

**PENGARUH SIFAT KIMIA TANAH TERHADAP PERTUMBUHAN TEGAKAN KAYU
PUTIH (*Melaleuca leucadendron* (L.) Linnaeus)**

(Effect of Chemical Soil Properties on the Growth of Cajuput (*Melaleuca leucadendron* (L.) Linnaeus) Stand)

Ronggo Sadono¹, Djoko Soeprijadi¹, dan Pandu Yudha Adi Putra Wirabuana^{2*}

¹Departemen Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada

Jl. Agro No. 1, Bulaksumur, Yogyakarta, 55281, Indonesia

²Alumni Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada

Jl. Agro No. 1, Bulaksumur, Yogyakarta, 55281, Indonesia

Article Info

Article History:

Received 17 September 2018; received in revised form 01 December 2018; accepted 05 December 2018.
Available online since 29 March 2019

Kata Kunci:

Kayu putih,
N-trees sampling,
N-total,
P-tersedia,
KPK

Keywords:

Cajuput,
N-trees sampling,
total nitrogen,
available phosphorus,
CEC

ABSTRAK

Sifat kimia tanah memainkan peranan penting untuk mendukung pertumbuhan tanaman. Parameter ini menentukan ketersediaan nutrisi yang dibutuhkan oleh tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk mengungkap pengaruh sifat kimia tanah terhadap pertumbuhan tegakan kayu putih. Penelitian dilaksanakan di Resort Pengelolaan Hutan Gubugrubuh, Kabupaten Gunungkidul. Pengumpulan data dilakukan pada 3 petak yang menjadi area prioritas pengembangan tanaman kayu putih yaitu petak 75, petak 78, dan petak 80. Prosedur pengumpulan data terdiri dari pengambilan sampel tanah dan pengukuran tegakan kayu putih. Sampel tanah dikumpulkan dari lapisan permukaan dengan kedalaman 0-15 cm. Sampel tanah selanjutnya diuji di laboratorium meliputi pH tanah, C-organik, N-total, P-tersedia, K-total, dan kapasitas pertukaran kation (KPK). Pengukuran tegakan kayu putih dilaksanakan dengan metode *N-trees sampling*. Dimensi tegakan yang diukur meliputi diameter dan luas bidang dasar. Perbandingan sifat kimia tanah dan pertumbuhan tegakan kayu putih dari setiap petak dianalisis dengan metode *One Way ANOVA* ($\alpha = 0.05$) yang dilanjutkan dengan *HSD Tukey* ($\alpha = 0.05$). Identifikasi pengaruh sifat kimia tanah terhadap pertumbuhan tegakan kayu putih dievaluasi dengan metode *Stepwise Regression* ($\alpha = 0.05$). Hasil penelitian menunjukkan bahwa sifat kimia tanah memperlihatkan perbedaan yang signifikan untuk parameter N-total. Namun, pertumbuhan tegakan kayu putih tidak menunjukkan perbedaan yang nyata. P-tersedia dan KPK memiliki pengaruh signifikan terhadap diameter dan luas bidang dasar.

ABSTRACT

*Soil chemical properties play important roles to support plant growth. It determines the nutrient availability which is required by the plant. This study aimed to identify the influence of soil chemical properties on cajuput stand growth. It was conducted in Forest Resort Gubugrubuh, Gunungkidul District. Data collection was undertaken in 3 sites that became the priority sites of cajuput establishment, namely site 75, site 78, and site 80. It was divided into soil sample collection and cajuput stand measurement. The soil sample was collected from surface layer at depth of 0-15 cm. Afterward, it was tested in the laboratory for soil pH, soil organic carbon, total nitrogen, available phosphorus, total potassium, and cation exchange capacity (CEC). The measurement of cajuput stand was carried out by *N-trees sampling*. The variable of the stand was described by diameter and basal area. Comparison of soil chemical properties and cajuput stand growth from each site were analyzed using *One Way ANOVA* ($\alpha = 0.05$) followed by *HSD Tukey* ($\alpha = 0.05$). Furthermore, we used *Stepwise Regression* ($\alpha = 0.05$) to identify the influence of soil chemical properties on cajuput stand growth. The results showed that total nitrogen was the only soil chemical parameter that was significantly different between sites ($p < 0.05$). However, the growth of cajuput stands was not significantly different between sites ($p < 0.05$). This study found that available phosphorus and cation exchange capacity had clearly influenced on diameter and basal area.*

* Corresponding author. Tel: +62274 512102, Fax: +62274 550541
E-mail address: pandu.yudha.adi@gmail.com (P.Y.A.P. Wirabuana)

