

**AKSELERASI PERTUMBUHAN CENDANA (*Santalum album*)
DENGAN APLIKASI UNSUR HARA MAKRO ESENSIAL PADA TIGA JENIS TANAH****ENY FARIDAH^{1*}, HARYONO SUPRIYO¹, M. GUNAWAN WIBISONO¹, KRISTINAWATI²
DWI AFIANI², DIAN HARTANTI²**¹Bagian Silvikultur, Fakultas Kehutanan UGM, Yogyakarta

*E-mail: enyfaridah@yahoo.com

²Alumni Fakultas Kehutanan UGM**ABSTRACT**

Sandalwood is one of important alternatives to use for rehabilitation programs of critical land areas in Indonesia. Therefore, due to its slow growth which held up forest rehabilitation program, attempts to accelerate its growth rate are crucially necessary. Considering that problem, the study is aimed to formulate an approach to accelerate cendana's growth through the application of essential macro nutrients needed by cendana grown in three types of soil in the form of biofertilizers such as biofosfo and biosulfo. In a specific way, the study aimed to analyze 1) the effect of soil types ((Grumusol (Vertisol), Mediteran (Alfisol) dan Regosol (Entisol)) on growth of sandalwood, 2) the effect of fertilizer types and dosages on growth of sandalwood, and 3) the effect of soil type, and fertilizer types and dosages on nutrient content of soil and plants' leaves. The research was conducted in Lab. of Intensive Silviculture, Klebengan, the Faculty of Forestry GMU using cendana seedlings of 6 months old. Research was applied using Completely Randomized Design (CRD) with treatments of 3 soil types (Grumusol (Vertisol), Mediterran (Alfisol) and Regosol (Entisol)), 3 fertilizer types (biosulfo, biofosfo, and NPK), and 5 fertilizer dosages (0, 2.5, 5, 7.5 and 10 g) with 5 replications for each experiment unit. Parameters assessed were plant growth rate (height & diameter growth, root length), and nutrient level of soil media and plant leaves. The results showed that Mediterran soil positively affected all growth parameters (height, diameter, root length) followed by Regosol dan Grumusol, while application of different fertilizers and dosages did not give significant effects on all plant growth parameters. Mediterran soil contained the highest N and K followed by Regosol and Grumusol, while Regosol contained the highest available P followed by Mediteran and Grumusol. Interaction between Grumusol and biofosfo/biosulfo, which resulted in lowest growth of all parameters, contained the lowest soil P level, indicating the role of phosphate on plant growth. During the 3-month period, the application of biofosfo, biosulfo dan NPK at different dosages increased leaf P, S and N level with no clear trend.

Keywords: sandalwood, accelerated growth, biofertilizer, soil types

INTISARI

*Cendana (*Santalum album* Linn.) merupakan satu dari pilihan penting untuk digunakan dalam program rehabilitasi lahan-lahan kritis di Indonesia. Upaya untuk mempercepat tingkat pertumbuhannya menjadi sangat penting karena pertumbuhannya yang lambat mengganggu tingkat keberhasilan program rehabilitasi hutan. Mempertimbangkan permasalahan tersebut, studi ini dilakukan dengan tujuan mendapatkan formulasi pendekatan untuk mempercepat pertumbuhan cendana melalui aplikasi unsur hara makro esensial yang dibutuhkan cendana pada tiga tipe tanah, dalam bentuk pupuk biologi seperti biofosfo dan biosulfo. Secara spesifik, penelitian ini bertujuan untuk: 1) Pengaruh jenis media tanah (Grumusol (Vertisol), Mediteran (Alfisol) dan Regosol (Entisol)) terhadap pertumbuhan*

semai cendana, 2) Pengaruh jenis dan dosis pupuk (biosulfo, biofosfo, dan NPK) terhadap pertumbuhan semai cendana, dan 3) Pengaruh jenis media tanah, jenis serta dosis pupuk terhadap ketersediaan hara pada tanah dan jaringan daun tanaman. Penelitian dilakukan di Lab. Silvikultur Intensif, Klebengan, Fakultas Kehutanan UGM dengan menggunakan anakan cendana umur enam bulan. Desain Rancangan Acak Lengkap (RAL) digunakan dengan perlakuan berupa 3 tipe tanah (Grumusol (Vertisol), Mediteran (Alfisol) dan Regosol (Entisol)), 3 tipe pupuk (biosulfo, biofosfo, dan NPK), serta 5 dosis pupuk (0; 2,5; 5; 7,5 dan 10 g) dengan 5 ulangan untuk setiap unit eksperimen. Parameter yang diukur meliputi tingkat pertumbuhan tanaman (pertumbuhan tinggi & diameter, panjang akar) dan tingkat kandungan hara pada tanah dan jaringan daun tanaman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanah Mediteran secara positif mempengaruhi semua parameter pertumbuhan diikuti oleh Regosol dan Grumusol, sementara aplikasi jenis dan dosis pupuk yang berbeda tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap semua parameter pertumbuhan. Tanah Mediteran memiliki kandungan N dan K paling tinggi dibandingkan dengan jenis tanah Regosol dan Grumusol, sementara tanah Regosol memiliki kandungan P-tersedia yang tertinggi diikuti dengan Mediteran dan Grumusol. Interaksi antara tanah Grumusol dengan pupuk biofosfo dan biosulfo menghasilkan kadar P-tersedia tanah yang terendah. Untuk kurun waktu 3 bulan, pemberian pupuk biofosfo, biosulfo dan NPK pada dosis yang berbeda meningkatkan kadar P, S dan N jaringan daun tanpa tren perubahan yang jelas.

Kata kunci: cendana, akselerasi pertumbuhan, pupuk biologi, tipe tanah

PENDAHULUAN

Sebagai tanaman yang berasal dari daerah kering dan kritis, cendana merupakan salah satu alternatif spesies yang digunakan dalam strategi rehabilitasi lahan yang sejenis. Karena sifat pertumbuhannya yang lambat, yang sering kali menjadi kendala bagi keberhasilan program rehabilitasi, usaha untuk mengakselerasi pertumbuhannya menjadi sebuah kepentingan. Cendana telah terbukti mampu berkembang biak dengan baik di daerah kritis seperti di Wanagama I. Soeseno (2000) menyatakan bahwa cendana mampu tumbuh di Petak 5, Wanagama I dibuktikan oleh adanya permudaan yang banyak dan penyebaran yang luas.

Kondisi lahan di Petak 5 Wanagama I mencirikan kawasan kritis dengan solum yang sangat dangkal dan berbatu bahkan sebagian besar merupakan singkapan batuan (Supriyo, 2004). Kondisi tanah dengan kadar hara yang terbatas

(marginal) dan batuan induk kapur (limestone) menjadi kajian menarik dalam pertumbuhan cendana. Sebagai media pertumbuhan tanaman, jenis, sifat, potensi dan kemampuan tanah menentukan keberhasilan dan produktivitas suatu lahan (Supriyo, 2004). Jenis tanah yang berlainan, seperti Mediteran, Grumusol dan Regosol, umumnya memiliki ketersediaan unsur hara yang beragam, yang ikut menentukan keberhasilan penyerapan hara yang tersedia maupun yang ditambahkan melalui pemupukan.

Sifat semi-parasit cendana menandakan bahwa semai cendana sangat membutuhkan tambahan unsur hara dalam pertumbuhan awalnya (Barret, 1985). Dalam pertumbuhannya, pemenuhan kebutuhan unsur hara selain melalui penanaman tanaman inang juga dapat dikombinasikan dengan alternatif lain yaitu melalui penambahan unsur hara pada media tumbuh dengan pemupukan. Binkley (1986) mendapati bahwa

ketercukupan akan unsur-unsur hara yang penting pada masa awal pertumbuhan tanaman menjadi penentu keberhasilan pertumbuhan selanjutnya. Karena itu memastikan ketercukupan hara baik melalui penyediaan media tumbuh yang sesuai maupun dengan aplikasi pupuk menjadi keharusan pada 1-2 tahun pertama pertumbuhan tanaman.

Sebagai sumber hara tambahan bagi tanaman, selain pupuk anorganik seperti NPK, pupuk biologi seperti biofosfo dan biosulfo menjadi alternatif yang perlu dipertimbangkan. Pupuk biologi biofosfo mengandung gabungan batuan fosfat, jamur pelarut fosfat, serta bahan organik dalam bentuk pelet, sedangkan biosulfo mengandung perpaduan antara belerang elementer, batuan fosfat, jamur pengoksidasi belerang dan jamur pelarut fosfat serta bahan organik dalam bentuk pelet (Widada *et al.*, 2005). Pada tingkatan yang lebih lambat, batuan fosfat serta belerang elementer ini secara kimia dapat berubah bentuk di alam menjadi bentuk larut yang tersedia bagi tanaman (Palmer *et al.*, 1983), namun adanya aktivitas organisme pelarutnya dapat mempercepat oksidasi belerang dan batuan fosfat menjadi sulfat dan fosfat larut yang siap diserap tanaman (Sutejo & Kartasapetro, 1991). Untuk biofosfo dan biosulfo, jamur pelarut fosfat yang digunakan sebagai bagian dari pupuk adalah *Aspergillus niger*, sementara jamur pengoksidasi belerang yang dipakai adalah *A. japonicum* dan *Penicillium nalgiovense* (Widada *et al.*, 2005).

