



## VARIASI BERAT JENIS GELAM BERDASARKAN LOKASI TUMBUH DAN TINGKAT PERTUMBUHAN

*(Specific Gravity Variation of Melaleuca sp. According  
Its Site Location and Growth Level)*

Alpian, Wahyu Supriyati, M. Damiri, Christopheros

Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Palangka Raya,  
Palangka Raya 73111, Indonesia. Cp.Email : alpianmeran@yahoo.com

### ABSTRACT

*Gelam (Melaleuca sp.) mostly grew at the degraded peat-swamp forest. This study investigated the specific gravity of gelam based on two factors, i.e. site location and growth level. Site location was divided into two sub factors of peat thickness namely 51 to 100 cm (I1) and 101 to 200 cm (I2). Growth level was divided into four stages namely seedling, sapling, poles, and tree. Research result show that specific gravity of gelam wood (dry-air and dry-kiln) at the I2 was bigger than I1. Specific gravity of gelam wood (dry-air and dry-kiln) based on the growth level at the location 1 and location 2 show the same pattern, namely the level of tree > pole > sapling > seedling. The interaction between location versus growth level are no significant different on the specific gravity of the gelam wood, and it is start from 0.55 to 0.77 or at the medium category.*

**Keywords:** *Gelam, growth level, site location, specific gravity.*

### PENDAHULUAN

Gelam (*Melaleuca sp*) merupakan jenis pohon yang dapat tumbuh pada hutan rawa gambut terdegradasi dan mengandung pirit dengan regenerasi alam yang baik terutama pada tipologi lahan sulfat masam, gambut dangkal, dan gambut sedang (Rachmanady dkk, 2003). Data BPDAS Kahayan menjelaskan bahwa pohon gelam dominan tumbuh di areal blok D bekas PLG yang hidup berkelompok sebagai vegetasi penyusun hutan dengan kawasan yang luas pada lokasi tersebut (Anonim, 2007). Secara

umum, tempat tumbuh tegakan gelam dibagi menjadi 2 lokasi, yaitu gambut dangkal (51-100 cm) dan gambut sedang (101-200cm).

Soerianegara dan Indrawan (2005) membuat statifikasi hutan dalam 4 (empat) tingkat pertumbuhan, yaitu tingkat semai, pancang, tiang, dan pohon. Klasifikasi tingkat pertumbuhan ini menarik untuk dipelajari karena adanya perbedaan sifat antara tingkat semai, pancang, tiang, dan pohon. Sementara itu, tingkat pertumbuhan dan berat jenis kayu dapat dipengaruhi oleh lokasi tempat tumbuh (Haygreen dan Bowyer, 1989)

dan tingkat pertumbuhan pohon (Seng, 1990). Dalam rangka mengeksplorasi lebih jauh tentang kayu gelam, khususnya tentang berat jenisnya, maka perlu dilakukan penelitian tentang berat jenis kayu gelam berdasarkan lokasi tumbuh dan tingkat pertumbuhannya. Tujuan penelitian ini adalah mengkaji variasi berat jenis batang gelam berdasarkan 2 (dua) faktor, yaitu lokasi tempat tumbuh (lokasi 1 dan lokasi 2) dan tingkat pertumbuhan (semai, pancang, tiang, dan pohon).

## METODE PENELITIAN

### Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan pada areal bekas PLG blok D yang terdapat lapisan tegakan gelam, mulai dari semai, pancang, tiang dan pohon. Lokasi penelitian I terletak pada koordinat  $02^{\circ}50,355'$  LS – S  $02^{\circ}50,52'$  LS dan  $114^{\circ}20,38'$  BT –  $114^{\circ}20,54'$  BT. Lokasi penelitian II terletak pada koordinat  $02^{\circ}49,37'$  – S  $02^{\circ}49,63'$  LS dan  $114^{\circ}17,46'$  BT – E  $114^{\circ}18,11'$  BT. Analisis data dilakukan di laboratorium Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Palangka Raya pada bulan November 2012.

