

**SIFAT ANATOMI DAN SIFAT FISIKA KAYU MINDI (*Melia azedarach* Linn)
DARI HUTAN RAKYAT DI YOGYAKARTA****HARRY PRAPTOYO***

Jurusan Teknologi Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan UGM, Yogyakarta

ABSTRACT

Information about mindi wood characteristics is very limited while utilisation of this wood on our society is very extensive. Better knowledge on anatomical and physical wood properties of mindi wood optimizes its utilization. Therefore, this study aims to identify anatomical (macroscopic and microscopic) and physical (moisture content, specific gravity and dimensional changes) wood properties of mindi taken from community forests around Yogyakarta. The macroscopic structural characteristics results showed that annual ring appeared clearly at transversal surface, having single vessel, vasicentric and diffuse parenchyma, rough texture, straight fiber direction, and no resin canal. Cell proportion of wood showed that fibers occupy more than 44%, followed by vessel (20%), parenchyma (19%) and rays (15%). Wood fiber dimension showed fiber length of 0.83 mm, fiber diameter of 14.57 μ , and cell wall thickness of 2.50 μ . Physical wood properties showed that mindi has 31% moisture content and 0.416 of basic specific gravity. Wood shrinkage from green to kilndry on longitudinal was 3.94 %, tangensial 5.74 %, and radial 2.60 %, with T/R ratio 2.38. Based on T/R ratio value, mindi wood is not recommended for wood construction due to its low dimensional stability. Furthermore, mindi wood also has high longitudinal wood shrinkage and low specific gravity indicating juvenility.

Keywords: *Mindi wood, wood characteristics, anatomical properties, physical properties.*

*Alamat korespondensi: E-mail: harpa_05@yahoo.com, telp. 0816-4226-646

PENDAHULUAN

Kayu mindi (*Melia azedarach* Linn) merupakan salah satu jenis tanaman berkayu yang banyak ditanam di hutan rakyat di wilayah Yogyakarta. Hal ini karena pohon mindi termasuk salah satu tanaman yang mudah tumbuh di dalam berbagai kondisi tanah. Daerah penyebaran tanaman ini menyebar di seluruh Pulau Jawa, Bali, Nusa Tenggara Barat dan Nusa Tenggara Timur. Menurut Martawijaya (1989) tanaman mindi bahkan mampu tumbuh pada tanah tertier, seperti tanah liat, tanah berbatu, berpasir vulkanis. Juga mampu tumbuh di bukit-bukit rendah sampai ketinggian 1.000 m dpl. Tinggi pohon bisa mencapai 40 m dengan panjang bebas cabang 20 m.

Diameter bisa sampai 185 cm, tidak berbanir. Kulit luar berwarna merah coklat sampai kelabu hitam, beralur dangkal sampai dalam, mengelupas kecil-kecil sampai kepingan besar.

Di masyarakat penggunaan kayu mindi sudah meluas, diantaranya digunakan untuk berupa perabot rumah tangga, kusen, gelagar, perahu, papan dan bangunan di bawah atap, untuk panil-panil kayu, dan juga untuk beberapa sortimen kayu pertukangan baik ringan maupun berat serta untuk bahan baku industri mebel dan furnitur (Martawijaya, 1989). Sampai saat ini sifat-sifat kayu mindi yang berasal dari hutan rakyat di Yogyakarta belum banyak diteliti. Hutan rakyat disini adalah pohon-pohon yang ditanam di

pekarangan rumah penduduk yang tersebar merata di wilayah Yogyakarta. Penelitian ini mengambil sampel kayu dari toko kayu yang ada di Yogyakarta dalam bentuk sortimen kayu gergajian. Berdasarkan informasi dari pemilik toko, bahwa kayu tersebut diperoleh dari penduduk sekitar. Untuk mengetahui bagaimana kualitas kayu mindi gergajian yang dipasarkan di toko-toko kayu tersebut maka perlu dilakukan penelitian mengenai struktur anatomi beserta sifat fisika kayu mindi tersebut.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui ciri struktur kayu mindi baik ciri struktur makroskopis maupun struktur mikroskopisnya. Selain itu penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui sifat fisika kayu mindi seperti kadar air, berat jenis dan perubahan dimensi pada arah longitudinal, radial dan tangensial.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai sifat dan struktur kayu mindi yang terdapat di pasaran sehingga para pembeli/pengguna kayu tidak keliru dalam memilih kayu dan dapat menggunakannya dengan tepat sesuai dengan sifat-sifat yang dimiliki.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Laboratorium Struktur dan Sifat Kayu, Teknologi Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada antara bulan Juni-Oktober 2008. Bahan-bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah kayu mindi dengan ukuran 5 x 7 x 200 cm, yang dibeli dari toko kayu di Yogyakarta (berasal dari hutan rakyat sekitar), umur pohon tidak diketahui, ulangan sebanyak 3 buah, alkohol (C_2H_5OH), perhidrol (H_2O_2), safranin, silol (C_5H_{10}), canada balsam, air suling dan asam asetat glacial. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah gergaji, pisau potong, loupe, mikrotom,

kaca/gelas preparat, pipet, pisau potong (*cutter*), labu ukur, timbangan digital, oven, desikator, kaliper, tabung reaksi, kaca preparat, pinset, kompor pemanas, kotak preparat, mikroskop fluorescence tipe BX 51 dengan program *Image Pro Plus V 4.5*.

