

# **PERTUMBUHAN SEMAI GMELINA (*Gmelina arborea* Roxb.) PADA MEDIA BEKAS TAMBANG SILIKA DENGAN PENAMBAHAN PUPUK KANDANG KAMBING DAN ARANG KAYU**

*Growth for Gmelina (*Gmelina arborea* Roxb.) on the Post Mine Silica with the Addition of  
Goat Manure and Wood Charcoal*

**Basuki Wasis dan Novi Anggraini**

Departemen Silvikultur, Fakultas Kehutanan IPB

## **ABSTRACT**

*Mining activity consists of land clearing, erosion of soil horizons, dredging and hoarding. The mining activities will impact to the soil fertility. The addition of soil nutrition can be done by giving goat manure and wood charcoal. This research aims to examine the effect of wood charcoal and goat manure addition to the growth of gmelina (*Gmelina arborea* Roxb.) seedlings on the post mine silica soil. This research used randomized complete design with two factorials. Parameter observed in this search is high, diameter and biomass. Observations in 12 weeks shows that single treatment of wood charcoal was not significantly different to all parameters in the 95% interval. The single treatment of goat manure and its interaction with wood charcoal shows a significant different to all parameters observed. The best combination to the growth of gmelina seedling on post mine silica was 100 g of goat manure and 40 gr of wood charcoal.*

*Key words: fertilizer of goat manure, *G. arborea*, wood charcoal.*

## **PENDAHULUAN**

Pertambangan merupakan salah satu sumber daya alam potensial yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber devisa untuk pembangunan nasional karena perannya sebagai penyedia sumber daya energi yang diperlukan untuk pertumbuhan ekonomi suatu negara. Kegiatan penambangan yang umum dilakukan yaitu dengan cara pembukaan hutan, pengikisan lapisan-lapisan tanah, pengerukan, dan penimbunan. Kegiatan penambangan yang dilakukan mengakibatkan kesuburan tanah sebagai media pertumbuhan tanaman menurun.

Perkembangan industri pertambangan di Indonesia yang terus berkembang pesat harus diimbangi dengan penanganan lingkungan pasca tambang. Salah satu industri pertambangan yang berkembang adalah pertambangan silika. Silika banyak dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi di bidang industri terutama digunakan sebagai material bangunan bahan campuran beton (Izzati *et al.* 2013). Kegiatan perbaikan tanah di lahan bekas tambang dapat dilakukan dengan penanaman jenis komersial dan *fast growing* yaitu gmelina. Menurut Sumarna (2012) gmelina juga relatif tahan dengan kondisi lahan yang kering. Pupuk kandang kambing berfungsi sebagai penambah unsur hara sehingga dapat membantu tanaman hidup di lingkungan yang kering dan miskin unsur hara. Menurut Glaser *et al.* (2002) dalam Ahmad (2006) pengaplikasian arang kayu pada media tumbuh dapat memperbaiki sifat kimia tanah antara lain meningkatkan kejenuhan basa, pH tanah, kandungan unsur hara tersedia dan menurunkan  $Al^{2+}$  serta  $H^+$ .

## **Tujuan**

Penelitian ini bertujuan menguji pengaruh pemberian arang kayu dan pupuk kandang kambing terhadap pertumbuhan semai gmelina pada media bekas tambang silika serta mendapatkan informasi mengenai komposisi arang kayu dan pupuk kandang kambing yang optimal bagi pertumbuhan semai gmelina pada media bekas tambang silika.

## **METODE**

### **Waktu dan Lokasi Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan di rumah kaca bagian Silvikultur dan laboratorium Pengaruh Hutan Departemen Silvikultur Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor, pada bulan Mei hingga Agustus 2014. Lokasi pengambilan media dilakukan di bekas penambangan silika Holcim. Analisis kandungan unsur hara pada media dilakukan di Laboratorium Kesuburan Tanah, Departemen Ilmu Tanah Dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

### **Bahan dan Alat**

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu timbangan digital, *caliper*, *polybag* (ukuran 20cm x 20cm), alat tulis, kamera, kalkulator, alat penyiram, *tallysheet*, oven, *software Microsoft excel*, *software Microsoft word*, dan SPSS16.0.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu semai gmelina berumur 3 bulan, media bekas tambang silika, arang kayu dan pupuk kandang kambing.

### Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut:

#### 1. Persiapan Media

Media tanam yang digunakan adalah campuran dari tanah bekas tambang silika, arang kayu dan pupuk kandang kambing. Perlakuan kontrol berisi tanah bekas tambang silika 1 kg. Perlakuan selanjutnya dilakukan penambahan pupuk kandang kambing dengan dosis sebesar 25 g/poybag, 50 g/polybag, 75 g/polybag, dan 100 g/polybag. Dosis arang kayu yang ditambahkan ke media sebesar 20 g/poybag, 40 g/polybag, 60 g/polybag, dan 80 g/polybag.

#### 2. Penyapihan semai

Semai gmelina yang disapih adalah semai dengan cirri-ciri warna daun hijau, serta tidak terdapat hama dan penyakit. Jumlah semai yang digunakan yaitu 60 semai yang akan dimasukkan ke *polybag* yang telah terisi campuran media bekas tambang silika, arang kayu dan pupuk kandang kambing.

#### 3. Pemeliharaan

Pemeliharaan yang dilakukan terhadap semai gmelina yaitu dengan penyiraman 2 kali sehari saat pagi dan sore hari.

#### 4. Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan setiap minggu dengan parameter yang diukur yaitu tinggi dan diameter. Alat yang digunakan mengukur tinggi yaitu mistar dan untuk diameter menggunakan *caliper* digital. Pengukuran dilakukan sampai 12 minggu dan rekapitulasi data dicatat pada *tally sheet*. Pengukuran tinggi dilakukan dari pangkal batang sampai titik tumbuh pucuk semai Gmelina. Pengukuran diameter batang diukur 3cm diatas pangkal batang. Data berat basah serta berat kering pucuk dan akar diambil pada saat panen. Prosedur yang dilakukan adalah bagian akar dan pucuk dipisah lalu dikeringkan di dalam oven dengan suhu 80°C selama 24 jam. Bagian akar dan bagian pucuk yang ditimbang sebelum di oven merupakan data berat basah pucuk dan berat basah akar, sedangkan data setelah di oven merupakan berat kering akar dan pucuk. Berat basah total dan berat kering total didapatkan dengan menjumlahkan berat akar dan berat pucuk. Analisis unsur hara dilakukan pada minggu awal dan akhir pengamatan. Sampel tanah yang diambil sebanyak dua sampel yaitu kontrol dan perlakuan yang menghasilkan pertumbuhan terbaik.

### Rancangan Percobaan dan Analisis Data

Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu rancangan acak lengkap (RAL) faktorial dengan dua faktor. Faktor pertama yaitu pupuk

kandang kambing yang terdiri dari empat taraf. Faktor kedua yaitu arang kayu yang terdiri dari lima taraf.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1 Rekapitulasi hasil analisis sidik ragam berbagai parameter terhadap pertumbuhan semai gmelina

Parameter	Perlakuan		
	Arang	Pupuk kandang kambing	Pupuk kandang kambing*Arang
Tinggi	0.530 tn	0.000*	0.001*
Diameter	0.432 tn	0.000*	0.020*
BBT	0.183 tn	0.000*	0.011*
BKT	0.255 tn	0.001*	0.000*

Angka-angka dalam tabel adalah nilai signifikan.

\* = perlakuan berpengaruh nyata pada selang kepercayaan 95% dengan nilai signifikan ( $Pr > F$ ) 0.05 ( $\alpha$ )

tn = perlakuan tidak berpengaruh nyata pada selang

kepercayaan 95% dengan nilai signifikan ( $Pr > F$ ) 0.05 ( $\alpha$ )

Parameter yang diamati dalam penelitian ini yaitu tinggi, diameter, berat basah total (BBT), dan berat kering total (BKT) dari semai gmelina. Pengamatan yang dilakukan selama 12 minggu menunjukkan bahwa pemberian arang kayu secara tunggal tidak berpengaruh nyata terhadap semua parameter yang diamati pada selang kepercayaan 95%. Pemberian pupuk kandang kambing secara tunggal dan interaksi dengan arang kayu berpengaruh nyata pada semua parameter yang diamati (Tabel 1).