## Alat dan Bahan

Bahan penelitian terdiri dari kayu gelam yang diambil dari lokasi penelitian I dan II. Sampel kayu gelam masing-masing dibagi ke dalam 4 kelas tingkat pertumbuhannya, yaitu semai (tinggi 1,5 m), pancang (tinggi  $>1,5$  m dan diameter batang  $< 10$  cm), tiang (diameter batang 10 cm sampai 20 cm, dan pohon (diameter batang 20 cm ke atas).

Peralatan yang digunakan di lapangan adalah kompas, GPS, tali, paku, palu, parang, gergaji tangan, kapak, *chainsaw*, meteran gulungan, kaliper, *diameter tape*, karung plastik, kantung plastik, plastik klip, spidol, tali rafia, tas ransel, perahu, dan kapal kecil. Sedangkan peralatan yang digunakan di laboratorium adalah timbangan analitik, oven, desikator, alat penjepit, statif dan klem. Peralatan lainnya adalah gergaji mesin, mesin ketam, kamera, *handycam*, dan alat tulis.

## Rancangan Penelitian

### Pembuatan contoh uji berat jenis batang gelam

Penelitian berat jenis batang gelam bertujuan mengetahui berat jenis

batang gelam berdasarkan lokasi tempat tumbuh (lokasi I dan lokasi II) dan tingkat pertumbuhan (semai, pancang, tiang, dan pohon). Contoh uji penelitian berat jenis batang gelam diambil berdasarkan lokasi tempat tumbuh (lokasi I dan lokasi II) dan tingkat pertumbuhan (semai, pancang, tiang, dan pohon). Contoh uji batang gelam tingkat semai diambil pada 3 bagian (pangkal, tengah, dan ujung) kemudian dibuat contoh uji berdasarkan ukuran diameter batang dengan panjang 2 cm. Contoh uji batang gelam tingkat pancang, tiang, dan pohon diambil pada setiap pertambahan tinggi batang 2 m pada arah aksial dan arah radial (dekat kulit, tengah dan dekat empulur). Contoh uji dibuat dengan ukuran 2 cm x 2 cm x 2 cm.

Contoh uji untuk perhitungan berat jenis batang gelam adalah 325 contoh uji. Contoh uji pada lokasi 1 dan lokasi 2 sebanyak 147 dan 178 contoh uji, meliputi tingkat semai masing-masing 12 contoh uji ; tingkat pancang masing-masing 16 dan 18 contoh uji ; tingkat tiang masing-masing 41 dan 51 contoh uji ; tingkat pohon masing 78 dan 97.

### **Perhitungan berat jenis batang gelam**

Perhitungan berat jenis batang gelam dilakukan pada 2 kondisi, yaitu contoh uji kering udara dan kering tanur. Berat jenis dapat dihitung (Haygreen dan Bowyer (1989) dengan rumus, yaitu :

$$\text{Kerapatan kayu} = \frac{\text{Berat kering tanur}}{\text{volume (g/cm}^3\text{)}}$$

$$\text{Berat jenis kayu} = \frac{\text{Kerapatan kayu}}{\text{kerapatan air}}$$

Keterangan :

Volume (kering udara / kering tanur)

Kerapatan air (1 g/cm<sup>3</sup>)

### **Analisis data berat jenis berat batang gelam**

Analisis data berat jenis batang gelam menggunakan percobaan faktorial dengan 2 faktor dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) disajikan pada Tabel 1. Data yang diperoleh dianalisis dengan bantuan program komputer *Microsoft Excel* dan *SAS (Statistical Analysis Software)*. Analisis data untuk mengetahui signifikan tidaknya faktor A, faktor B, dan interaksi faktor AB dilakukan analisis variasi yang disajikan pada Tabel 2. Model rancangan statistika yang digunakan adalah :

$$Y_{ijk} = \hat{\mu} + A_i + B_j + AB_{ij} + \epsilon_k(ij)$$

(Sudjana, 1985).