I. PENDAHULUAN

Kayu putih merupakan salah satu jenis tanaman yang memiliki peranan penting dalam kegiatan rehabilitasi hutan dan lahan. Tanaman ini mempunyai daya adaptasi tinggi dan mampu tumbuh dengan baik pada berbagai kondisi lingkungan (Budiadi & Ishii, 2010; Dibia, 2015). Habitat alami kayu putih adalah hutan rawa yang memiliki kemasaman tinggi (Alpian *et al.*, 2013). Kayu putih juga dapat ditemukan pada ekosistem hutan marginal dengan kondisi iklim kering yang panjang (Suryanto *et al.*, 2017a). Distribusi kayu putih pada kawasan hutan terletak pada ketinggian 0-400 m dpl (Junaidi *et al.*, 2015). Tanaman ini tumbuh optimal pada tanah bertekstur lempung (*clay*) yang memiliki nilai pH 4-7. Suhu lingkungan yang sesuai untuk pertumbuhan kayu putih mencapai 22-23°C dengan curah hujan maksimum sekitar 2.000 mm/tahun (Sudaryono, 2010).

Pengembangan kayu putih sebagai komoditi kehutanan memberikan berbagai manfaat baik secara ekologi, ekonomi, dan sosial. Kayu putih secara ekologi termasuk *fast growing species* (FGS) yang dapat digunakan untuk mempercepat proses suksesi pada lahan kritis seperti kawasan karst (Page *et al.*, 2009) dan restorasi ekosistem gambut (Tata & Pradjadinata, 2015). Kayu putih juga dapat dikembangkan sebagai tanaman remediasi pada tanah terkontaminasi yang disebabkan oleh logam dan zat kimia (Mohd *et al.*, 2013). Dinilai dari aspek ekonomi, kayu putih dapat dimanfaatkan sebagai material konstruksi, kayu bakar, arang, pulp, dan kayu gergajian (Alpian *et al.*, 2013). Tanaman ini juga mampu menghasilkan produk hasil hutan non kayu (HHNK) berupa minyak atsiri. Minyak kayu putih memiliki kandungan senyawa cineol tinggi yang dibutuhkan untuk pengembangan industri obat-obatan (Ahmed *et al.*, 2013; Helfiansah *et al.*, 2013). Dari segi sosial, kayu putih merupakan tanaman yang dapat dibudidayakan melalui sistem agroforestri pada periode yang panjang sehingga meningkatkan peluang untuk mendukung program ketahanan pangan dan peningkatan kesejahteraan petani (Suryanto *et al.*, 2017a).

Pengembangan kayu putih melalui sistem agroforestri telah banyak diterapkan, khususnya di Pulau Jawa (Budiadi & Ishii, 2010). Pengelolaan hutan tanaman kayu putih di Pulau Jawa dilaksanakan oleh Perum Perhutani dan KPH Yogyakarta. Potensi kayu putih untuk menghasilkan produk HHNK menjadikan tanaman ini sebagai komoditi ekonomi yang prospektif disaat terjadinya defisit pendapatan karena menurunnya suplai kayu dari hutan negara. Kebutuhan minyak kayu putih dalam negeri mencapai 2.000 ton/tahun, sedangkan suplai yang

tersedia hanya sekitar 500 ton/tahun (Prastyono, 2010). Dengan demikian, budidaya kayu putih menawarkan prospek yang baik untuk meningkatkan daya saing sektor kehutanan. Salah satu wilayah di Pulau Jawa yang secara intensif berupaya untuk meningkatkan produksi tanaman kayu putih adalah Resort Pengelolaan Hutan (RPH) Gubugrubuh yang terletak di Kabupaten Gunungkidul.