Ketersediaan unsur hara esensial seperti N, P, K dan S sangat berpengaruh positif terhadap pertumbuhan tanaman (Mengel & Kirkby, 1987). Ketersediaan hara ini, termasuk penyerapan, translokasi serta pembagiannya dalam tanaman dipengaruhi oleh konsentrasi serta komposisi

media eksternal, selain dipengaruhi juga oleh faktor lingkungan (Gieve & Shannon, 1999). Pengambilan hara esensial akan menjadi sulit saat tanah di sekitar tanaman mengandung hara esensial makro dan mikro yang sangat terbatas, atau ketika kondisi lingkungan (seperti kekeringan) menyebabkan hara makro dan mikro menjadi tidak mungkin untuk diserap. Kekurangan (defisiensi) hara akan mengubah proses fisiologi serta menurunkan pertumbuhan tanaman (Mengel & Kirkby, 1987), bahkan sebelum muncul tanda-tanda kasat mata seperti timbulnya klorosis, nekrosis dan warna ungu-kemerahan pada daun, pertumbuhan kerdil keseluruhan tanaman, atau pertumbuhan kerdil pada ujung-ujung tanaman (Kozlowsky, 1997; Jones-Jr, 1998).

Penelitian ini bertujuan untuk memformulasi upaya mengakselerasi pertumbuhan cendana yang ditumbuhkan pada beberapa jenis tanah dengan menyediakan unsur hara esensial yang diperlukan melalui aplikasi pupuk biologi dengan melihat: 1) Pengaruh jenis media tanah (Grumusol (Vertisol), Mediteran (Alfisol) dan Regosol (Entisol)) terhadap pertumbuhan semai cendana, 2) Pengaruh jenis dan dosis pupuk (biosulfo, biofosfo, dan NPK) terhadap pertumbuhan semai cendana, dan 3) Pengaruh jenis media tanah, jenis serta dosis pupuk terhadap ketersediaan hara pada tanah dan jaringan daun tanaman.

BAHAN DAN METODE

Lokasi penelitian

Penelitian dilakukan di Greenhouse, Laboratorium Silvikultur Intensif, Klebengan, Fakultas Kehutanan UGM selama 6 bulan, mulai Mei sampai dengan November 2006.

Bahan dan alat penelitian

Bahan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah semai cendana, tanaman cabai rawit (*Capsicum sp.*) sebagai tanaman inang cendana, hormon GA (Giberelic Acid), dan arang sekam sebagai input dasar. Selain itu digunakan tanah dari jenis Mediteran, Grumusol, dan Regosol Vulkanik serta pupuk biofosfo, biosulfo dan NPK. Pupuk biosulfo dan biofosfo merupakan pupuk biologi produk dari Lab. Mikrobiologi, Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian UGM yang merupakan hasil penelitian dari dana Hibah Bersaing (2005). Bahan lain yang digunakan adalah polybag untuk tempat tumbuh sapihan. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah bak tabur semai, shading net, penyiram semai, timbangan analitik, pengukur tinggi dan diameter (kaliper), serta pengambil sampel tanah (*core sampler*).

Jalannya penelitian

1. Penanganan benih cendana

Tahapan ini meliputi pengamatan buah yang masak pada 3 induk cendana dari varietas yang sama yang memiliki buah yang memadai. Setelah berwarna hitam-keunguan, buah dikumpulkan dengan terlebih dulu membersihkan area di bawah pohon. Buah yang telah diunduh diseleksi dengan memilih yang telah benar-benar masak dan memiliki ukuran yang relatif seragam. Penanganan selanjutnya dilakukan dengan merendam buah dalam air kemudian memisahkan daging buah dari bijinya. Biji selanjutnya dikeringkan di tempat yang tidak terkena langsung sinar matahari. Biji yang sudah kering direndam dalam hormon GA 0,5% selama 2 jam dan dibilas dengan air sebelum ditabur dalam

media tabur berupa pasir yang telah disterilkan.

2. *Penyiapan tanah*

Media tanah Mediteran dan Grumusol diperoleh dari daerah Gunung Kidul, sedangkan tanah Regosol dari daerah Kaliurang. Persiapan tanah dilakukan dengan cara mengering-udarkan tanah yang telah diambil, kemudian ditumbuk dan disaring dengan saringan berdiameter 2 cm. Tanah yang telah disaring selanjutnya dimasukkan ke dalam polybag yang disediakan (ukuran 20x25 cm). Setelah diberi perlakuan yang sesuai (pupuk dan dosis pupuk), tanah disiram untuk kemudian ditanami benih cendana dan cabai rawit (sebagai inang).

3. *Penyapihan kecambah cendana dan inang*

Setelah benih cendana berkecambah, kecambah cendana dan inang dipindahkan secara bersamaan dan ditanam berdekatan di polybag yang telah diisi media tumbuh berdasarkan perlakuan yang diberikan. Penelitian dilakukan dengan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan 3 perlakuan yaitu tanah (3 jenis: T1 (Grumusol), T2 (Mediteran), T3 (Regosol)), pupuk (3 jenis: P1 (biofosfo), P2 (biosulfo), P3 (NPK)) dan dosis pupuk (5 tingkat: D0 (0 g), D1 (2,5 g), D2 (5 g), D3 (7,5 g), D4 (10 g)). Masing-masing perlakuan terdiri dari lima ulangan.

4. *Pengukuran pertumbuhan cendana dan parameter pengamatan lain*

Data yang diambil meliputi aspek morfologi pada parameter pertumbuhan tinggi, diameter batang, dan pertambahan panjang akar. Pengukuran tinggi dan diameter dilakukan setiap dua minggu selama tiga bulan, sedangkan pengukuran panjang akar dilakukan

pada awal (saat pemindahan ke sapihan) dan pada akhir pengamatan (pemanenan).

Analisis hara tanah dilakukan pada awal bulan ketiga dilakukan dengan cara mengambil sampel tanah pada tiap perlakuan (polybag, masing-masing 5 ulangan) dengan alat “*core sampler*” berdiameter 1 cm. Posisi tanah yang diambil adalah pada sisi paling tepi polybag, mulai dari permukaan sampai menyentuh dasar polybag. Pengambilan pada sisi paling tepi dilakukan agar proses pengambilan ini sesedikit mungkin merusak akar tanaman. Analisis kandungan hara N-total, P-tersedia dan K-tersedia dilakukan pada perlakuan pupuk NPK untuk semua dosis dan jenis tanah. Pada aplikasi pupuk biofosfo analisis kandungan hara yang dilakukan adalah P-tersedia, dan pada aplikasi pupuk biosulfo dilakukan analisis kandungan hara P-tersedia dan S-total.

Analisis hara jaringan daun dilakukan pada saat pemanenan. Analisis ini menggunakan sampel semua daun hidup yang ada pada tiap semai pada masing-masing perlakuan dengan mengabungkan 5 ulangan

yang ada. Analisis hara ini dilakukan untuk P pada perlakuan pupuk biofosfo, S untuk perlakuan pupuk biosulfo dan N untuk aplikasi pupuk NPK. Analisis hara tanah dan jaringan daun dilakukan di Lab. Mikrobiologi, Fakultas Pertanian UGM.

5. *Analisis Hasil*

Untuk mengetahui pengaruh berbagai jenis tanah dan pengaruh jenis pupuk dan dosisnya terhadap pertumbuhan cendana, data pertumbuhan tinggi, diameter dan panjang akar dianalisis dengan menggunakan analisis varian (ANOVA). Apabila terdapat perbedaan yang nyata maka dilakukan analisis lebih lanjut untuk mengetahui perlakuan terbaik dengan uji LSD. Data lain seperti kadar unsur hara pada tanah serta jaringan daun tidak dianalisis secara statistik karena keterbatasan data yang ada. Data-data tersebut dibahas berdasarkan perbandingan nilai aktualnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pertumbuhan tinggi

Hasil analisis varian menunjukkan adanya

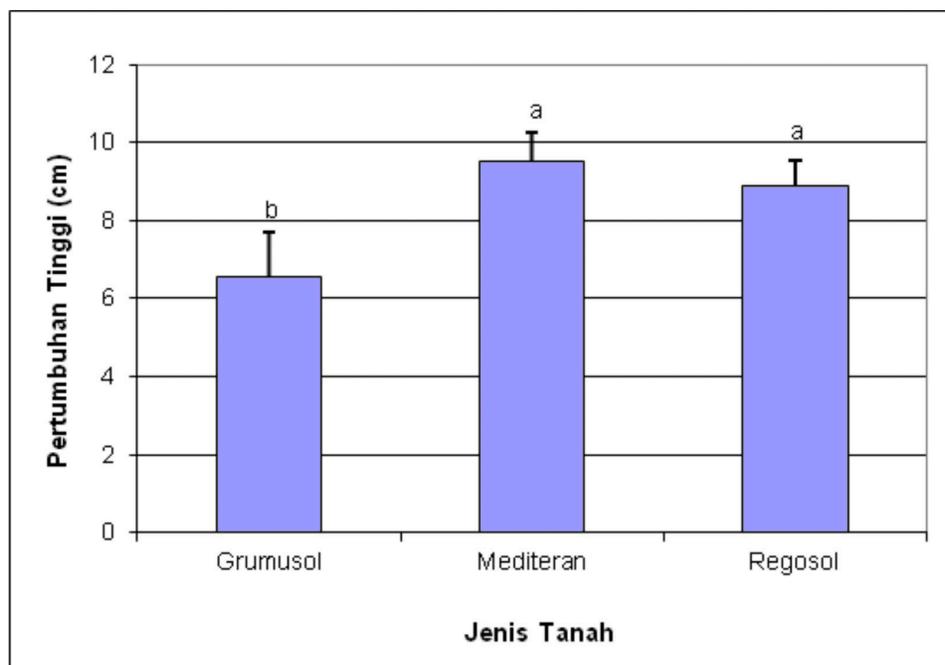
Tabel 1. Pengaruh jenis tanah, pupuk, dan dosis pupuk serta interaksinya terhadap pertumbuhan tinggi semai cendana