Keterangan :

- $i = 1, 2, \dots, a$      $a = 2$  (lokasi tempat tumbuh)  
 $j = 1, 2, \dots, b$      $b = 4$  (tingkat pertumbuhan)  
 $k = 1, 2, \dots, r$      $r_i =$  Ulangan ke- $i$   
 $Y_{ijk}$  = Perbedaan nilai karena efek perbedaan lokasi dan tingkat pertumbuhan.  
 $\hat{u}$  = Efek rata-rata yang sebenarnya  
 $A_i$  = Efek sebenarnya pada taraf ke- $i$  faktor lokasi tempat tumbuh  
 $B_j$  = Efek sebenarnya pada taraf ke- $j$  faktor tingkat pertumbuhan  
 $AB_{ij}$  = Efek interaksi antara taraf ke- $i$  faktor lokasi tempat tumbuh dengan taraf ke- $j$  tingkat pertumbuhan.  
 $\epsilon_{k(ij)}$  = Kesalahan percobaan

Apabila berpengaruh nyata, maka uji F dilanjutkan dengan uji beda nyata jujur dengan rumus, yaitu :

$$HSD = Q(p, v) \times S \quad (\text{Hanafiah, 1993})$$

Keterangan :

HSD = *Honestly Significant Difference* ;

$Q(p, v)$  = Nilai dari Tabel HSD ;

$S$  = Galat Baku Percobaan, diperoleh

melalui rumus :

$$S\bar{y} = \sqrt{KRG : \text{Ulangan}}$$

Keterangan :

KRG = Kuadrat Rataan Galat

Tabel 1. Pengujian statistika untuk berat jenis kayu gelam

Faktor A (2 level/kategori lokasi tempat tumbuh)	Faktor B (4 level/Tingkat pertumbuhan)
Lokasi 1	semai/ <i>seedling</i> (T < 1,5m)
Lokasi 2	pancang/ <i>sapling</i> (T > 1,5m - Ø < 10cm)
	tiang/ <i>pole</i> (Ø 10 - < 20cm)
	pohon/ <i>tree</i> (Ø > 20cm)

Keterangan : T = Tinggi Pohon (m) ; Ø = Diameter batang (cm)

Tabel 2. Analisis variasi untuk berat jenis kayu gelam

Sumber Variasi (SV)	Derajat bebas (db)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F Hitung	F Tabel
Pelakuan					
A	a-1	JK A	JK A/db A	KR A/KR G	ns, *, **
B	b-1	JK B	JK B/db B	KR B/KR G	
AB	(a-1)(b-1)	JK AB	JK AB/db AB	KR AB/KR G	
Galat	ab(r-1)	JK G	JK G/db G		
Total	abr - 1	JK T			

Keterangan :

ns = Non signifikan pada taraf 5 % (Jika F Hitung < F Tabel).

\* = Signifikan pada taraf 5 % (Jika F Hitung > F Tabel).

\*\* = Sangat signifikan pada taraf 1 % (Jika F Hitung > F Tabel).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Berat Jenis Batang Gelam