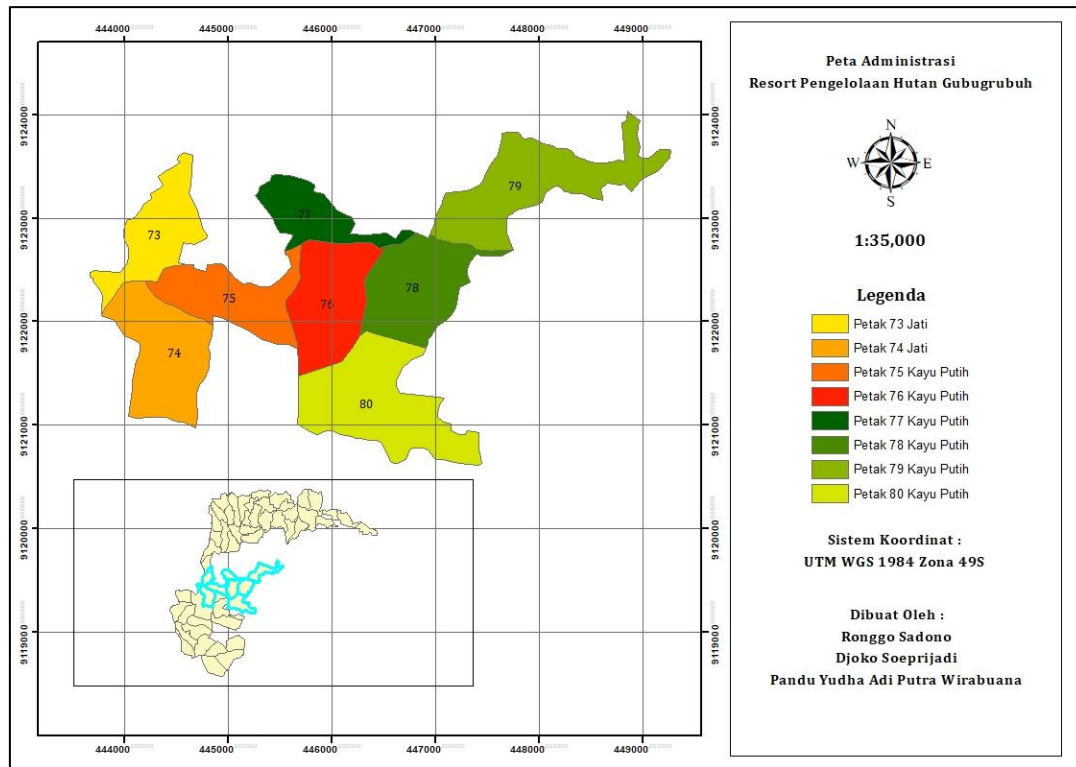
RPH Gubugrubuh merupakan bagian dari unit pengelolaan hutan produksi yang dinaungi oleh KPH Yogyakarta. Luas hutan produksi di RPH Gubugrubuh mencapai 645 ha yang dibagi menjadi 2 zona produksi yaitu blok jati 147 ha dan blok kayu putih 498 ha (Haryanto, 2012). Produktivitas kayu putih di RPH Gubugrubuh menunjukkan trend yang dinamis selama periode 2009-2013. Pada tahun 2009 panen kayu putih mencapai 0,35 ton/ha sedangkan pada tahun 2010 hasil panen meningkat menjadi 0,54 ton/ha. Kondisi ini terus berlanjut hingga tahun 2013 yang mencapai 0,97 ton/ha (Haryanto, 2014).

Hasil panen kayu putih yang terus bertambah merupakan indikasi peningkatan pertumbuhan tanaman. Selain dipengaruhi oleh faktor umur, kualitas tanah juga menjadi aspek yang berpengaruh pada pertumbuhan tanaman. Kualitas tanah terutama sifat kimia tanah menentukan ketersediaan nutrisi yang dibutuhkan oleh tanaman (Supriyo *et al.*, 2013; Jamil *et al.*, 2016; Adebayo *et al.*, 2017). Kualitas tanah akan berbeda untuk setiap tipe ekosistem dan dipengaruhi oleh faktor tertentu seperti bahan induk, iklim, vegetasi, waktu, dan bentang lahan (Azlan *et al.*, 2012; Hassan *et al.*, 2017). Perbedaan kualitas tanah akan berdampak terhadap variasi pertumbuhan tanaman. Berpedoman pada hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi pengaruh sifat kimia tanah terhadap pertumbuhan tegakan kayu putih.

II. METODE PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada kawasan hutan tanaman kayu putih yang terletak di RPH Gubugrubuh. Secara geografis, lokasi ini terletak antara 7,92-7,95°LS dan 110,48-110,53°BT. Berdasarkan administrasi pemerintahan, RPH Gubugrubuh terletak di wilayah Kecamatan Playen, Kabupaten Gunungkidul. Kawasan ini meliputi 5 wilayah pedesaan, yaitu Banaran, Getas, Ngleri, Ngunut, dan Bleberan. Bentang lahan di RPH Gubugrubuh didominasi oleh perbukitan karst yang termasuk dalam Zona Ledok-Wonosari. Ketinggian tempat pada wilayah ini berkisar antara 150-200 m dpl dengan tingkat keterlerangan mencapai 8-25%. Kawasan ini



Gambar 1. Lokasi Penelitian
Figure 1. Study Location

memiliki kategori iklim C menurut Schmidt dan Fergusson dengan curah hujan 1.700-2.000 mm/tahun. Suhu pada wilayah ini berkisar 22.3-32.4°C dengan kelembaban 80-85%. RPH Gubugrubuh memiliki 2 jenis tanah yaitu Alfisol dan Vertisol (Haryanto, 2012). Detail peta lokasi penelitian disajikan pada Gambar 1.

