan *Chi Square* (Wijaya 2010). Pada Tabel 7 terlihat bahwa fungsi diskriminan pertama (1 melalui 3) dan kedua (2 melalui 3) bersifat signifikan yang ditunjukkan oleh nilai uji $p < 0,05$. Nilai *Wilks' Lambda* menjelaskan seberapa besar varian yang tidak dapat dijelaskan oleh adanya perbedaan kelompok. Nilai *chi square* dan *df* (*degree of freedom*) atau derajat bebas dihitung untuk melihat apakah ada perbedaan yang nyata antara ketiga fungsi diskriminan yang terbentuk. Hasil uji nyata fungsi sebaran linier terlihat adanya

perbedaan yang nyata pada kedua fungsi diskriminan yang terbentuk, sehingga LDF menunjukkan perbedaan dalam kelas produksi tanaman *E. pellita*. Dengan demikian, fungsi diskriminan pertama dan kedua menghasilkan fungsi diskriminan terbaik dan dapat dipakai dalam bahasan ini.

Setelah hasil uji nyata fungsi sebaran linier diketahui, analisis dilanjutkan untuk mengetahui karakteristik tanah yang paling berkontribusi terhadap kelas produksi tanaman. Hasil analisis tersebut disajikan pada tabel struktur matrik (Tabel 8). Berdasarkan struktur matrik (Tabel 8) maka urutan variabel yang berkontribusi tinggi terhadap kelas produksi tanaman adalah K-dd, KTK, Al-dd, dan Mg-dd. Variabel K-dd merupakan variabel yang paling berkontribusi terhadap kelas produksi. Hal ini dikarenakan K-dd mempengaruhi ketersediaan hara lain terutama Ca dan Mg. Oleh karena itu, untuk mendapatkan kelas produksi sangat baik maka K, Ca, dan Mg dalam tanah harus berada dalam keseimbangan sehingga hara yang dapat diserap sesuai dengan kebutuhan tanaman. Salah satu bagian tanaman yang banyak mengandung kalium adalah batang, sehingga menjadi unsur yang paling menentukan kualitas batang pohon. Unsur kalium dalam tanaman mempunyai peranan penting dalam proses metabolisme, katalisator proses fisiologis tanaman, mempengaruhi penyerapan unsur hara, mempertinggi daya tahan terhadap kekeringan dan penyakit, serta membantu perkembangan akar. Unsur Ca dalam tanaman berperan dalam menentukan kualitas kekerasan batang tanaman karena hubungannya dengan elastisitas dinding sel, sedangkan unsur Mg sangat penting dalam pembentukan

Tabel 6. Uji beda tiga nilai tengah dalam kelas produksi tanaman sangat baik, baik, sedang, dan buruk

Table 6. The test of mean three value difference in the very good, good, fair, and poor crop yield classes

Step	Entered	Wilks' Lambda											
						Exact F				Approximate F			
		Statistic	df1	df2	df3	Statistic	df1	df2	Sig.	Statistic	df1	df2	Sig.
1	Kdd	0,765	1	3	214	21,867	3	214	0,000				
2	KTK	0,663	2	3	214	16,216	6	426	0,000				
3	Mg-dd	0,599	3	3	214					13,449	9	516,103	0,000
4	Na-dd	0,559	4	3	214					11,425	12	558,545	0,000
5	Al-dd	0,524	5	3	214					10,189	15	580,119	0,000

Tabel 7. Hasil uji nyata fungsi sebaran linier

Table 7. The significance test of linear distribution

Fungsi tes	Wilks' Lambda	Chi-square	df	Sig.
1 melalui 3	0,524	137,179	15	0,000
2 melalui 3	0,862	31,523	8	0,000
3	0,978	4,724	3	0,193

klorofil yang merupakan salah satu faktor penting bagi tanaman dalam melakukan proses fotosintesis.

Tabel 8. Matriks korelasi karakteristik tanah dan kelas produksi tanaman

Table 8. Correlation matrix of soil characteristics and crop production classes

Karakteristik tanah	Fungsi		
	1	2	3
K-dd	0,676*	0,183	-0,586
KTK	0,641*	0,189	0,180
Liat ^a	0,444*	0,346	0,189
Pasir ^a	-0,361*	-0,336	-0,074
P-total ^a	0,147*	-0,046	0,145
KB ^a	-0,071*	0,070	-0,030
Al-dd	0,545	0,703*	0,305
Mg-dd	-0,169	0,668*	-0,030
Kejenuhan Al ^a	0,118	0,417*	0,284
P tersedia ^a	0,008	-0,101*	0,038
Na-dd	0,439	-0,311	0,574*
Lereng ^a	-0,082	0,036	-0,232*
pH ^a	-0,038	-0,151	-0,206*
C-org ^a	0,088	0,056	0,193*
Ca-dd ^a	0,030	0,013	0,154*
N-total ^a	0,046	0,122	0,145*

* Largest absolute correlation between each variable and any discriminant function

^a This variable not used in the analysis

Setelah fungsi diskriminan dibuat, kemudian klasifikasi masing-masing individu sampel dievaluasi keanggotaan dalam kelas produksi. Hasilnya disajikan pada Tabel 9. Secara keseluruhan ketepatan dari klasifikasi diskriminasi adalah sebesar 62,4%. Artinya sebanyak 62,4% dari data yang dianalisis rata-rata sesuai dengan kelas yang dihasilkan.