Sumber Variasi	db	JK	KT	F	Sig.
Tanah	2	336,177	168,088	12,400	0,000
Pupuk	2	8,669	4,334	0,320	0,727
Dosis	4	45,263	11,316	0,835	0,505
Tanah x Pupuk	4	324,640	81,160	5,987	0,000
Tanah x Dosis	8	60,003	7,500	0,553	0,815
Pupuk x Dosis	8	126,384	15,798	1,165	0,323
Tanah x Pupuk x Dosis	16	85,317	5,332	0,393	0,983
Galat	171	2317,899	13,555		
Total	216	18421,530			

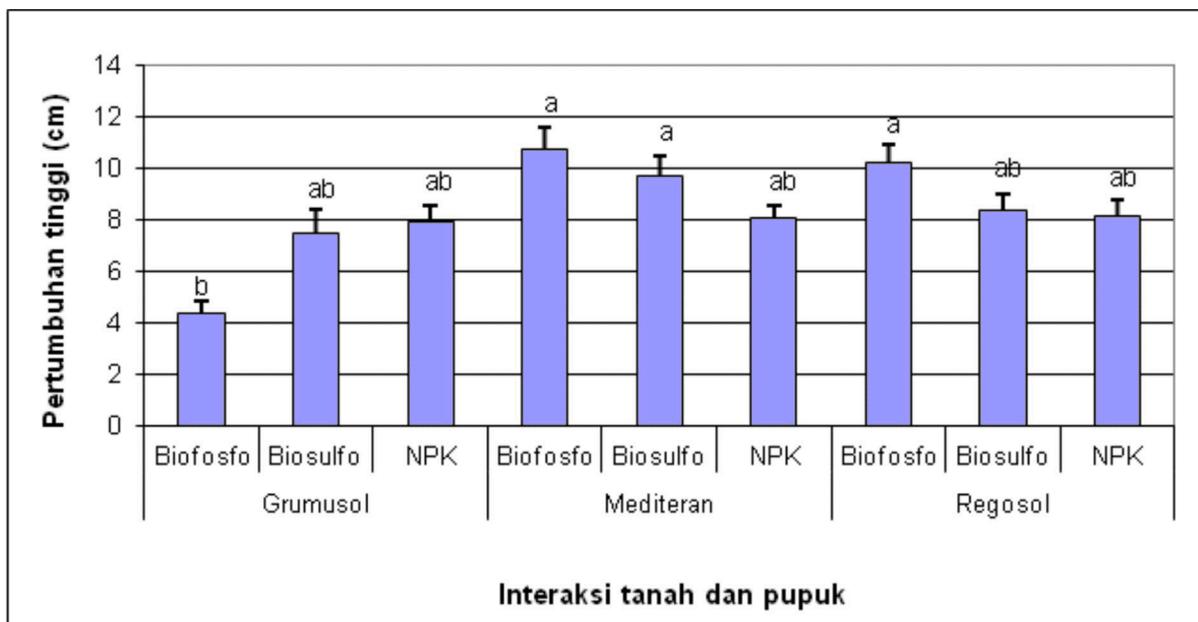
pengaruh perbedaan tanah yang sangat signifikan terhadap pertumbuhan tinggi semai cendana sampai umur 3 bulan (Tabel 1). Selain perbedaan tanah, interaksi tanah dan pupuk menunjukkan hasil yang berbedanya pula. Uji LSD menunjukkan bahwa tanah Mediteran (Gambar 1) serta interaksi antara tanah Mediteran dan pupuk biofosfo

(Gambar 2) memberikan pertumbuhan tinggi terbaik pada semai cendana.

Selain merupakan hasil produksi sel meristem apikal selama masa tumbuh, pertumbuhan tinggi juga merupakan fungsi kesuburan tanah, sehingga dipengaruhi faktor genetik dan manipulasi lingkungan (Daniel *et al.*, 1979). Hasil analisis



Gambar 1. Pengaruh jenis tanah pada pertumbuhan tinggi semai cendana sampai umur 3 bulan



Gambar 2. Pengaruh interaksi jenis tanah dan pupuk pada pertumbuhan tinggi semai cendana sampai umur 3 bulan

pertumbuhan tinggi tanaman mengindikasikan bahwa sifat tanah Mediteran sangat sesuai dan mendukung pertumbuhan tinggi tanaman. Kecenderungan ini diperkuat oleh hasil ANOVA untuk interaksi tanah dan pupuk yang menunjukkan bahwa tanah Mediteran memberikan rata-rata pertumbuhan tinggi terbaik dalam interaksinya dengan semua jenis pupuk.

Meskipun jenis pupuk tidak memberikan pengaruh signifikan pada pertumbuhan tinggi tanaman, interaksi terbaik ditunjukkan oleh pupuk biofosfo diikuti biosulfo dan terakhir NPK. Hal ini menggambarkan kecenderungan bahwa pupuk biologi relatif lebih mendukung pertumbuhan tinggi tanaman cendana sampai umur 3 bulan dibandingkan dengan pupuk kimia seperti NPK.

Pertumbuhan diameter

Hasil analisis varian untuk pertumbuhan diameter menunjukkan adanya pengaruh yang signifikan dari jenis tanah serta interaksi tanah dan pupuk terhadap pertumbuhan diameter

semai cendana sampai umur 3 bulan (Tabel 2). Uji lebih lanjut menunjukkan bahwa tanah Mediteran dan Regosol menghasilkan pertumbuhan diameter terbesar (Gambar 3), sedangkan interaksi antara tanah Mediteran dan pupuk biofosfo menghasilkan pertumbuhan diameter terbaik (Gambar 4).

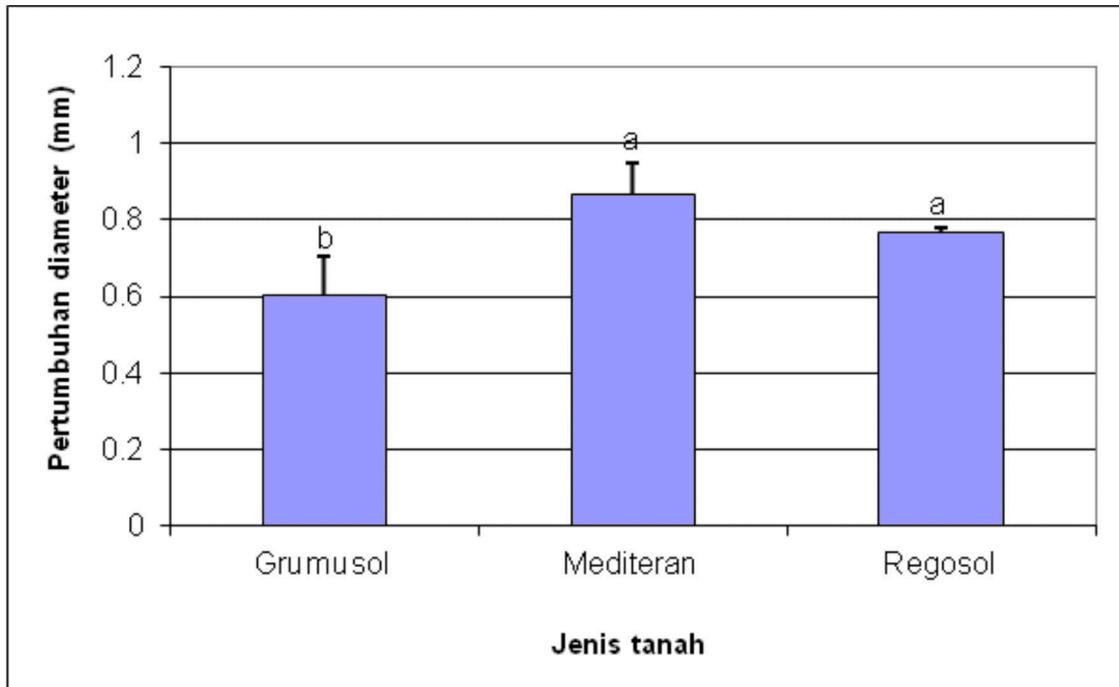
Seperti halnya pada parameter pertumbuhan tinggi, jenis tanah Mediteran (bersama dengan Regosol) menghasilkan pertumbuhan diameter terbesar, sedangkan tanah Grumusol memberikan pertumbuhan terkecil. Dikarenakan jenisnya yang *slow-growing species*, penambahan diameter semai cendana hanya mencapai maksimum 0,75 mm dalam masa 3 bulan. Dalam hal ini kehati-hatian telah ditekankan untuk menghindari kesalahan (error) dalam pengukuran. Sebagai bentuk hasil metabolisme tanaman, perbedaan pertumbuhan diameter ini mengindikasikan bahwa tanah Mediteran juga merupakan jenis tanah paling kondusif bagi cendana sampai umur 3 bulan (Kozlowski & Pallardy, 1997). Warna tanah