Berat jenis (kering udara dan kering tanur) berdasarkan interaksi faktor

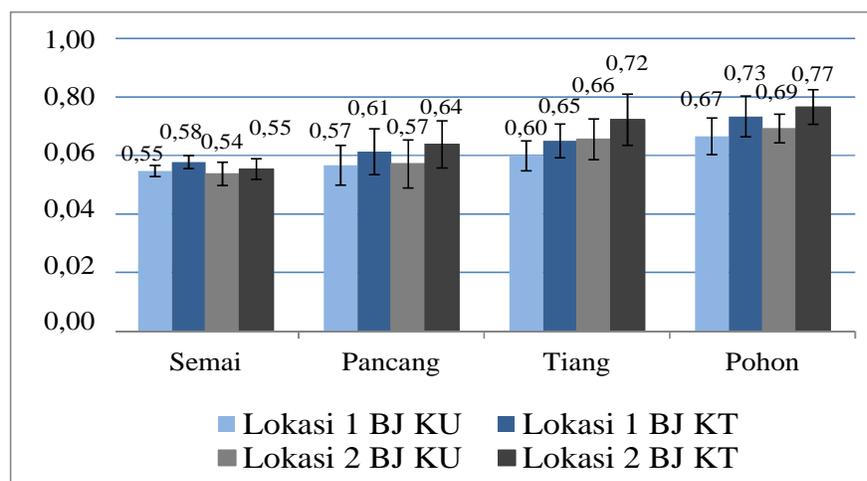
tersebut menunjukkan bahwa interaksi faktor A dan faktor B tidak berpengaruh signifikan. Tabel 4 menunjukkan berat jenis batang gelam (kondisi kering udara dan kering tanur) berdasarkan lokasi tempat

Tabel 3. Analisis varian berat jenis kayu gelam

Sumber Variasi	Berat Jenis Kering Udara F-Hitung	Berat Jenis Kering Tanur F-Hitung
A	25,87**	30,25**
B	66,58**	78,89**
AB	2,00ns	2,29ns

Keterangan :

Analisis data menggunakan SAS 8 ; A = Faktor A (Lokasi tempat tumbuh) ; B = Faktor B (Tingkat Pertumbuhan) ; AB = Interaksi faktor A dan faktor B ; Sig. 0,01 = Sangat signifikan (\*\*); Sig. > 0,01 0,05 = Signifikan (\*) ; Sig. > 0,05 = Tidak signifikan (ns).



Keterangan: BJ: kering tanur, KU: kering udara, KT: kering tanur

Gambar 1. Berat jenis berdasarkan interaksi faktor lokasi tempat tumbuh dan faktor tingkat pertumbuhan

A (lokasi tempat tumbuh) dan faktor B (tingkat pertumbuhan) berpengaruh tidak signifikan seperti pada Tabel 3. Tabel

tumbuh pada lokasi 2 > lokasi 1. Berat jenis batang gelam (kondisi kering udara dan kering tanur) berdasarkan tingkat

pertumbuhan pada lokasi 1 dan lokasi 2 menunjukkan pola yang sama, yaitu tingkat pohon > tiang > pancang > semai (Tabel 4).

Nilai rata-rata berat jenis batang gelam (kering tanur) dari interaksi kedua lokasi dan keempat tingkat pertumbuhan berkisar antara 0,55 – 0,77 termasuk berat jenis sedang (Anonim, 2008). Hal ini dipertegas oleh Prawirohatmodjo (2012) bahwa berat jenis batang gelam (kering tanur) dari interaksi kedua lokasi dan keempat tingkat pertumbuhan tersebut termasuk kayu dengan berat sedang. Klasifikasi berat jenis menurut Seng (1990) bahwa nilai rata-rata berat jenis (kering tanur) batang gelam berdasarkan lokasi tempat tumbuh termasuk kelas III (baik). Berat jenis berdasarkan tingkat pertumbuhan bahwa tingkat semai dan pancang termasuk kelas II (sedang), sedangkan tingkat tiang dan pohon termasuk kelas III (baik).

Perbedaan berat jenis antara kedua lokasi dan tingkat pertumbuhan tersebut disebabkan perbedaan zat penyusun dinding sel. Prawirohatmodjo (2012) menjelaskan bahwa kayu terdiri atas sel-sel dengan dinding selnya terdiri atas zat kayu. Hal ini kembali ditegaskan oleh Prawirohatmodjo (1999) menjelaskan bahwa berat jenis memiliki variasi tidak hanya antar pohon,

bahkan juga dalam satu pohon. Haygreen dan Bowyer (1989) menjelaskan bahwa variasi berat jenis kayu dipengaruhi oleh banyak faktor, seperti tempat tumbuh, iklim, lokasi geografis, dan spesies. Faktor-faktor yang berhubungan dengan tempat seperti kelembaban, tersedianya cahaya matahari, zat makanan, angin, suhu, tinggi tempat, dan tipe tanah. Faktor-faktor yang mempengaruhi sangat banyak sehingga terjadi dalam kombinasi yang rumit dan kompleksnya interaksi diantara faktor-faktor tersebut.