B. Pengumpulan Data

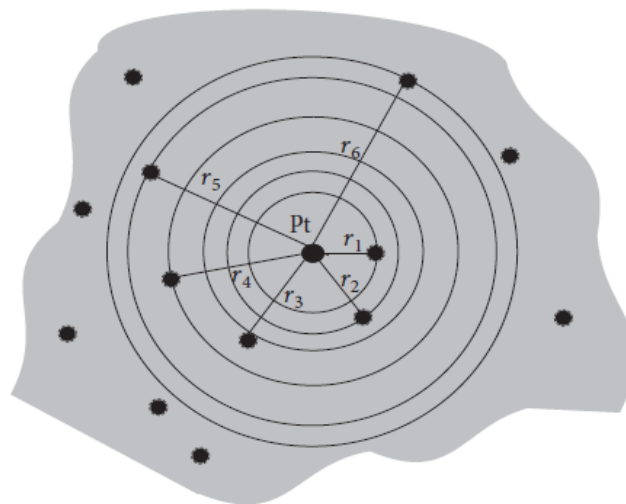
Pengumpulan data dilaksanakan pada Agustus 2014 s.d. Oktober 2015. Data diperoleh dari 3 petak yang menjadi area prioritas untuk pengembangan tanaman kayu putih, yaitu petak 75, petak 78, dan petak 80. Lokasi ini dipilih karena memiliki kemiripan tahun tanam, jarak

tanam, kelerengan, dan jenis tanah Alfisol. Periode penanaman kayu putih pada setiap petak dilaksanakan pada tahun 1971 dan dilakukan regenerasi tegakan pada tahun 2013. Pola penanaman menggunakan sistem tumpangsari dengan jarak tanam antar kayu putih mencapai 2 m x 1 m. Kelerengan lahan pada setiap petak berkisar 8-15%.

Pengambilan sampel tanah dilakukan pada lapisan permukaan dengan kedalaman 0-15 cm (Liu *et al.*, 2013; Liu *et al.*, 2014; Dorneles *et al.*, 2015). Jumlah sampel tanah dari setiap petak mencapai 3 replikasi yang tersebar secara acak. Sampel tanah selanjutnya dibawa ke laboratorium Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP)

Tabel 1. Prosedur analisis sifat kimia tanah
Table 1. Protocol of soil chemical analysis

No.	Parameter sifat kimia tanah (Soil chemical variables)	Simbol (Symbol)	Satuan (Units)	Metode Analisis (Analysis method)	Referensi (References)
1.	pH H ₂ O (soil pH)	pH	-	pH meter	Van Reeuwijk (1993)
2.	C-organik (soil organic carbon)	SOC	%	Walkley and Black	Black (1965)
3.	N-total (total nitrogen)	N-tot	%	Kjeldahl	Soil Laboratory Staff (1984)
4.	P-tersedia (available phosphorus)	P-avl	ppm	Olsen	Olsen, et al. (1954)
5.	K-total (total potassium)	K-tot	cmolc kg ⁻¹	Flame Photometer	Burt (2004)
6.	Kapasitas tukar Kation (cation exchange capacity)	CEC	cmolc kg ⁻¹	Ammonium Acetate	Hajek, et al. (1972)



Pt : titik pusat plot
 $r_{(1,2,3,4,5,6)}$: jarak pohon terhadap titik pusat
Sumber : Silva, et al. (2017) / **Source** : Silva, et al. (2017)

Gambar 2. Bentuk visual metode *N-trees sampling*
Figure 2. Visual form of *N-trees sampling methods*

Yogyakarta untuk diuji sifat kimianya. Parameter kimia tanah yang digunakan dalam penelitian ini meliputi pH tanah, C-organik, N-total, P-tersedia, K-total, dan kapasitas tukar kation (KTK). Prosedur analisis sifat kimia tanah untuk setiap parameter disajikan pada Tabel 1.

Inventarisasi tegakan kayu putih pada setiap petak dilakukan dengan metode *N-trees sampling*. Metode ini merupakan teknik pengukuran tegakan berdasarkan radius 6 pohon terdekat dari titik pusat plot. Metode ini menghasilkan visualisasi plot berbentuk lingkaran dengan luas bervariasi yang ditentukan oleh radius pohon terjauh (Silva et al., 2017). Gambar 2 merepresentasikan bentuk visual penerapan metode *N-trees sampling*.

Jarak antar titik pusat plot berkisar antara 50-100 m. Ukuran jari-jari plot (R_i) dihitung dengan rumus sebagai berikut (Silva et al., 2017) :

$$R_i = r_6 + \frac{1}{2}d_6 \quad (1)$$

dimana r_6 adalah jarak antara titik pusat plot dengan pohon ke-6, sedangkan d_6 merupakan ukuran diameter pohon ke-6. Nilai R_i selanjutnya digunakan untuk menghitung luas plot (A_i) dengan persamaan matematis (Silva et al., 2017) yaitu :

$$A_i = \pi R_i^2 \quad (2)$$

Kerapatan tegakan (N) dan luas bidang dasar (G) dapat diestimasi dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Silva, et al., 2017) :

$$N = \frac{1}{m} \left(\frac{n-1}{n} \right) \sum_{i=1}^m \frac{n}{A_i} \quad (3)$$

$$G = \frac{1}{m} \left(\frac{n-1}{n} \right) \sum_{i=1}^m \frac{\sum_{j=1}^n g_{ij}}{A_i} \quad (4)$$

dimana m adalah total plot pada setiap site, sedangkan n merepresentasikan jumlah pohon sampel dalam yang terdapat dalam 1 plot, dan g_{ij} merupakan luas bidang dasar dari setiap individu pohon dalam 1 plot.