Tabel 2. Pengaruh jenis tanah, pupuk, dan dosis pupuk serta interaksinya terhadap pertumbuhan diameter semai cendana

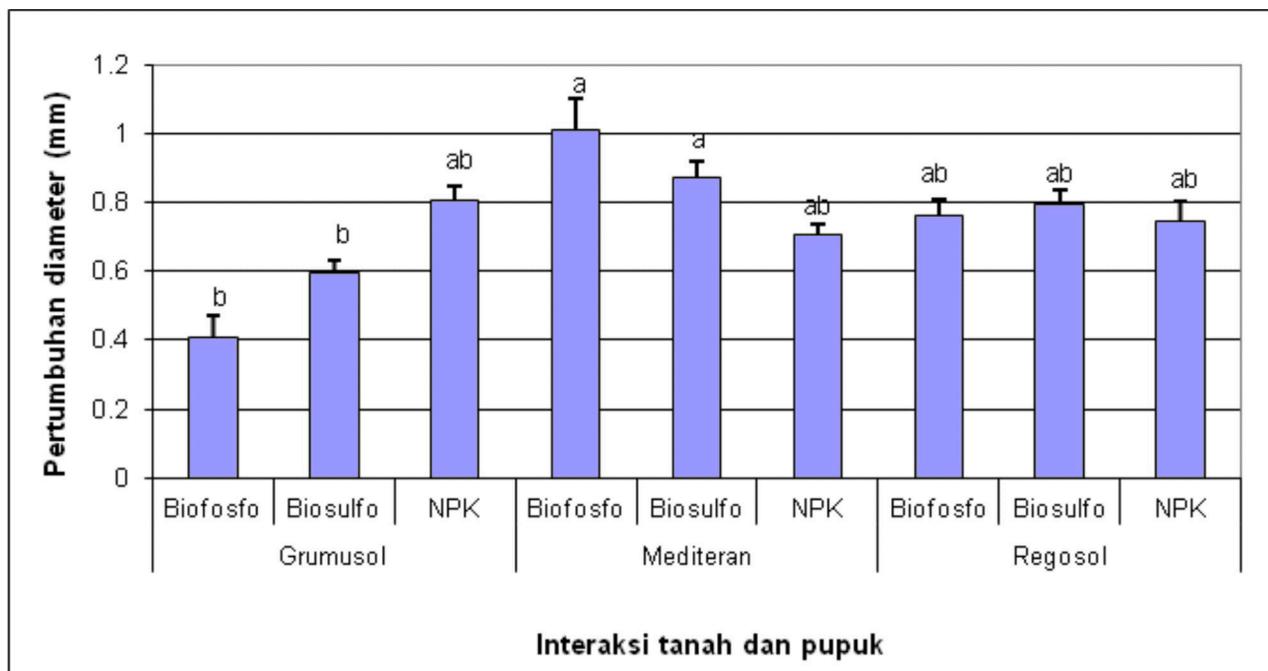
Sumber Variasi	db	JK	KT	F	Sig.
Tanah	2	2,429	1,214	14,481	0,000
Pupuk	2	0,034	0,017	0,205	0,815
Dosis	4	0,092	0,023	0,273	0,895
Tanah x Pupuk	4	2,956	0,739	8,814	0,000
Tanah x Dosis	8	0,846	0,106	1,262	0,267
Pupuk x Dosis	8	0,732	0,091	1,091	0,372
Tanah x Pupuk x Dosis	16	1,197	0,075	0,892	0,579
Galat	171	14,339	0,084		
Total	216	144,532			

Mediteran yang merah mengindikasikan sistem aerasi tanah yang baik, dan hal ini berpengaruh pada proses penyerapan hara dan air yang pada akhirnya mendukung pertumbuhan tanaman. Interaksi antara tanah Mediteran dengan pupuk

biofosfo juga menghasilkan pertumbuhan diameter terbesar. Hal ini menunjukkan bahwa interaksi keduanya memberikan sinergi yang optimum bagi pertumbuhan cendana secara keseluruhan.



Gambar 3. Pengaruh jenis tanah pada pertumbuhan diameter semai cendana sampai umur 3 bulan



Gambar 4. Pengaruh interaksi jenis tanah dan pupuk pada pertumbuhan diameter semai cendana sampai umur 3 bulan

Seperti halnya pada parameter pertumbuhan tinggi, jenis tanah Mediteran (bersama dengan Regosol) menghasilkan pertumbuhan diameter terbesar, sedangkan tanah Grumusol memberikan pertumbuhan terkecil. Dikarenakan jenisnya yang *slow-growing species*, penambahan diameter semai cendana hanya mencapai maksimum 0,75 mm dalam masa 3 bulan. Dalam hal ini kehati-hatian telah ditekankan untuk menghindari kesalahan (error) dalam pengukuran. Sebagai bentuk hasil metabolisme tanaman, perbedaan pertumbuhan diameter ini mengindikasikan bahwa tanah Mediteran juga merupakan jenis tanah paling kondusif bagi cendana sampai umur 3 bulan (Kozlowski & Pallardy, 1997). Warna tanah Mediteran yang merah mengindikasikan sistem aerasi tanah yang baik, dan hal ini berpengaruh pada proses penyerapan hara dan air yang pada akhirnya mendukung pertumbuhan tanaman. Interaksi antara tanah Mediteran dengan pupuk biofosfo juga menghasilkan pertumbuhan diameter terbesar. Hal ini menunjukkan bahwa

interaksi keduanya memberikan sinergi yang optimum bagi pertumbuhan cendana secara keseluruhan.

Pertambahan panjang akar

Analisis varian untuk panjang akar menunjukkan bahwa pertumbuhan panjang akar dipengaruhi secara nyata oleh jenis tanah serta oleh interaksi antara jenis tanah dan jenis pupuk (Tabel 3). Hasil analisis varian menunjukkan adanya pengaruh perbedaan tanah yang sangat signifikan terhadap panjang akar semai cendana sampai umur 3 bulan (Gambar 5). Selain perbedaan tanah, interaksi tanah dan pupuk menunjukkan hasil yang berbeda nyata pula (Gambar 6).

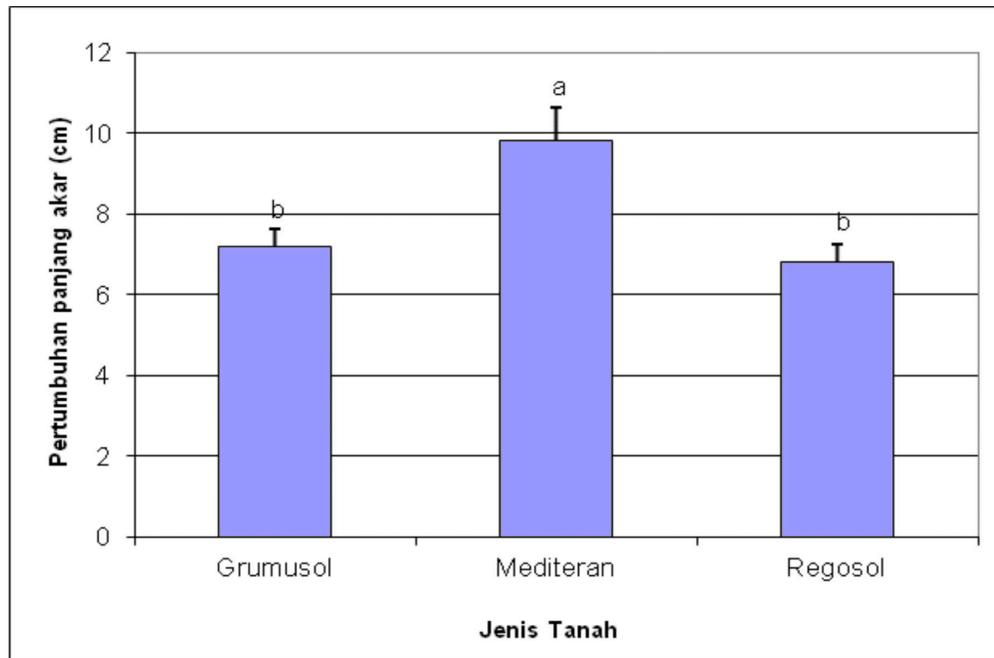
Pada tingkat pertumbuhan lanjut tanaman, ekstensifikasi sistem perakaran terutama akar lateral menandakan tingkat tekanan ketersediaan hara yang dialami tanaman tersebut (Binkley 1986). Makin rendah ketersediaan hara dalam tanah, makin ekstensif perakaran suatu tanaman. Namun demikian, pada tanaman di awal pertumbuhannya, pertumbuhan panjang akar yang

Tabel 3. Pengaruh jenis tanah, pupuk, dan dosis pupuk serta interaksinya terhadap pertambahan panjang akar semai cendana