Data rata-rata berat jenis berdasarkan tingkat pertumbuhan sesuai hasil penelitian Sabarnurdin dkk (2004) bahwa pola pertumbuhan diameter mahoni dipengaruhi umur tanaman, semakin tua tanaman semakin besar pula diameternya. Hasil penelitian Basri dan Wahyudi (2013) pada kayu jati plus berumur 5, 7, dan 9 tahun bahwa diameter, tinggi pohon, dan berat jenis semakin meningkat dengan bertambahnya umur kayu jati plus. Faktor lain diduga menyebabkan perbedaan berat jenis gelam berdasarkan faktor B (tingkat pertumbuhan) adalah dinding sel, kandungan zat ekstraktif dan keberadaan kayu gubal dan kayu teras. Hal ini sesuai

hasil penelitian Basri (2011) dan Basri dan Wahyudi (2013) bahwa kayu dari tegakan muda memiliki dinding sel lebih tipis dengan diameter lumen yang lebih besar dibandingkan tegakan tua.

Prawirohatmodjo (2012) menjelaskan bahwa berat jenis kayu bergantung pada (1) besarnya sel, (2) tebal dinding sel, dan (3) hubungan antara jumlah sel yang bermacam-macam itu dari segi (1) dan (2) Sel-sel serabut paling penting pengaruhnya pada berat jenis kayu, sebab penampang melintangnya yang kecil hanya membutuhkan ruang yang sempit untuk menempatkan jumlah sel yang besar. Jika sel-sel serabut ber dinding tebal dan berongga sempit, maka jumlah rongga udara akan kecil dan berat jenis akan besar.

Sebaliknya jika sel-sel serabut ber dinding tipis dan berongga besar, maka berat jenis akan rendah. Senft dkk (1986) menjelaskan bahwa kayu dari tegakan muda memiliki kandungan ekstraktif lebih rendah dibandingkan tegakan tua. Hal ini juga dinyatakan oleh Darwis dkk (2005) bahwa kayu teras memiliki warna yang lebih gelap dari kayu gubal karena adanya kandungan zat ekstraktif. Pandit (1996) menyatakan bahwa semakin tua suatu pohon, maka persentase kayu teras yang terbentuk juga semakin besar. Hal ini dipertegas hasil penelitian Darwis dkk (2005) bahwa persentase kayu teras dan kayu gubal menunjukkan hasil yang berlawanan dengan penambahan umur pohon. Hasil penelitian bahwa persentase kayu teras semakin besar dengan semakin bertambahnya umur jati.

Tabel 4. Rata-rata berat jenis (kering udara dan kering tanur) kayu gelam berdasarkan faktor A dan faktor B

Faktor A		Lokasi 1		Lokasi 2
BJ KU		0,63		0,66
BJ KT		0,68		0,73
Ulangan		147		178
Faktor B	Semai	Pancang	Tiang	Pohon
BJ KU	0,54	0,57	0,66	0,69
BJ KT	0,55	0,63	0,72	0,77
Ulangan	12	18	51	97

Berat jenis kering udara rata-rata batang gelam berdasarkan interaksi kedua faktor berkisar antara 0,54 – 0,69 dan berat jenis kering tanur rata-rata batang gelam berkisar antara 0,55 – 0,77 (Gambar 35). Kisaran rata-rata berat jenis kering tanur batang gelam interaksi kedua faktor sama dengan hasil penelitian Prasojo dkk (2011), bahwa berat jenis rata-rata kering tanur jati adalah 0,65, akasia adalah 0,60 dan mahoni adalah 0,55 dan Martawijaya dkk (1981) bahwa berat jenis kayu sungkai rata-rata 0,64 dan ramin rata-rata 0,63. Kisaran rata-rata berat jenis kering tanur batang gelam interaksi kedua faktor lebih besar dari berat jenis agatis sebesar 0,47-0,48 dan geronggang sebesar 0,47, namun lebih kecil dari bangkirai sebesar 0,91 (Martawijaya dkk, 1981) dan ulin sebesar 1,04 (Martawijaya dkk, 1989).