Hasil sidik ragam (Tabel 1) menunjukkan interaksi pemberian pupuk kandang kambing dan arang kayu berpengaruh nyata terhadap parameter pertumbuhan tinggi dan diameter. Hasil uji lanjut duncan (Tabel 2 dan Tabel 3) menunjukkan pemberian pupuk kandang kambing dengan dosis 100 gr dan arang 40 gr (A5B3) memberikan hasil terbaik dibandingkan interaksi lainnya. Hasil pertumbuhan tinggi dan diameter dari uji duncan juga menunjukkan perlakuan A5B3 tidak berbeda nyata dengan perlakuan A5B1 (pupuk kandang kambing 100 gr + arang kayu 0 gr), A5B2 (pupuk kandang kambing 100 gr + arang kayu 20 gr) dan perlakuan A4B3 (pupuk kandang kambing 75 gr + arang kayu 40 gr).

Kondisi media bekas tambang pada umumnya adalah miskin hara (marjinal). Perbedaan pengaruh penambahan pupuk kandang kambing dan arang kayu pada masing-masing dosis yang diberikan dipengaruhi oleh kandungan hara pada media bekas tambang silika. Oleh karena itu, penambahan pupuk kandang dan arang kayu bergantung pada kebutuhan dan tanaman dalam menyerap unsur hara (Wasis dan Fathia 2011).

Pertumbuhan merupakan meningkatnya jumlah sel dan ukuran sel. Pertumbuhan juga dapat diartikan sebagai peningkatan bahan kering, tinggi, volume, dan luas daun (Gardner *et al.* 1985 dalam Nugroho 2013). Pertumbuhan tanaman sangat dipengaruhi oleh ketersediaan unsur hara di dalam tanah yang dapat diserap oleh tanaman. Kandungan hara dalam pupuk organik bervariasi bergantung pada bahan organik yang terkandung dalam pupuk, tingkat kematangan pupuk

dan cara penanganannya. Menurut Tisdale *et al.* (1985) dalam Aminah (2003) kandungan unsur hara dalam pupuk kandang kambing yaitu H<sub>2</sub>O (60%), N (0.75%), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (0.50%), dan K<sub>2</sub>O (0.45%).

Tabel 2 Hasil uji duncan pengaruh interaksi pupuk kandang kambing dan arang kayu terhadap pertumbuhan tinggi semai gmelina

Perlakuan	Rata-rata pertumbuhan tinggi (cm)	% peningkatan terhadap kontrol
A1B1	4.1667 f	0.00
A1B2	7.6333 ef	83.20
A1B3	14.1333 bcdef	239.20
A1B4	21.5000 abcde	416.00
A2B1	9.2667 cdef	122.40
A2B2	5.6000 ef	34.40
A2B3	15.9333 bcdef	282.40
A2B4	1.1333 cdef	167.20
A3B1	9.0000 def	116.00
A3B2	24.5333 abcd	488.80
A3B3	16.1333 bcdef	287.20
A3B4	25.6667 abcd	516.00
A4B1	19.7333 bcdef	373.60
A4B2	15.0667 bcdef	261.60
A4B3	28.0667 ab	573.60
A4B4	19.0667 bcdef	357.60
A5B1	28.9333 ab	594.40
A5B2	28.2000 ab	576.80
A5B3	36.2667 a	770.40
A5B4	25.9667 abcd	523.20

Penambahan pupuk kandang dapat memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah. Sifat fisik dari tanah yang dapat diperbaiki yaitu permeabilitas, porositas, struktur, kation dan daya pegang air tanah (Hardjowigeno 2007). Jumlah bahan organik yang ada akan menentukan kemampuan media dalam menahan dan menyimpan air (Nugroho 2013). Keuntungan yang akan diperoleh dengan pemberian arang kayu menurut Gusmailina *et al.* (2000) antara lain dapat memperbaiki sirkulasi air dan udara yang ada di dalam tanah. Sirkulasi air dan udara dalam tanah yang cukup dapat membantu akar untuk berkembang lebih baik sehingga tanaman dapat tumbuh lebih subur. Selain itu arang kayu dapat meningkatkan pH tanah serta dapat berfungsi sebagai media untuk mengikat karbon dalam tanah.