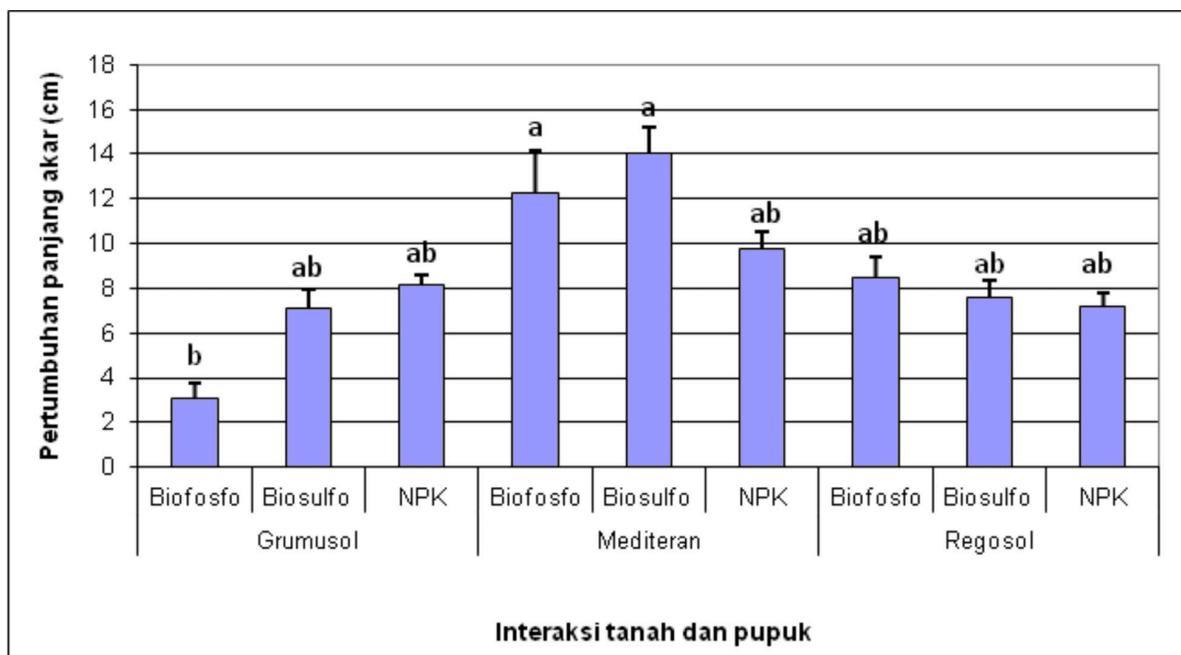
Sumber Variasi	db	JK	KT	F	Sig.
Tanah	2	367,779	183,889	11,703	0,000
Pupuk	2	0,996	0,498	0,032	0,969
Dosis	4	79,472	19,868	1,264	0,286
Tanah x Pupuk	4	226,238	56,559	3,599	0,008
Tanah x Dosis	8	75,125	9,391	0,598	0,779
Pupuk x Dosis	8	109,897	13,737	0,874	0,540
Tanah x Pupuk x Dosis	16	261,183	16,324	1,039	0,419
Error	158	2482,750			
Total	203	16771			

cepat justru menunjukkan tingkat pertumbuhan yang baik secara keseluruhan. Dalam hal ini, tanah Mediteran memberikan lingkungan tumbuh yang kondusif bagi pertumbuhan akar cendana.

Seperti halnya pada parameter tinggi dan diameter, pada pertumbuhan panjang akar interaksi tanah Mediteran dengan pupuk biofosfo dan sulfo memberikan pengaruh positif secara nyata.



Gambar 5. Pengaruh jenis tanah pada pertumbuhan akar cendana sampai umur 3 bulan



Gambar 6. Pengaruh interaksi jenis pupuk dan tanah pada pertumbuhan panjang akar semai cendana sampai umur 3 bulan

Unsur hara pada tanah

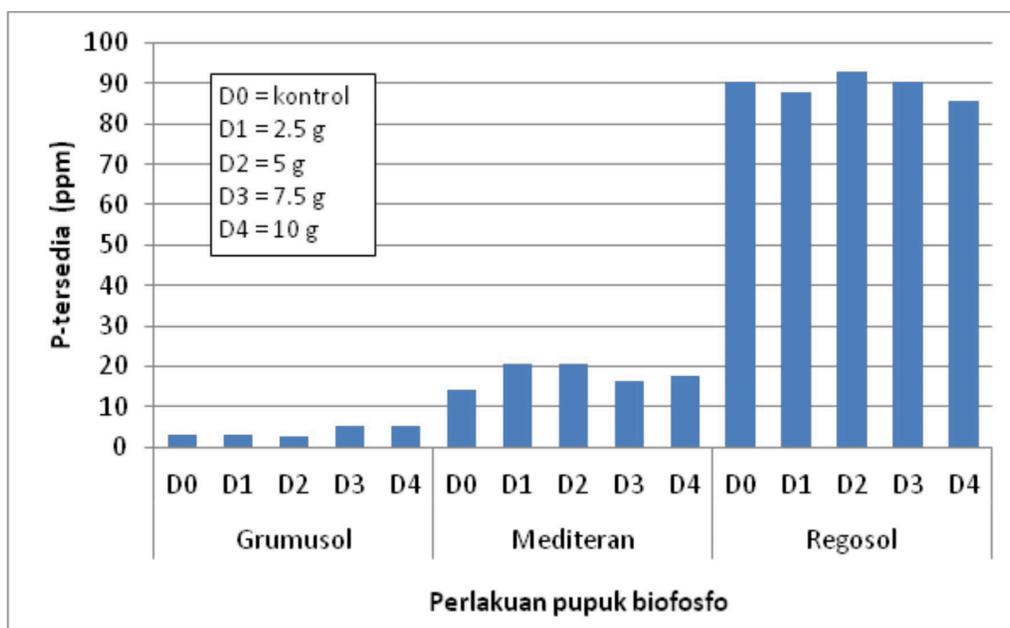
Analisis unsur hara pada tanah dilakukan secara selektif, yaitu kadar P-tersedia untuk aplikasi pupuk biofosfo, P-tersedia dan S-total pada aplikasi biosulfo, serta kadar N-total, P-tersedia serta K-tersedia pada aplikasi pupuk NPK. Karena keterbatasan data yang ada (tidak dilakukan ulangan) maka hasil yang diperoleh hanya dapat menunjukkan kecenderungan yang terjadi tanpa disertai tingkat signifikansi perbedaan secara statistik.

Pada aplikasi biofosfo, penambahan dosis pupuk tidak memberikan pengaruh yang positif terhadap kadar P-tersedia pada setiap jenis tanah, terutama pada jenis Grumusol dan Regosol (Gambar 7). Pada tanah Mediteran, penambahan 2,5 g pupuk meningkatkan kadar P-tersedia, namun penambahan lebih lanjut tidak memberikan pengaruh, bahkan pemberian lebih tinggi lagi (7,5 g pada T2D3) menghasilkan kadar P yang lebih rendah.

Terkait dengan aplikasi biofosfo, hal yang cukup mencolok terlihat pada tanah Regosol yang memiliki kadar P-tersedia sangat tinggi bahkan

pada kontrol (90 ppm), meskipun penambahan dosis lebih tinggi tidak memberikan arah kecenderungan yang jelas. Hal ini menarik untuk diperhatikan mengingat Regosol sebenarnya adalah jenis tanah yang masih sangat muda, sehingga unsur-unsur hara tersedia biasanya sangat rendah. Kemungkinan yang terjadi adalah bahwa lapisan atas (solum) tanah Regosol yang digunakan dalam penelitian ini memang mengandung P-tersedia yang cukup tinggi. Sementara itu, pelepasan P melalui pupuk biofosfo yang belum menampakkan kadar yang cukup berbeda dimungkinkan karena masa pengamatan selama 3 bulan belum cukup lama bagi proses pelarutan fosfat untuk secara akumulatif berbeda. Hal ini dimungkinkan karena biofosfo melarutkan fosfat dari batuan fosfat secara perlahan dengan bantuan jamur pelarut fosfat (Widada *et al.*, 2005).