C. Analisis Data

Data sifat kimia tanah yang telah diperoleh selanjutnya diestimasi reratanya sehingga diketahui rentang nilainya pada setiap petak. Hal yang sama juga diberlakukan untuk data pertumbuhan tegakan kayu putih. Perbandingan sifat kimia tanah dan tingkat pertumbuhan tegakan kayu putih pada setiap petak dianalisis dengan metode *One Way ANOVA* ($\alpha = 0.05$) yang dilanjutkan dengan HSD Tukey ($\alpha = 0.05$) (Suryanto et al., 2017b). Identifikasi pengaruh sifat kimia tanah terhadap pertumbuhan tegakan kayu putih dievaluasi menggunakan metode *Stepwise Regression* ($\alpha = 0.05$) (Hegy & Garamszegi, 2011). Rangkaian tahap analisis data ini dilakukan dengan aplikasi *SAS University Edition*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat kimia tanah pada setiap petak memperlihatkan perbedaan yang signifikan untuk parameter N-total ($p < 0.05$). Kandungan N-total tertinggi terletak pada petak 75 ($0.18 \pm 0.00\%$), sedangkan nilai N-total terendah terdapat pada petak 80 ($0.14 \pm 0.02\%$). Variasi sifat kimia tanah tertinggi ditemukan pada K-total ($CV = 65,76\%$).

Tabel 2. Perbandingan sifat kimia tanah pada area pengembangan tanaman kayu putih
Table 2. Comparison of soil chemical properties on the sites of cajuput growth

No.	Parameter sifat kimia tanah (Soil chemical indicators)	Petak 75 (Site 75)	Petak 78 (Site 78)	Petak 80 (Site 80)	CV (%)	P
1.	pH	6.25 ± 0.25a	6.00 ± 0.00a	6.17 ± 0.29a	3.59	0.42
2.	SOC (%)	2.86 ± 0.38a	2.90 ± 0.40a	2.36 ± 0.88a	21.41	0.51
3.	N-tot (%)	0.18 ± 0.00b	0.17 ± 0.01ba	0.14 ± 0.02a	12.2	0.04*
4.	P-avl (ppm)	1.75 ± 0.25a	2.00 ± 0.00a	3.50 ± 2.60a	63.77	0.31
5.	K-tot (cmolc kg ⁻¹)	0.26 ± 0.13a	0.10 ± 0.00a	0.10 ± 0.04a	65.76	0.07
6.	CEC (cmolc kg ⁻¹)	9.40 ± 2.51a	12.78 ± 0.89a	10.75 ± 1.81a	19.88	0.16

Keterangan: *Sifat kimia tanah berbeda signifikan berdasarkan hasil uji One Way ANOVA ($\alpha = 0.05$); Huruf yang sama dalam 1 baris menunjukkan bahwa nilai tidak berbeda signifikan berdasarkan hasil uji HSD Tukey ($\alpha = 0.05$).

Remarks: *Soil chemical properties was significantly different according to the result One Way ANOVA ($\alpha=0.05$); similar letter in a row means the value was not highly distinction refererring to the HSD Tukey ($\alpha=0.05$).

Akan tetapi, hasil ANOVA menunjukkan bahwa perbandingan K-total dari setiap petak tidak berbeda signifikan ($p>0,05$). Dibandingkan sifat kimia tanah lain, pH memiliki tingkat variasi terendah ($CV=3,59\%$). Tabel 2 memperlihatkan hasil analisis perbandingan sifat kimia tanah pada setiap petak.