Kesimpulan dan Saran

1. Model hubungan antara produksi (volume kayu) dengan karakteristik tanah yang dihasilkan dari analisis regresi linier berganda metode *stepwise* menunjukkan bahwa karakteristik tanah yang berpengaruh nyata dengan korelasi negatif terhadap produksi tanaman *E. pellita* yaitu K-dd, Mg-dd, P-total, lereng, dan Al-dd, sedangkan kejenuhan basa, N-total, dan liat berpengaruh nyata dengan korelasi positif. Berdasarkan analisis diskriminan metode *stepwise*, karakteristik tanah yang berkontribusi tinggi terhadap kelas produksi tanaman *E. pellita* yaitu K-dd, KTK, Al-dd, dan Mg-dd. Variabel K-dd merupakan karakteristik tanah yang mempunyai keterkaitan yang sangat erat terhadap produksi tanaman. Hal ini dikarenakan kadar hara kalium mempengaruhi ketersediaan hara lain terutama Ca dan Mg. Oleh karena itu, untuk mendapatkan produksi tinggi maka K, Ca, dan Mg dalam tanah harus berada dalam keseimbangan sehingga hara yang dapat diserap sesuai dengan kebutuhan tanaman.
2. Model hubungan antara produksi dengan karakteristik tanah ini perlu divalidasi dan dikembangkan pada zona iklim dan tanah yang lebih luas agar dapat diterapkan pada skala yang lebih luas.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada PT Arara Abadi, Riau yang telah memberikan tempat dan fasilitas selama pengamatan dan pengambilan data di lokasi penelitian

Daftar Pustaka

Bristow, M., M. Annandale, and A. Bragg. 2005. Growing Rainforest Timber Trees: A Farm Forestry Manual for North Queensland. A report for the RIRDC / Land & Water Australia / FWPRDC / MDBC Joint Venture Agroforestry Program. RIRDC Publication.

Tabel 9. Hasil prediksi ketepatan kelas produksi berdasarkan karakteristik tanah

Table 9. The prediction of production class appropriateness based on soil characteristics

Kelas	Prediksi anggota kelas ^a				Total
	1	2	3	4	
1 (produksi relatif >80%)	15 (78,9%)	0	3	1	19
2 (produksi relatif 60-80%)	9	49 (59,0%)	22	3	83
3 (produksi relatif 29,5-60%)	20	6	68 (61,3%)	17	111
4 (produksi relatif <29,5%)	1	0	0	4 (80,0%)	5

^a Rata-rata ketepatan pengelompokkan setiap kasus adalah 62,4%

- Bristow, M., J.K. Vancly, L. Brooks, and M. Hunt. 2006. Growth and species interactions of *Eucalyptus pellita* in a mixed and monoculture plantation in the humid tropics of north Queensland. *Forest Ecology and Management* 233:285-294.
- Dombro, D.B. 2010. Amazonia reforestation's red mahogany. *J. Trop. Tree Inve. E-book*1:1-6.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 1986. Guidelines: Land Evaluation for Rainfed Agriculture. *Soils Bulletin* No. 52. Rome.
- Ghozali, I. 2005. Aplikasi Analisis Multivariate dengan Program SPSS. BP Universitas Diponegoro, Semarang.
- Goncalves, J.L.D.M., J.L. Stape, J.P. Laclau, P. Smethurst, and J.L. Gava. 2004. Silvicultural effects on the productivity and wood quality of Eucalypt plantations. *Forest Ecology and Management* 193:45-61.
- Harwood, C.E. 1998. *Eucalyptus pellita* an Annotated Bibliography. CSIRO, Australia. P 70.
- Kasno, A., A. Rachim, Iskandar, dan J.S. Adiningsih. 2004. Hubungan nisbah K/Ca dalam larutan tanah dengan dinamika hara K pada Ultisol dan Vertisol lahan kering. *J. Tanah Lingk.* 6(1):7-13.
- Leksono, B., A. Nirsatmanto, dan S. Kurinobu. 1996. Strategi pemuliaan pohon *Eucalyptus* spp dan *Acacia mangium*. Ekspose hasil-hasil Litbang Pemuliaan Benih Tanaman Hutan 28 Maret 1996. BP3BTH, Yogyakarta.
- Leksono, B. 2010. Efisiensi seleksi awal pada kebun benih semai *Eucalyptus pellita*. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman* 7(1): 1-13.
- Mackensen, J. 2000. Pengelolaan Unsur Hara pada Hutan Tanaman Industri (HTI) di Indonesia. Petunjuk Praktis ke Arah Pengelolaan Unsur Hara Terpadu. Jerman.
- Pinheiro, H.S.K. and L.H.C. Anjos. 2010. The assessment of land suitability in the implementation of homogeneous stands of *Eucalyptus*: prospects for a forest sustainability in Brazil. World Congress of Soil Science, Australia.
- PPT (Pusat Penelitian Tanah). 1983. Kriteria Sifat Kimia Tanah. Departemen Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor.
- Rathfon, R.A. and J.A. Burger. 1991. The diagnosis and recommendation integrated system for Christmas trees. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 55:1026-1031.
- Salim, E. dan Dradjad. 2000. Sertifikasi ecolabel: antara kelestarian hutan dan perdagangan Internasional. *Kompas*, 4 September 2000. Hlm 15.
- Soepardi, G. 1983. Sifat dan Ciri Tanah. Departemen Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Suhartati. 2007. Kajian karakteristik tanah pada tegakan jenis tanaman cepat tumbuh. *Info Hutan* 4(4):361-369.
- Sutandi, A. dan B. Barus. 2007. Permodelan kesesuaian lahan tanaman kunyit. *J. Tanah Lingk.* 9(1):20-26.
- Wijaya, T. 2010. Analisis Multivariat: Teknik Olah Data untuk Skripsi, Tesis, dan Disertasi menggunakan SPSS. Universitas Atma Jaya, Yogyakarta.