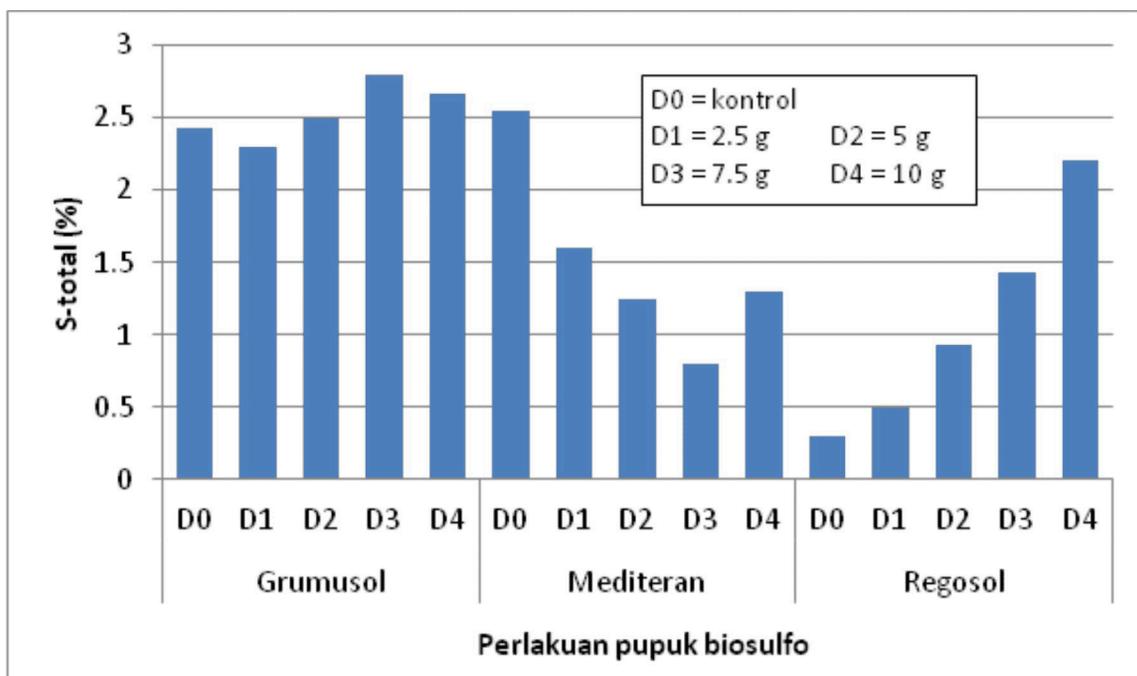
Tren yang serupa untuk kadar P-tersedia juga terjadi pada aplikasi biosulfo. Untuk S-total tanah pada aplikasi biosulfo, baik tanah Grumusol maupun



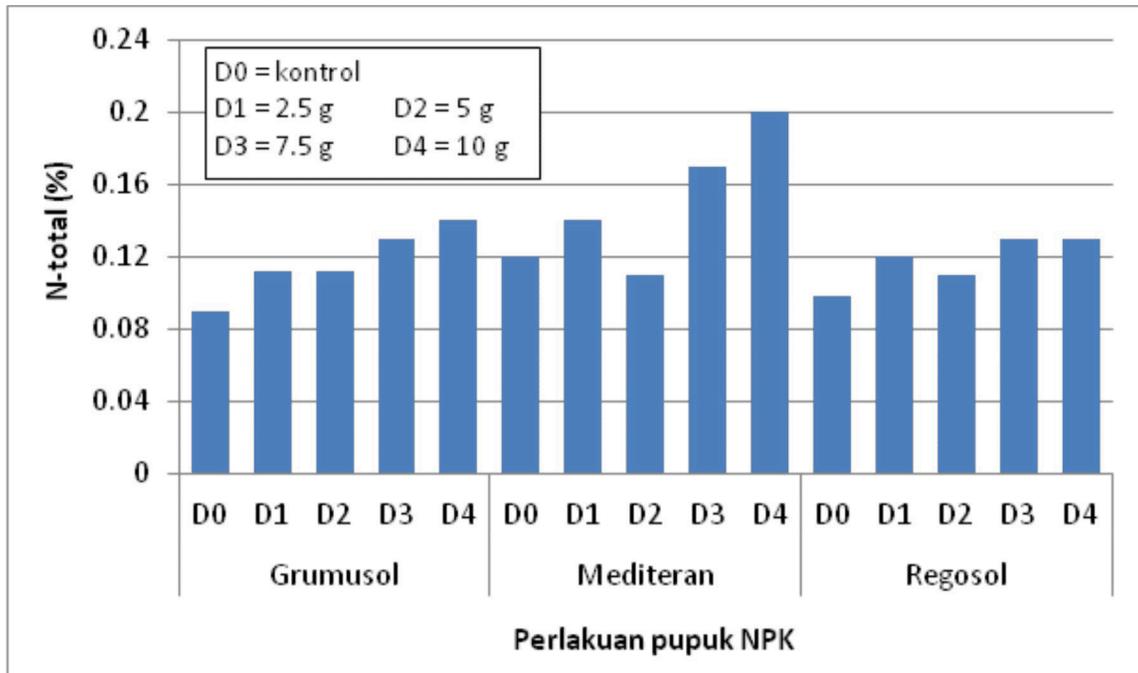
Gambar 7. Pengaruh aplikasi pupuk biofosfo pada dosis dan jenis tanah yang berbeda terhadap kadar P-tersedia dalam tanah.

Mediteran menunjukkan kadar yang tinggi pada kondisi kontrol (sekitar 2,5 ppm, Gambar 8). Hal ini sejalan dengan pemahaman bahwa tiap jenis tanah memiliki kandungan unsur hara dalam kadar yang berbeda-beda (Ashman & Puri, 2002). Penambahan dosis pupuk pada tanah Grumusol dan Regosol cenderung menaikkan, namun sebaliknya pada tanah Mediteran cenderung menurunkan kadar S-total. Pada tanah Regosol terlihat bahwa tanpa dipupuk (control) kadar S-total sangat sedikit (0,28 ppm), namun secara hampir linier peningkatan dosis biosulfo yang diberikan meningkatkan kadar S-total dalam tanah. Kadar S-total yang relatif tinggi pada semua jenis tanah menunjukkan bahwa S diserap tanaman melalui aliran massa (mass flow) untuk memastikan mereka tidak akan mengalami defisiensi S (Larcher, 2001).

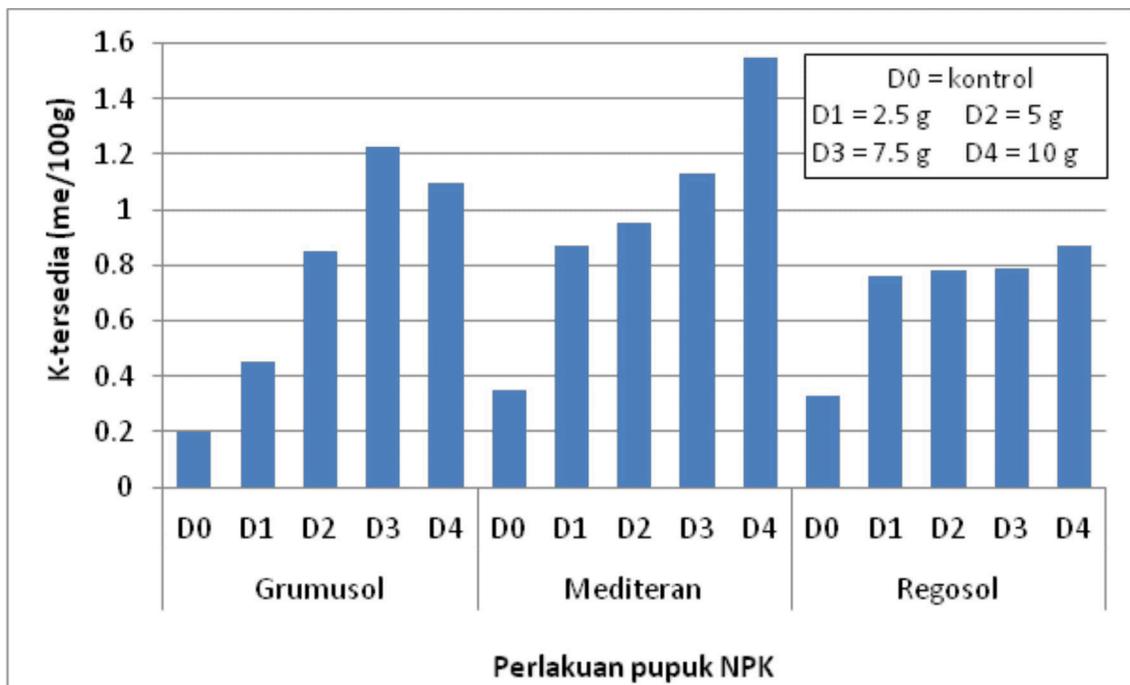
Penambahan dosis pupuk NPK menaikkan kadar N-total pada semua jenis tanah, dengan kadar pada tanah Mediteran kontrol (tanpa pupuk) menunjukkan tingkat tertinggi dibandingkan dengan pada tanah Regosol dan Grumusol (Gambar 9). Tren yang sama juga tampak pada kadar K-tersedia (Gambar 10). Kecenderungan ini dapat diduga mengingat NPK merupakan pupuk kimia dengan proses pelepasan hara yang cukup cepat, sehingga dalam waktu 3 bulan perbedaan akumulasi N karena penambahan dosis pupuk dapat mudah terlihat. Mempertimbangkan bahwa kadar N yang dianalisis adalah N-total, besar kemungkinan N-tersedia lebih kecil dari angka tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa kadar N di semua jenis tanah sangat rendah, seperti dinyatakan Binkley (1986) bahwa N biasanya menjadi faktor pembatas pertumbuhan tanaman.



Gambar 8. Pengaruh aplikasi pupuk biosulfo pada dosis dan jenis tanah yang berbeda terhadap kadar S-total dalam tanah.



Gambar 9. Pengaruh aplikasi pupuk NPK pada dosis dan jenis tanah yang berbeda terhadap kadar N-total tanah.