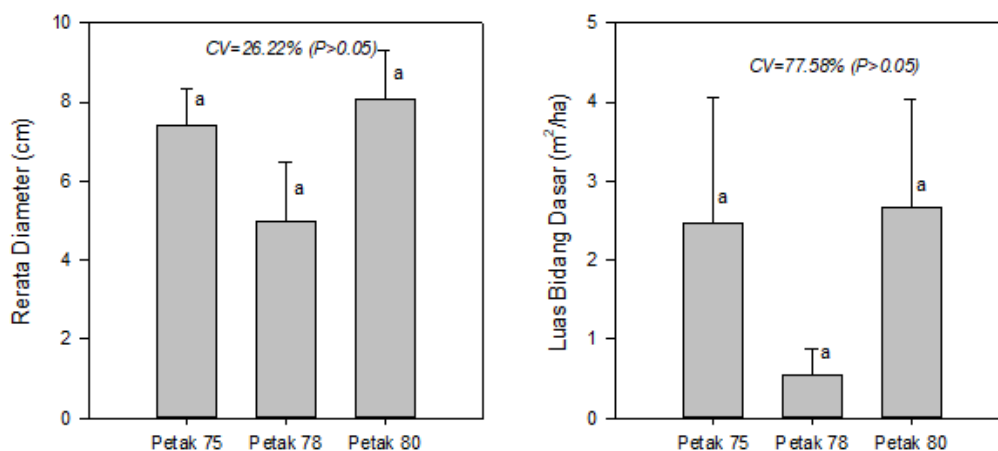
Mayoritas sifat kimia tanah tidak berbeda signifikan disebabkan oleh tipe tanah yang sama pada setiap petak. Jenis tanah pada setiap petak termasuk tipe Alfisol. Tanah Alfisol merupakan tanah yang terbentuk dari batuan induk kapur. Tanah ini didominasi oleh tekstur lempung (*clay*) dengan tingkat kemasaman yang termasuk kategori agak masam. Kandungan bahan organik tanah alfisol bervariasi dari rendah sampai cukup tinggi. Ketersediaan nutrisi pada tipe tanah alfisol termasuk rendah (Adekiya et al., 2011; Rodrigues de Lima et al., 2012).

Perbedaan kandungan N-total secara signifikan pada setiap petak disebabkan oleh adanya variasi pengolahan tanah dan pemupukan yang dilakukan oleh masyarakat. Sistem agroforestri kayu putih secara teknis memberikan

peluang pada masyarakat untuk melakukan aktivitas tumpangsari melalui pengolahan tanah dan pemupukan secara intensif. Menurut Busari et al. (2015), kegiatan pengolahan tanah berpengaruh terhadap kandungan N-total dalam kaitannya dengan pencampuran pupuk ke dalam tanah dan perubahan struktur tanah. Struktur tanah yang baik dapat meningkatkan aerasi tanah sehingga mendukung aktivitas mikroorganisme yang berperan dalam siklus nitrogen. Hasil penelitian yang dilaporkan oleh Villanin et al. (2017) menjelaskan bahwa pemupukan tanah dengan jenis pupuk NPK secara signifikan dapat meningkatkan kandungan N-total.

Penelitian ini mencatat bahwa pertumbuhan tegakan kayu putih tidak berbeda signifikan pada setiap petak, baik untuk variabel diameter maupun luas bidang dasar ($p>0,05$). Dibandingkan dengan diameter, luas bidang dasar memiliki tingkat variasi yang lebih tinggi ($CV=77,58\%$). Gambar 3 memperlihatkan perbandingan pertumbuhan tegakan kayu putih pada setiap petak.

Hasil analisis Stepwise Regression ($\alpha = 0.05$)



Gambar 3. Perbandingan pertumbuhan tegakan kayu putih pada setiap petak
Figure 3. Comparison of cajuput stand growth from each site

Tabel 3. Hasil analisis *stepwise regression*
Tabel 3. Result of *stepwise regression analysis*

No.	Parameter pertumbuhan (Growth indicators)	Persamaan (Equations)	r ²
1.	Diameter	$Y = 12.52^* + 0.95 \text{ P-tersedia}^* - 0.73 \text{ KPK}^*$	0.88*
2.	Luas bidang dasar	$Y = 6.85^* + 0.79 \text{ P-tersedia}^* - 0.63 \text{ KPK}^*$	0.95*

Keterangan: *Signifikan pada ($\alpha = 0.05$)
Remarks: Significant on ($\alpha=0.05$)

pada Tabel 3 ditemukan adanya parameter sifat kimia tanah yang memiliki pengaruh signifikan terhadap pertumbuhan tegakan kayu putih. Diameter dan luas bidang dasar secara nyata dipengaruhi oleh P-tersedia dan KPK (Tabel 3). Penelitian ini tidak menemukan adanya keterkaitan antara pH, C-organik, dan K-total dengan pertumbuhan tegakan kayu putih.