Kisaran rata-rata berat jenis kering tanur batang gelam dari interaksi kedua faktor (Gambar 1) menurut Panshin dan Zeeuw (1980) termasuk kelas berat jenis > 0,50 (berat). Klasifikasi menurut Seng (1990) masuk dalam kisaran kelas IV (sedang ; berat jenis >0,45 – 0,60) - kelas II (amat baik ; > 0,75 – 0,90). Berat jenis kering tanur batang gelam berkisar dari

berat jenis sedang > 0,40 - 0,75 sampai berat jenis tinggi 0,75 (Anonim, 2008). Kisaran berat jenis kering tanur batang gelam berdasarkan Prawirohatmodjo (2012) termasuk kayu dengan berat sedang.

Hipotesis penelitian yang dikemukakan di atas bahwa faktor tingkat pertumbuhan menyebabkan adanya perbedaan berat jenis pada gelam dapat diterima. Tingkat pohon menghasilkan berat jenis paling tinggi. Hal ini dapat dibuktikan dari data penelitian yang diperoleh bahwa tingkat pohon menghasilkan berat jenis paling tinggi dibandingkan dengan berat jenis tingkat tiang, pancang dan semai. Tingkat pohon memiliki diameter pohon lebih besar dari tingkat tiang, pancang dan semai. Data ini sesuai dengan pernyataan Seng (1990) dan Basri dan Wahyudi (2013) bahwa faktor yang mempengaruhi terjadinya variasi berat jenis kayu, yaitu diameter pohon. Semakin besar diameter pohon, maka semakin besar pula berat jenis kayu tersebut.

## KESIMPULAN

1. Berat jenis batang gelam (kondisi kering udara dan kering tanur) berdasarkan

- lokasi tempat tumbuh pada lokasi 2 > lokasi 1.
2. Berat jenis batang gelam (kondisi kering udara dan kering tanur) berdasarkan tingkat pertumbuhan pada lokasi 1 dan lokasi 2 menunjukkan pola yang sama, yaitu tingkat pohon > tiang > pancang > semai.
  3. Berat jenis batang gelam terbaik berdasarkan interaksi kedua faktor adalah lokasi 2 dan tingkat pohon (0,77). Interaksi faktor A (lokasi tempat tumbuh) dan faktor B (tingkat pertumbuhan) berkisar 0,55 – 0,77 termasuk berat jenis kategori sedang.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2007. Penyusunan Rencana Rehabilitasi Hutan dan Lahan 5 (Lima) Tahun Areal Eks PLG Di Wilayah Kerja BPDAS Kahayan (Tahun 2008-2012). Laporan Akhir (Final) – BUKU SATU BPDAS KAHAYAN. Palangka Raya : 107-115.
- Anonim. 2008. Identifikasi Kayu : Ciri Mikroskopis untuk Identifikasi Kayu Daun Lebar. Badan Penelitian dan Kehutanan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan : 9.
- Basri, E. 2011. Kualitas Kayu Waru Gunung (*Hibiscus macrophyllus* Roxb.) pada Tiga Kelompok Umur Pohon dan Sifat Densifikasinya untuk Bahan Mebel. Tesis. Fakultas Kehutanan. Universitas Gadjah Mada.
- Basri, E. dan I. Wahyudi. 2013. Sifat Dasar Kayu Jati Plus Perhutani dari berbagai Umur dan Kaitannya dengan Sifat dan Kualitas Pengeringan. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* 3 (2) : 93-102.
- Darwis, A., R. Hartono dan S.S. Hidayat. 2005. Presentase Kayu Teras dan Kayu Gubal serta Penentuan Kayu Juvenil dan Kayu Dewasa pada Lima Kelas Umur Jati (*Tectona grandis* L.f.). *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis* 3 (1) : 6-8.
- Hanafiah, K.A. 1993. Rancangan Percobaan Teori dan Aplikasi. PT. Raja Grafindo Persada. Jakarta : 50-60.
- Haygreen, J.G. dan T.L. Bowyer. 1989. *Forest Product and Wood Science, an Introduction.* (Terjemahan Dr. Ir. Sutjipto A.H. ) Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Martawijaya, A., I. Kartasujana, Y.I. Mandang dan K. Kadir. 1981. Atlas Kayu Indonesia Jilid I. Departemen Kehutanan. Balai Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. Bogor.
- Martawijaya, A., I. Kartasujana, Y.I. Mandang, S.A. Prawira dan K. Kadir. 1989. Atlas Kayu Indonesia Jilid I. Departemen Kehutanan. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. Bogor.
- Matsuzawa, Y., Mae, K., Hasegawa, I., Suzuki, K., Fujiyoshi, H., Ito, M. and Ayabe, M. 2007. Characterization of Carbonized Municipal Waste as Substitute for Coal Fuel. *Fuel* 86 :264-272.
- Pandit, I.K.N. 1996. Anatomi, Pertumbuhan dan Kualitas Kayu. Bidang Studi Ilmu Pengetahuan Kehutanan. Program Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