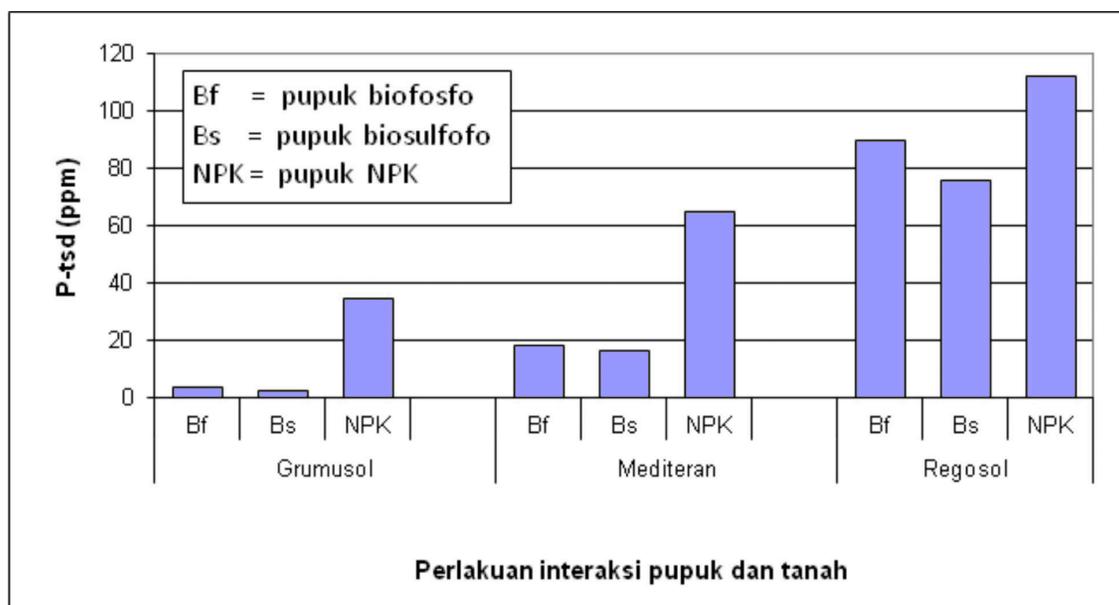
Gambar 10. Pengaruh aplikasi pupuk NPK pada dosis dan jenis tanah yang berbeda terhadap kadar K-tersedia tanah.

Kadar N-total dan K-tersedia yang relatif lebih tinggi pada tanah Mediteran dibandingkan pada tanah Regosol dan Grumusol sedikit banyak mungkin memberi pengaruh positif terhadap pertumbuhan tanaman (Lihat Gambar 1–6). Binkley (1986) menyatakan bahwa sebagai hara yang sangat mudah bergerak (mobile), N dan K sangat berperan pada aktivasi banyak enzim pada proses metabolisme tanaman, dan karenanya kuantitasnya sangat menentukan keberhasilan metabolisme serta pertumbuhan tanaman (Hartemink 2003).

Dengan mempertimbangkan bahwa tidak terdapat tren yang jelas dari perlakuan dosis pupuk, data kadar P-tersedia untuk semua dosis pada tiap jenis pupuk dan tanah digabung. Dari data yang muncul, nampak bahwa kadar P-tersedia pada berbagai tanah berbeda secara mencolok. Tanah Regosol menunjukkan kandungan P yang paling tinggi, diikuti dengan Mediteran dan Grumusol (Gambar 11). Selain itu juga nampak bahwa aplikasi pupuk NPK secara umum menjadikan kadar P-tersedia dalam tanah sangat tinggi.

Gambar 11 menunjukkan bahwa kandungan P-tersedia pada tanah Regosol jauh lebih tinggi dibandingkan pada tanah Mediteran dan terutama pada tanah Grumusol. Hal ini nampak pada aplikasi pupuk biofosfo, biosulfo dan NPK selama 3 bulan. Kemungkinan yang terjadi adalah bahwa sifat-sifat tanah yang lain pada Mediteran (selain kandungan hara makro esensial) ikut menentukan keberhasilan pertumbuhan semai cendana sampai 3 bulan pertama. Bila dihubungkan dengan hasil analisis yang menunjukkan bahwa parameter-parameter pertumbuhan terjelek dihasilkan dari interaksi antara tanah Grumusol dengan pupuk biosulfo dan/ atau biofosfo (Lihat Gambar 2, 3, dan 6), rendahnya tingkat P-tersedia pada interaksi ini mungkin berperan terhadap rendahnya pertumbuhan cendana.

Sangat tingginya kadar P-tersedia pada aplikasi pupuk NPK dibandingkan dengan pada pupuk biofosfo dan biosulfo menunjukkan bahwa pelepasan kadar P dari pupuk NPK telah terjadi dengan cepat, sementara pelepasan P dari pupuk biosulfo dan fosfo mungkin masih akan terus terjadi dalam waktu lama. Dalam bidang pertanian,

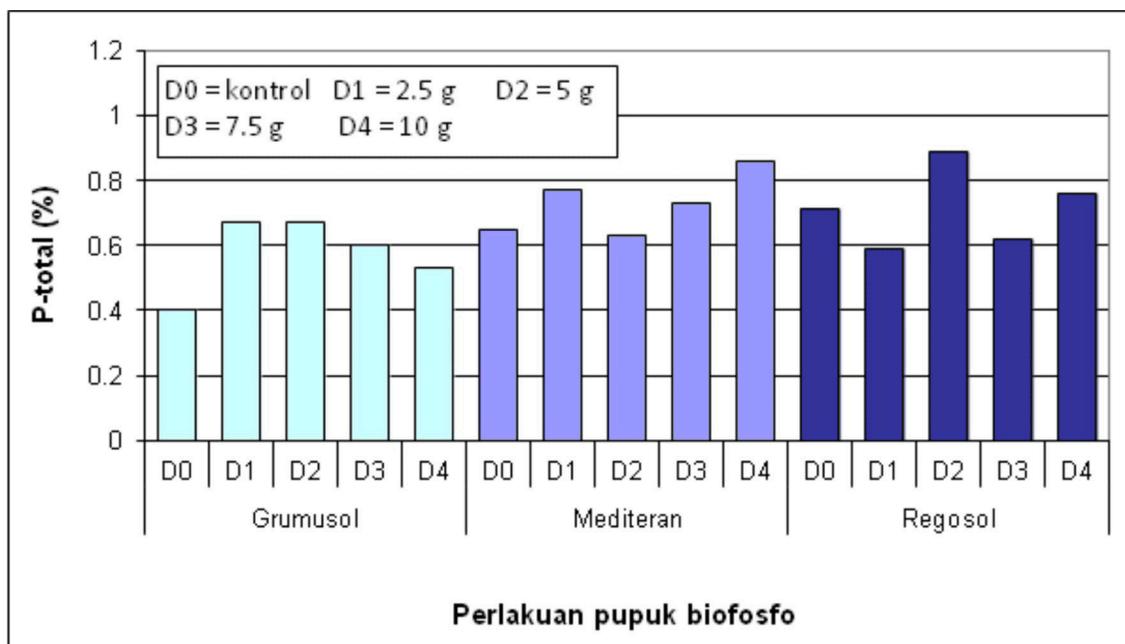


Gambar 11. Pengaruh interaksi jenis tanah dan pupuk yang berbeda terhadap kadar P-tersedia tanah.

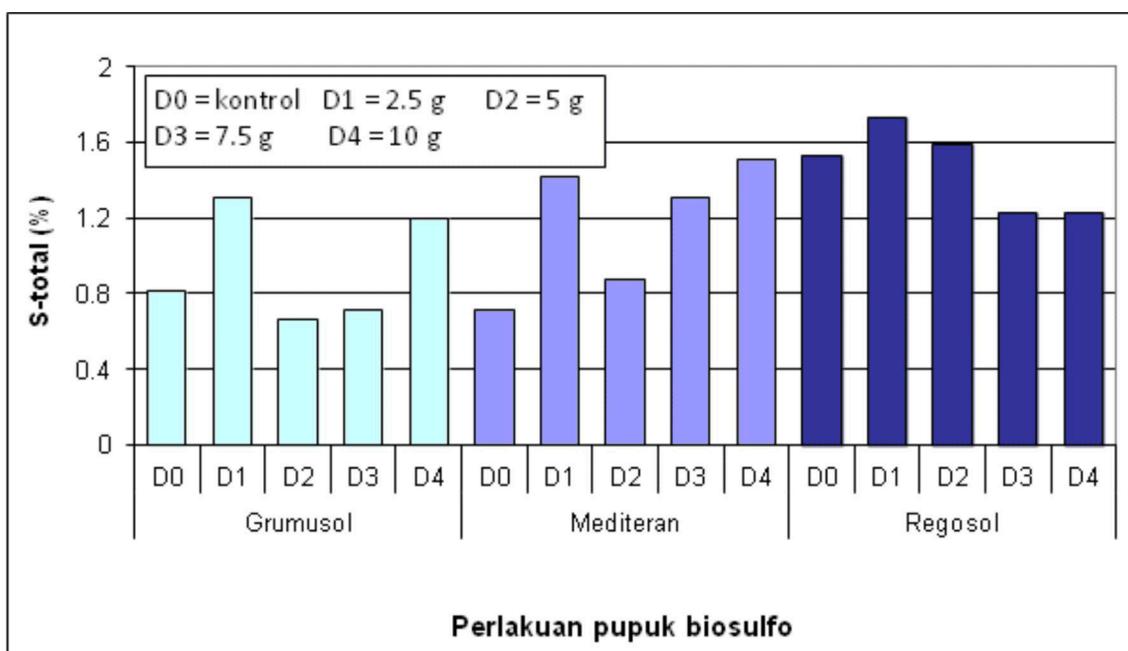
tingginya pelepasan unsur hara penting dari pupuk memang sangat diperlukan, namun untuk bidang kehutanan, mengingat umur tanaman yang relatif lebih lama, jangka waktu ketersediaan unsur hara yang panjang lebih disukai (Binkley 1986).