Tabel 3 Hasil uji duncan pengaruh interaksi pupuk kandang kambing dan arang kayu terhadap pertumbuhan diameter semai gmelina

Perlakuan	Rata-rata pertumbuhan diameter (mm)	% peningkatan terhadap kontrol
A1B1	1.1000 cd	0.00
A1B2	0.7733 d	-29.70
A1B3	1.5533 abcd	41.21
A1B4	1.5900 abcd	44.55
A2B1	1.0900 cd	-0.91
A2B2	1.1133 abcd	1.21
A2B3	1.4933 abcd	35.76
A2B4	1.4600 bcd	32.73
A3B1	7.2400 cdef	81.82
A3B2	2.0000 abcd	80.61
A3B3	1.8300 abcd	66.36
A3B4	1.7367 abcd	57.88

Perlakuan	Rata-rata pertumbuhan diameter (mm)	% peningkatan terhadap kontrol
A4B1	2.0100 abcd	82.73
A4B2	1.3333 cd	21.21
A4B3	1.9867 abcd	80.61
A4B4	1.9700 abcd	79.09
A5B1	2.2733 abc	106.67
A5B2	2.6833 ab	143.94
A5B3	2.7767 a	152.42
A5B4	2.6800 ab	143.64

Pertumbuhan diameter juga dipengaruhi oleh pertumbuhan akar yang efektif (Daniel *et al.* 1987 dalam Nurliawati 2006). Pertumbuhan akar sangat dipengaruhi oleh struktur tanah. Penambahan pupuk kandang dan arang kayu dapat membantu pertumbuhan tanaman karena struktur tanah sebagai media tumbuh dapat diperbaiki. Penggunaan arang kayu juga dapat merangsang pertumbuhan tanaman karena berperan dalam konservasi lingkungan sebagai kondisioner tanah (Siregar 2005).

#### Berat Basah Total dan Berat Kering total

Tabel 4 Hasil uji duncan pengaruh interaksi pemberian pupuk kandang kambing dan arang kayu terhadap berat basah total semai gmelina

Perlakuan	Rata-rata berat basah total (gr)	% peningkatan terhadap kontrol
A1B1	3.0633 f	0.00
A1B2	6.8533 def	123.72
A1B3	5.6900 ef	85.75
A1B4	9.5833 bcdef	212.84
A2B1	10.7533 bcdef	251.03
A2B2	7.4067 cdef	141.78
A2B3	5.5067 ef	79.76
A2B4	7.4833 bcdef	144.29
A3B1	7.2400 cdef	136.34
A3B2	10.6900 bcdef	248.97
A3B3	7.2500 cdef	136.67
A3B4	15.6033 bc	409.36
A4B1	8.0300 bcdef	162.13
A4B2	15.6300 bc	410.23
A4B3	14.4933 bcd	373.12
A4B4	13.7067 bcde	347.44
A5B1	12.3033 bcde	301.63
A5B2	16.1233 b	426.33
A5B3	23.7400 a	674.97
A5B4	8.9133 bcdef	190.97

Hasil sidik ragam (Tabel 1) menunjukkan interaksi pemberian pupuk kandang kambing dan arang kayu berpengaruh nyata terhadap berat basah total dan berat kering total. Uji Duncan (Tabel 4 dan Tabel 5) menunjukkan perlakuan A5B3 memberikan hasil berat basah total dan berat kering total tertinggi diantara perlakuan lainnya.

Berat basah merupakan penambahan massa pada tanaman yang diukur dengan cara memanen seluruh tanaman atau bagian tanaman yang diinginkan dan menimbangannya dengan segera agar air yang dikandung tanaman tidak banyak yang menguap. Berat kering tanaman menggambarkan biomassa sebagai hasil dari metabolisme dalam keadaan tanpa kadar air. Berat

kering total menggambarkan kemampuan tanaman dalam mengambil unsur hara dari media tanam untuk menunjang pertumbuhannya (Karepesina 2007). Semakin tinggi nilai BKT yang didapatkan semakin tinggi menggambarkan kualitas pertumbuhan semai semakin baik (Putri *et al.* 2010).

Tabel 5 Hasil uji duncan pengaruh interaksi pemberian pupuk kandang kambing dan arang kayu terhadap berat kering total semai gmelina

Perlakuan	Rata-rata berat kering total (gr)	% peningkatan terhadap kontrol
A1B1	1.4200 e	0.00
A1B2	2.6000 de	83.10
A1B3	3.0766 bcd	116.67
A1B4	5.2733 abcde	271.36
A2B1	3.9200 bcde	176.06
A2B2	3.0666 cde	115.96
A2B3	2.9500 cde	107.75
A2B4	3.2200 cde	126.76
A3B1	3.6933 cdef	160.09
A3B2	3.8600 bcde	171.83
A3B3	3.3800 bcde	138.03
A3B4	6.5100 abcd	358.45
A4B1	4.2400 bcde	198.59
A4B2	3.6633 bcde	157.98
A4B3	7.0100 bcd	393.66
A4B4	6.5233 abcd	359.39
A5B1	6.2033 abcd	336.85
A5B2	7.6033 ab	435.45
A5B3	9.1700 a	545.77
A5B4	4.4233 bcde	211.50

### Analisis Unsur Hara Tanah

Analisis unsur hara tanah dilakukan 2 kali yaitu sebelum penelitian dan setelah penelitian. Hasil analisis tanah menunjukkan bahwa pemberian pupuk kandang dan arang dapat meningkatkan pH dan menurunkan zat beracun yang dikandung oleh tanah bekas tambang silika (Tabel 6).