Hasil penelitian ini menemukan pengaruh signifikan P-tersedia dan KPK terhadap diameter dan luas bidang dasar. Hasil ini memberikan indikasi hubungan antara P tersedia dan KPK terhadap pertumbuhan riap tanaman. Senada dengan pernyataan tersebut, penelitian yang dilakukan oleh Baribault *et al.* (2012) juga memperlihatkan hubungan signifikan antara P tanah dan KPK dengan pertumbuhan diameter pohon di kawasan tropis. Unsur P dibutuhkan oleh tanaman untuk proses pembentukan sel dan jaringan. Sementara KPK tanah berfungsi untuk mengikat ion sehingga nutrisi dapat tersedia di dalam tanah. Ketersediaan nutrien yang mencukupi dapat mendorong proses pembentukan sel dan jaringan, khususnya pada batang sehingga mampu meningkatkan riap diameter secara signifikan. Semakin tinggi diameter maka luas bidang dasar tegakan akan semakin besar, karena luas bidang dasar merupakan parameter turunan dari dimensi horisontal tegakan.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Perbandingan sifat kimia tanah pada setiap petak memperlihatkan perbedaan yang signifikan untuk parameter N-total. Akan tetapi, pertumbuhan tegakan kayu putih pada setiap petak tidak memperlihatkan perbedaan yang nyata. Sifat kimia tanah yang berpengaruh terhadap pertumbuhan tegakan kayu putih yaitu P-tersedia dan KPK. Rerata diameter dan luas bidang dasar dipengaruhi secara signifikan oleh P-tersedia dan KPK. Hasil penelitian ini memberikan informasi bahwa untuk dapat mendukung pertumbuhan tegakan kayu putih secara optimal maka konsentrasi P-tersedia, dan KPK menjadi kunci penting yang harus

diperhatikan untuk melakukan manipulasi lingkungan.

B. Saran

Penelitian ini masih belum menggunakan produktivitas daun sebagai salah satu parameter pertumbuhan tegakan kayu putih. Hal ini disebabkan oleh pada saat studi ini dilakukan, tegakan kayu putih belum memasuki masa panen sehingga izin untuk dapat melakukan kegiatan pemangkasan daun belum dapat diperoleh. Oleh karena itu, peneliti berharap adanya studi lanjutan untuk mengkaji pengaruh sifat kimia tanah terhadap produktivitas hasil panen kayu putih serta kualitas minyak yang dihasilkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami menyampaikan rasa terima kasih kepada para pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian ini di antaranya adalah Dr. Priyono Suryanto yang telah memfasilitasi untuk menjalin kerjasama penelitian dengan KPH Yogyakarta serta pengelola RPH Gubugrubuh yang telah mengizinkan implementasi kegiatan penelitian di wilayahnya. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada reviewer yang telah memberikan saran dan masukan dalam memperbaiki naskah artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adebayo, A. G., Akintoye, H. A., Shokalu, A. O., & Olatunji, M. T. (2017). Soil chemical properties and growth response of Moringa oleifera to different source and rates of organic and NPK fertilizers. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 6(4), 281-287.
- Adekiya, A. O., Ojeniyi, S. O., & Agbede, T. M. (2011). Soil physical and chemical properties and cocoyam yield under different tillage systems in a tropical alfisol. *Experimental Agriculture*, 47(3), 477-488.
- Ahmed, I. N., Nguyen, P., Huynh, L. H., Ismadji, S., & Ju, Y. H. (2013). Bioethanol production from pretreated *Melaleuca leucadendron* shedding bark - simultaneous saccharification and fermentation at high solid loading. *Bioresource Technology*, 136, 213-221.
- Alpian, Prayitno, T. A., Sutapa, J. P., & Budiadi. (2013). Biomass distribution of cajuput stand in Central Kalimantan swamp forest. *Journal of Tropical Forest Management*, 19(1), 1-10.