Unsur hara pada daun

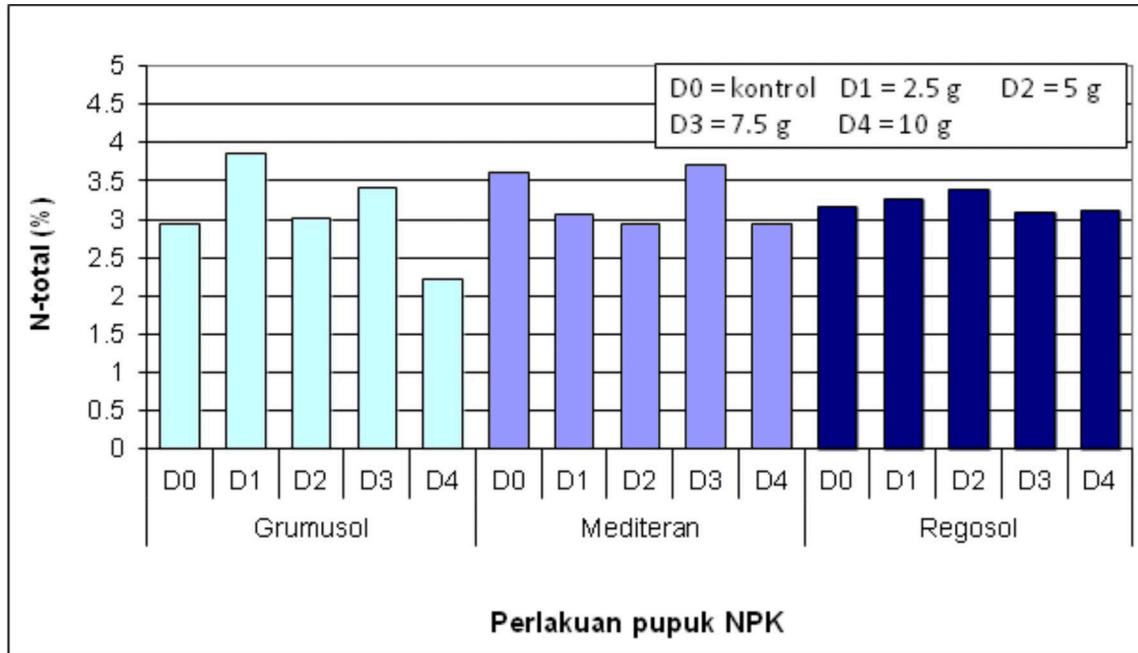
Analisis jaringan daun dilakukan untuk P (perlakuan biofosfo), S (perlakuan biosulfo) dan N (perlakuan NPK) total pada semua jenis tanah. Hasil analisis untuk P, S, dan N berturut-turut disajikan pada Gambar 12, 13, dan 14.



Gambar 12. Pengaruh aplikasi pupuk biofosfo pada dosis dan jenis tanah yang berbeda terhadap kadar P-total dalam jaringan daun cendana umur 3 bulan.



Gambar 13. Pengaruh aplikasi pupuk biosulfo pada dosis dan jenis tanah yang berbeda terhadap kadar S-total dalam jaringan daun cendana umur 3 bulan.



Gambar 14. Pengaruh aplikasi pupuk NPK pada dosis dan jenis tanah yang berbeda terhadap kadar N-total dalam jaringan daun cendana umur 3 bulan.

Pada perlakuan pupuk biosulfo, penambahan dosis tidak memberikan tren yang jelas terhadap kadar P dalam daun. Penambahan pupuk terendah meningkatkan kadar P untuk tanah Grumusol dan Mediteran, namun menurunkan P daun pada Regosol. Tren yang berlawanan terjadi pada pemberian dosis pupuk 5g. Terlihat bahwa pemberian pupuk biosulfo dengan dosis tertinggi mengakibatkan peningkatan P daun dibandingkan kontrol.

Pemberian pupuk biosulfo dan NPK pada berbagai tanah juga tidak memberikan arah tren yang jelas terhadap kadar S dan N pada daun. Namun demikian, pada Gambar 13 terlihat bahwa dosis biosulfo 2,5g (D1) selalu memberikan nilai S yang paling tinggi dibandingkan dengan dosis lainnya pada semua jenis tanah. Hal ini mengindikasikan bahwa penyerapan S yang optimal terjadi pada kadar biosulfo yang cukup rendah, atau dengan kata lain, pemberian biosulfo 2,5g kemungkinan kondusif bagi penyerapan S pada cendana. Sementara itu, pemberian NPK ternyata tidak berpengaruh

terhadap kadar N daun pada cendana. Peningkatan dosis dapat menaikkan maupun menurunkan N daun, namun dibandingkan dengan P dan S, kadar N daun ini cukup tinggi. N merupakan salah satu unsur hara makro esensial bagi tanaman, sehingga kadar yang tinggi akan mendukung metabolisme yang baik (Mengel & Kirkby, 1987).

KESIMPULAN

1. Tanah Mediteran memberikan hasil pertumbuhan terbaik pada cendana diikuti tanah Regosol dan Grumusol. Kecenderungan ini berlaku untuk semua parameter yang diamati yaitu pertumbuhan tinggi, diameter, dan panjang akar.
2. Perbedaan aplikasi jenis dan dosis pupuk tidak memberikan pengaruh yang nyata pada semua parameter pertumbuhan yang diamati pada semai cendana.
3. Tanah Mediteran memiliki kandungan N dan K paling tinggi dibandingkan dengan jenis

tanah Regosol dan Grumusol, sementara tanah Regosol memiliki kandungan P-tersedia yang tertinggi diikuti dengan Mediteran dan Grumusol. Interaksi antara tanah Grumusol dengan pupuk biofosfo dan biosulfo menghasilkan kadar P-tersedia tanah yang terendah.

4. Untuk kurun waktu 3 bulan, pemberian pupuk biofosfo, biosulfo dan NPK pada dosis yang berbeda meningkatkan kadar P, S, dan N jaringan daun tanpa tren perubahan yang jelas.

DAFTAR PUSTAKA

- Ashman MR & Puri G. 2002. *Essential Soil Science. A Clear and Concise Introduction to Soil Science*, Blackwell Publishing, Victoria, Australia. 198p.
- Barret DR. 1985. *Santalum album (Indian Sandalwood) Literature Review*. Mulga Research Centre. Western Australian Institute of Technology.
- Binkley D, John-Wiley & Sons. 1986. *Forest Nutrition Management*. New York. 290p.
- Daniel TW, Helms JA & Baker FS. 1979. *Principles of Silviculture*. 2nd ed. McGraw-Hill, New-York. 521p.
- Gieve CM & Shannon MC. 1999. Ion accumulation and distribution in shoot components of salt-stressed *Eucalyptus clones*. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 124, 559-563.
- Hartemink AE. 2003. *Soil Fertility Decline in the Tropics*. CABI Publishing. 360p.
- Jones-Jr JB. 1998. *Plant Nutrition, Manual*. CRC Press, Florida. 160p.
- Kozlowski TT & Pallardy SG. 1997. *Physiology of Woody Plants*. Academic Press. San Diego. 411p.
- Larcher W. 2001. *Physiological Plant Ecology*. Springer. Berlin. 513p.
- Mengel K & Kirkby EA. 1987. *Principles of Plant Nutrition*. International Potash Institute. Bern. 687p.
- Palmer B, McCaskill M, Friesen D & Hammond L. 1983. *Sulfur containing fertilizer, past, present and future*. Dalam Blair GJ dan Till AR. *Sulfur in South-East Asia and South Pacific Agriculture*. Seminar on The Research for Development Series. Ciawi. Indonesia.
- Soeseno OH. 2000. *Prospek Pengembangan Cendana*. Kumpulan Makalah pada Seminar Nasional Kajian terhadap Tanaman Cendana (*Santalum album LINN.*) sebagai Komoditi Utama Perekonomian Propinsi Nusa Tenggara Timur (NTT) menuju Otonomisasi. Pemerintah Daerah Tingkat I Nusa Tenggara Timur dengan Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Supriyo H. 2004. Perkembangan fisik dan vegetasi Wanagama I. Dalam Atmosoedardjo HS (ed.). *Dari Bukit-bukit Gundul sampai ke WANAGAMA I*. Penerbit Polydoor. Yogyakarta.
- Sutejo MM & Kartasapoetro AG. 1990. *Mikrobiologi Tanah*. Rineka Cipta. Jakarta.
- Widada J, Sumarsih S & Prijambada ID. 2005. *Pengembangan Pupuk Biosulpho*. Laporan Hasil Penelitian Hibah Bersaing XIII/1. Lembaga Penelitian UGM. Yogyakarta.