Peningkatan pH tanah dari analisis awal yaitu 2.4 menjadi 3.7 setelah diberi penambahan kandang 100 gr dan arang 40 gr. Kandungan unsur hara makro primer seperti N, P, K juga mengalami peningkatan. Peningkatan unsur hara makro sekunder yaitu Ca dan Mg mengalami peningkatan menjadi 10.03 (me/100gram) dan 4.66 (me/100gram). Pupuk kandang dapat meningkatkan kandungan bahan organik yang berperan pada siklus hara dalam tanah (Suwahyono 2011). Bahan organik berperan secara kimia diantaranya sebagai sumber unsur hara N, dan P.

Kandungan logam beracun yang terdapat di tanah bekas tambang yaitu Al mengalami penurunan sangat drastis menjadi hampir tidak bisa terbaca pada saat analisis kedua dilakukan. Arang kayu dapat berfungsi sebagai perangsang pertumbuhan tanaman dan menyerap zat-zat racun yang terkandung di dalam tanah (Istantini 2012). Arang kayu juga memiliki pH yang bersifat alkalis dan sebagai penyerap dan pelepas unsur hara karena memiliki permukaan yang besar, relatif sama dengan koloid tanah. Nilai pH tanah menunjukkan reaksi sifat kemasaman atau alkalinitas tanah dan banyaknya konsentrasi ion hidrogen ( $H^+$ ) di dalam

tanah. Nilai pH juga dapat menunjukkan kemungkinan adanya unsur beracun dalam tanah.

Tabel 6 Hasil analisis kimia tanah

Sifat kimia tanah	Tanah bekas tambang silika (A1B1)	Tanah bekas tambang silika + pupuk 100 gr + arang 40 gr (A5B3)
pH $H_2O$	2.40	3.70
N-tot(%)	0.19	0.21
P ters (ppm)	7.80	20.80
Ca (me/100gram)	2.27	10.03
Mg (me/100gram)	0.45	4.66
K (me/100gram)	0.18	0.49
Na (me/100gram)	0.54	0.65
Al (me/100gram)	6.12	-
H (me/100gram)	0.68	0.68
Fe (ppm)	87.78	42.12
Cu (ppm)	15.00	2.78
Zn (ppm)	3.49	6.76
Mn (ppm)	44.95	31.41
KB (%)	30.00	66.10

Nitrogen (N) yang ada di dalam tanaman mempunyai fungsi sebagai komponen utama protein, hormon, vitamin, klorofil, dan enzim-enzim esensial yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman (Munawar 2011). Gejala kekurangan N pada umumnya dapat dilihat dari daun yang kuning dan gugur. Gejala lain yang timbul yaitu pertumbuhan tanaman kerdil dan pertumbuhan akar terbatas. Kelebihan N pada tanaman dapat menyebabkan batang lemah dan mudah roboh, daya tahan tanaman terhadap penyakit berkurang dan kematangan tanaman berjalan lambat (Hardjowigeno 2007).

Fosfor (P) yang tersedia di dalam tanah sebagian besar terdapat dalam bentuk yang tidak tersedia bagi tanaman (Usman 1980). Unsur P digunakan tanaman untuk merangsang pertumbuhan akar, memperkuat batang tanaman, membantu asimilasi dan respirasi, serta merupakan bahan dasar protein. Gejala kekurangan unsur P antara lain tanaman menjadi kerdil dan daun berubah warna menjadi ungu atau coklat. Gejala ini akan terlihat jelas pada tanaman yang masih muda (Hardjowigeno 2003).

Kalium (K) di dalam tanah merupakan K inorganik (mineral). Unsur K digunakan dalam fotosintesis karena terlibat didalam sintesis ATP, produksi aktivitas enzim-enzim fotosintesis dan penyerapan  $CO_2$  melalui mulut daun. Unsur K juga terlibat dalam proses pemasakan buah. Unsur K pada tanaman buah-buahan dapat memperbaiki ukuran, warna, rasa, dan kulit buah (Munawar 2011).