- Azlan, A., Aweng, H. R., Ibrahim, C. O., & Noorhaidah, A. (2012). Correlation between soil organic matter, total organic matter and water content with climate and depths of soil at different land use in Kelantan, Malaysia. *Journal of Applied Science and Environmental Management*, 16(4), 353-358.
- Baribault, T. W., Kobe, R. K., & Finley, A. O. (2012). Tropical tree growth is correlated with soil phosphorus, potassium, and calcium, though not for legumes. *Ecological Monographs*, 2 (82), 189-203.
- Budiadi, & Ishii, H. T. (2010). Comparison of Carbon Sequestration between Multiple-Crop, Single-Crop and Monoculture Agroforestry Systems of Melaleuca In Java, Indonesia. *Journal of Tropical Forest Science*, 22(4), 378-388.
- Busari, A. B., Kaur, K. A., Bhatt, R., & Dulazi, A. A. (2015). Conservation tillage impacts on soil, crop, and the environment. *International Soil and Water Conservation*, 3, 119-129.
- Dibia, I. Y. (2015). Land suitability evaluation for cajuput development (Melaleuca leucadendra) in western plantation Bali (Grograk Sub-District), Buleleng District. *Agrotrop*, 5(2), 194-205.
- Dorneles, E. P., Lisboa, B. B., Abichequer, A. D., Bissani, C. A., Meurer, E. J., & Vargas, L. K. (2015). Tillage, fertilization systems and chemical attributes of a Paleudult. *Scientia Agrícola*, 72(2), 175-186.
- Haryanto, S. (2012). Planning of cajuput plantation management. Yogyakarta: Yogyakarta Forest Management Unit Official.
- Haryanto, S. (2014). Report of cajuput harvesting in KPH Yogyakarta. Yogyakarta: Yogyakarta Forest Management Unit.
- Hassan, M., Hassan, R., Pia, H. I., Hassan, M. A., Ratna, S. J., & Aktar, M. (2017). Variation of soil fertility with diverse hill soils of Chittagong Hill Tracts, Bangladesh. *International Journal of Plant and Soil Science*, 18(1), 1-9.
- Hegyi, G., & Garamszegi. (2011). Using information theory as a substitute for stepwise regression in ecology and behaviour. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 65(1), 69-76.
- Helfiansah, R., Sastrohamidjojo, H., & Riyanto. (2013). Isolation, identification and purification cinneol materials 1.8 of cajuput oil (Melaleuca leucadendron). *ASEAN Journal of Systems Engineering*, 1(1), 19-24.
- Jamil, N., Sajjad, N., Ashraf, H., Masood, Z., Bazai, Z. A., Khan, R., . . . Khan, R. (2016). Physical and chemical properties of soil quality indicating forest productivity : a review. *American-Eurasian Journal of Toxicological Sciences*, 8(2), 60-68.
- Junaidi, E., Winara, A., Siarudin, M., Indrajaya, Y., & Widiyanto, A. (2015). Spatial distribution of plant cajuput oil in Wasur National Park. *Journal of Wallacea Forestry Research*, 4(2), 101-113.
- Liu, C. W., Sung, Y., Chen, B. C., & Lai, H. Y. (2014). Effects of nitrogen fertilizers on the growth and nitrate content of Lettuce (*Lactuca sativa* L.). *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 11, 4427-4440.
- Liu, Z. P., Shao, M. A., & Wang, Y. Q. (2013). Spatial patterns of soil total nitrogen and soil total phosphorus across the entire. *Geoderma*, 197, 67-68.
- Mohd, S. N., Majid, N. M., Shazili, N. M., & Abdu, A. (2013). Growth Performance, Biomass, and Phytoextraction Efficiency of Acacia Mangium and Melaleuca Cajuputi In Remediating Heavy Metal Contaminated Soil. *American Journal of Environmental Science*, 9(4), 310-316.
- Page, S., Hoscilo, A., Wosten, H., Jauhiainen, J., Silvius, M., Rieley, J., . . . Limin, S. (2009). Restoration Ecology of Lowland Tropical Peatlands in Southeast Asia : Current Knowledge and Future Directions. *Ecosystems*, 12, 888-905.
- Prastyono. (2010). The potential of cajuput production in small scale industry : a case study Gunungkidul District. *Wanabenh*, 83(2), 22-28.
- Rodrigues de Lima, C. L., Pillon, C. N., Silva, S. D., & Kunde, R. J. (2012). Physical indicators of soil quality of alfisol under conventional systems of physic nut. *Bioscience Journal*, 28(1), 203-211.
- Silva, L. B., Alves, M., Elias, R. B., & Silva, L. (2017). Comparasion of T-Square, Point Centered Quarter, and N-Tree Sampling Methods in *Pittosporum undulatum* Invaded Woodlands. *International Journal of Forestry Research*, 217, 1-13.
- Sudaryono. (2010). Land suitability evaluation for cajuput in Buru District, Maluku Province. *Journal of Environmental Engineering*, 11(1), 105-116.
- Supriyo, H., Prehaten, D., & Figyantika, A. (2013). Soil properties of eight forest stands resulted from rehabilitation of degraded land on the tropical area for almost a half century. *Journal of Human and Environment*, 20(3), 294-302.
- Suryanto, P., Tohari, Putra, E., & Alam, T. (2017a). Minimum soil quality determinant for rice and 'kayu putih' yield under hilly areas. *Journal of Agronomy*, 16, 115-123.
- Suryanto, P., Tohari, Putra, E., & Alam, T. (2017b). Soil quality assessment for yield improvement of clove, cacao, and cardamom agro-forestry system in Menoreh Mountains area, Indonesia. *Journal of Agronomy*, 16(4), 160-167.
- Tata, H. L., & Pradjadinata, S. (2015). Native Species for Degraded Peat Swamp Forest Rehabilitation. *Jurnal Silvikultur Tropika*, 7, 580-582.
- Villanin, F. T., Riberio, G. A., Villani, E. M., Teixeira, W. G., Moreira, F. M., Miller, R., & Alfaia, S. S. (2017). Microbial carbon, mineral-N, and soil nutrients in indigenous agroforestry systems and other land use in the upper Solimoes Region, Western Amazonas State, Brazil. *Agricultural Sciences*, 8, 657-674.