- Panshin, A.J. and Carl de Zeeuw. 1980. Text Book of Wood Technology Structure, Identification, Properties, and Used of the Commercial Woods of the United States and Canada. Fourth Edition. Mc Graw Hill Book Company. New York : 212-214.
- Prasojo, A., Joko Sulistyono dan Tomy Listyanto. 2011. Konduktivitas Panas Empat Jenis Kayu dalam Kondisi Kadar Air yang Berbeda. Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Peneliti Kayu Indonesia (MAPEKI) XIV. Yogyakarta 2 November 2011. Masyarakat Peneliti Kayu Indonesia : 97 – 101.
- Prawirohatmodjo, S. 1999. Struktur dan Sifat-Sifat Kayu. Teknologi Hasil Hutan. Fakultas Kehutanan. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Prawirohatmodjo, S. 2012. Sifat-Sifat Fisika Kayu. Cakrawala Media.
- Rachmanady, D., D. Lazuardi dan A.P. Tampubolon. 2003. Teknik Persemaian dan Informasi Benih Gelam. Pusat Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan. Yogyakarta : 3-4.
- Sabarnurdin, M.S., P. Suryanto dan W.B. Aryono. 2004. Dinamika Pohon Mahoni (*Swietenia macrophylla* King) pada Agroforestry Pola Lorong (*Alley Cropping*). Ilmu Pertanian 11 (1) : 63 – 73.
- Senft, J.F., M.J. Quanci and B.A. Bendsen. 1986. Property Profile of 60-year Old Douglas-fir. Proceeding of a Cooperative Technical Workshop of Juvenil Wood. Forest Product Research Society. Madison, USA.
- Seng, O.J. 1990. Berat Jenis dari Jenis-Jenis Kayu Indonesia dan Pengertian Beratnya Kayu untuk Keperluan Praktek. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan. Bogor. Indonesia : 12-18.
- Soerianegara, I. dan A. Indrawan. 2005. Ekologi Hutan Indonesia. Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor. Bogor : 32-33.
- Sudjana. 1985. Disain dan Analisis Eksperimen. Tarsito Bandung : 91-105.
- Yokayama, S., Y. Matsumura, S. Ando, K. Shakanishi, H. Sano, T. Minowa, H. Yamamoto, dan T. Yoshioka. 2008. The Asia Biomass Handbook “A Guide for Biomass Production and Utilization”. The Japan Institute of Energy.