KB (kation basa) menunjukkan perbandingan jumlah kation basa dan kation asam. Kation basa pada umumnya merupakan unsur hara yang diperlukan tanaman yaitu  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$ ,  $K^+$ , dan  $Na^+$ . Hubungan KB dan pH berkorelasi positif. Jika pH tinggi maka KB dalam tanah akan tinggi pula (Hardjowigeno 2007). Hasil analisis kimia tanah menunjukkan perubahan pH dan KB berkorelasi positif yaitu pada perlakuan A5B3

terjadi kenaikan pH dan KB menjadi 3.7 dan 66.1% dari sebelumnya 2.4 dan 30%.

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

Penambahan pupuk kandang kambing dan arang kayu pada media bekas tambang silika berpengaruh nyata pada semua parameter pengamatan yaitu tinggi, diameter, berat basah total dan berat kering total. Penambahan pupuk kandang kambing dan arang kayu tidak dapat dilakukan secara tunggal untuk memperoleh hasil pertumbuhan yang optimal. Kombinasi dosis penambahan terbaik bagi pertumbuhan semai gmelina pada media bekas tambang silika, yaitu kombinasi 100 g pupuk kandang kambing dan 40 g arang kayu.

### Saran

Dosis pupuk kandang kambing dan arang kayu yang optimal dapat digunakan untuk membantu revegetasi di lahan bekas tambang HEF. Perlu penelitian lebih lanjut untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap semai yang ditanam di lapang (lahan bekas tambang silika).

## DAFTAR PUSTAKA

- Aminah. 2003. Pengaruh frekuensi penyiraman dan dosis pupuk kandang terhadap pertumbuhan dan hasil lidah buaya (*Aloe chiensis* Baker) [tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Djatmiko *et al.* 1985. *Pengolahan Arang dan Kegunaan-nya*. Bogor (ID): Agro Industri Press.
- Gusmailina *et al.* 2000. Alternatif arang aktif sebagai *soil conditioning* pada tanaman. *Buletin Penelitian Hasil Hutan*. 19(3):185-199.
- Hardjowigeno. 2007. *Ilmu tanah*. Jakarta (ID) : Akademika Pressindo.
- Istantini A. 2012. Aplikasi arang tempurung kelapa dan kotoran sapi (bokashi) terhadap pertumbuhan semai jabon pada media tanam tailing tambang emas [skripsi]. Bogor (ID): Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor.
- Izzati *et al.* 2013. Sintesis dan karakterisasi kekristalan nanosilika berbasis pasir bancar. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia*. 2(3):19-22.
- Karepesina S. 2007. Keanekaragaman fungi mikoriza arbuskula dari bawah tegakan jati ambon (*Tectona grandis* Linn. F.) dan potensi pemanfaatannya [tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Munawar A. 2011. *Kesuburan Tanah dan Nutrisi Tanaman*. Bogor (ID): IPB press.
- Nugroho AW. 2013. Pengaruh komposisi medi tanam terhadap pertumbuhan awal cemara udang (*Casuarina equisetifolis* var. *Incana*) pada gumuk pasir pantai. *Indonesia Forest Rehabilitation Journal*. 1(1):113-125.
- Siregar CA. 2005. Pemanfaatan arang untuk memperbaiki kesuburan tanah dan pertumbuhan *Acacia mangium*. *Prosiding Ekspose Hasil Litbang Hutan dan Konservasi Alam*. Hal: 15-23.
- Soemeinaboedhy IN, Tejowulan RS. 2007. Pemanfaatan berbagai macam arang sebagai sumber unsur hara P dan K serta sebagai pembenah tanah. *Agroteksos*. 17:114-122.
- Suwahyono U. 2011. *Petunjuk Praktis Penggunaan Pupuk Organik secara Efektif dan Efisien*. Jakarta (ID): Penebar Swadaya.
- Wasis B, Fathia N. 2011. Pengaruh pupuk NPK terhadap pertumbuhan semai gmelina (*Gmelina arborea* Roxb.) pada media tanah bekas tambang emas (tailing). *Jurnal Silviculture Tropika*. 2(1):14-18.
- Usman R. 1980. *Pengantar Mikrobiologi Tanah*. Bandung (ID): FMIPA Unpad.