Langkah penelitian

1. Pembuatan preparat untuk pengamatan makroskopis dengan membuat contoh uji yaitu potongan kayu dengan ukuran 2 x 6 x 10 cm.
2. Pembuatan preparat untuk dimensi serat kayu dengan membuat contoh uji berbentuk stik berukuran 1 x 1 x 20 mm.
3. Pembuatan preparat untuk proporsi sel kayu dengan terlebih dahulu menyiapkan contoh uji berupa potongan kayu dengan ukuran 1 x 1 x 1 cm. Potongan kayu tersebut kemudian diiris dengan mikrotom pada penampang melintang dan tangensialnya dengan ketebalan 10 - 20 mikron.
4. Pembuatan contoh uji untuk sifat fisika kayu sesuai dengan *British Standard* nomor 373 tahun 1957 dengan ukuran sebagai berikut: kadar air dan berat jenis 2 x 2 x 2 cm, perubahan dimensi 2 x 2 x 4 cm.

Pengukuran

1. Proporsi sel, diukur berdasarkan perbandingan luas tipe sel dengan sistem *dot grid* yang telah baku yaitu titik-titik dalam jarak yang sama dalam luasan tertentu.
2. Dimensi serat : Panjang Serat, diukur dari preparat dimensi serat. Pengukuran panjang serat dilakukan dengan menggunakan *software* program *Image Pro Plus V 4.5*. Serat yang diukur adalah serat yang utuh, tidak putus atau patah. Diameter serat, diameter lumen dan tebal dinding diukur secara langsung dengan menggunakan program *Image Pro Plus V 4.5*.

3. Kadar air kayu, diukur dengan menimbang berat awal (B_o) contoh uji untuk kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu $103 \pm 2^\circ\text{C}$ selama 12 jam, dan ke dalam desikator selama 10-15 menit. Pengovenan diulangi lagi dengan waktu yang lebih singkat (setiap 2 jam) sampai dicapai berat yang telah konstan yang dinyatakan sebagai berat kering tanur (B_{kt}). Kadar air kayu tersebut dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$KA = \frac{B_o - B_{kt}}{B_{kt}} \times 100\%$$

4. Berat jenis kayu, diukur menggunakan metode *British Standard* nomor 373 tahun 1957. Contoh uji dalam keadaan segar setelah ditimbang beratnya kemudian ditentukan volumenya dengan metode timbangan. Volume kayu dinyatakan berdasar skala penunjuk berat yang tertera setelah pencelupan (VB). Penentuan berat jenis berdasarkan volume basah contoh uji dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Berat Jenis} = \frac{K_k}{K_{bs}}, \text{Kerapatan Kayu} = \frac{B_{kt}}{V_k}$$

dimana:

K_k = Kerapatan kayu (g/cm^3)

K_{bs} = Kerapatan benda standar (air pada suhu 4°C) (g/cm^3)

B_{kt} = Berat kering tanur (g)

V_k = Volume kayu (cm^3)

5. Penyusutan dan pengembangan kayu, diukur dengan metode *British Standard* nomor 373 tahun 1957, yaitu dengan mengukur dimensi contoh uji pada tiga arah utama (longitudinal, tangensial dan radial) pada keadaan basah, kering udara dan kering tanur. Dimensi contoh uji diukur dengan menggunakan kaliper pada tiga arah utama pada garis-garis penandaan (D_{st}), dikeringudarkan dan kemudian diukur (D_{ku}), selanjutnya di-

rendam dalam air selama kurang lebih empat hari sehingga diperoleh berat dan dimensi basah (D_b). Setelah itu contoh uji dikeringkan dalam tanur pengering pada suhu $103 \pm 2^\circ\text{C}$ hingga mencapai berat konstan (B_{kt}), kemudian ditimbang dan diukur dimensinya (D_{kt}), perubahan dimensi menggunakan rumus:

$$\text{Penyusutan (\%)} = \frac{D_{st} - D_{kt}}{D_{st}} \times 100\%$$

$$\text{Pengembangan (\%)} = \frac{D_{st} - D_{kt}}{D_{kt}} \times 100\%$$

D_{st} = dimensi contoh uji pada arah longitudinal, tangensial dan radial dalam keadaan basah (cm).

D_{kt} = dimensi contoh uji pada arah longitudinal, tangensial dan radial dalam keadaan kering udara atau kering tanur (cm).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat anatomi kayu

Berdasarkan hasil pengamatan diperoleh data sifat makroskopis ciri struktur kayu mindi disajikan pada Tabel 1, sedangkan data sifat fisik kayu mindi yang diperoleh dari hasil pengamatan disajikan pada Tabel 2.

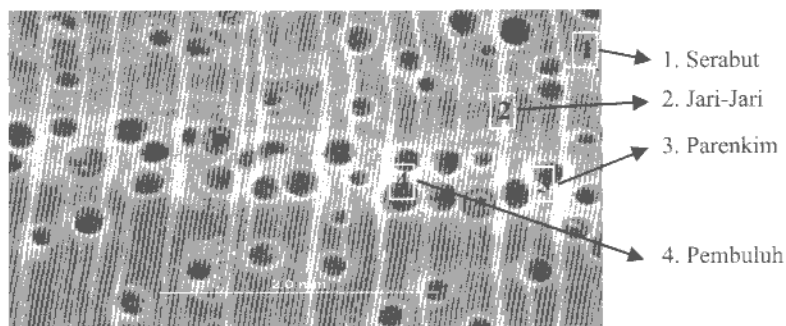
Kayu mindi memiliki lingkaran tahun. Lingkaran tahun ini terbentuk karena terdapat perbedaan warna yang jelas antara kayu awal dan kayu akhir. Penyebaran pembuluhnya tunggal dan ada sebagian ganda radial dan tidak ada isinya. Hal ini sesuai dengan pernyataan Martawijaya (1989) bahwa penyebaran pembuluh kayu mindi tunggal dan sebagian ganda radial. Parenkimnya merupakan parenkim marginal, vasisentrik dan diffus. Jari-jari kayu nampak pada bidang transversal, radial dan tangensial.

Tabel 1. Ciri struktur kayu mindi

Lingkaran tahun	Pembuluh		Parenkim	Jari-jari kayu			Tekstur	Serat	Saluran damar
	Penyebaran	Isi		Nampak/tdk (x1,r)	Dua ukuran/tdk	Bertingkat/tdk			
Ada	Tunggal, ganda radial	Tdk	Marginal, Vasisentrik, Diffus	Nampak	Tdk	Tdk	Kasar	Lurus	Tdk

Tabel 2. Sifat fisik kayu mindi

Warna	Bau	Berat	Keras	Kilap	Kesan raba
Coklat muda	Khas	Sedang	Sedang	Kilap	Licin



Gambar 1. Penampang tangensial kayu mindi

Pada penampang tangensial tidak terlihat dua ukuran jari-jari dan tidak bertingkat (Gambar 1). Teksturnya kasar serta seratnya lurus serta tidak memiliki saluran damar. Sifat makroskopis untuk sifat fisik kayu mindi (Tabel 2) yaitu berwarna coklat muda, tidak mempunyai bau khas, termasuk berat sedang, kerasnya sedang, kilap dan memiliki kesan raba licin. Sifat mikroskopis kayu mindi ditampilkan pada Tabel 3 (dimensi serat) dan Tabel 4 (proporsi sel).

Kayu mindi memiliki panjang serat rata-rata 0,83 mm, diameter serat 14,57 mikron, diameter lumen 9,56 mikron dan tebal dinding sel 2,50 mikron. Berbeda dengan yang dinyatakan oleh Martawijaya (1989) yang menyebutkan dimensi serat kayu mindi memiliki panjang serat 1,32 mm, diameter serat 27 mikron, diameter lumen 21 mikron dengan tebal dinding sel 2,8 mikron. Sedangkan untuk proporsi selnya (Tabel 4) yaitu pembuluh rata-ratanya 20,52%, parenkim 19,25%, serabut 44,84% dan jari-

Tabel 3. Dimensi serat kayu mindi

Panjang serat (mm)	Diameter serat (micron)	Diameter lumen (micron)	Tebal dinding sel (micron)
0,83	14,57	9,56	2,50

Tabel 4. Proporsi sel kayu mindi

Pembuluh (%)	Parenkim (%)	Serabut (%)	Jari-jari (%)
20,52	19,25	44,84	15,38

jari 15,38%. Data tersebut sesuai dengan pernyataan Panshin dan De Zeew (1980) dan Prawirohatmodjo (1999) bahwa pembuluh kayu berkisar 6,5-55%. Sedangkan untuk parenkimnya lebih besar dari apa yang disebutkan yaitu 0-15%. Namun nilai proporsi parenkim ini sesuai dengan pernyataan Biermann (1996) bahwa kayu daun lebar memiliki proporsi parenkim 10-35%. Proporsi serabut untuk jenis-jenis kayu tersebut diatas sesuai dengan pernyataan Biermann (1996) bahwa proporsi serabut kayu daun lebar adalah 36-70%, juga sesuai dengan pernyataan Haygreen dan Bowyer (1996) yaitu 15-60%. Proporsi serabut berpengaruh pada kekuatan kayu karena memiliki dinding sel kayu yang paling tebal. Proporsi jari-jari telah sesuai bila dibandingkan dengan pernyataan Haygreen dan Bowyer (1996), dan Tsoumis (1991) bahwa proporsi sel parenkim jari-jari pada kayu daun lebar adalah sebesar 5-30%.

Sifat fisika kayu

Hasil pengamatan dan perhitungan kadar air dan berat jenis kayu mindi yang disajikan pada Tabel 5. Kadar air awal (setelah dibeli) kayu mindi rata-rata 31,89% dan kadar air kering udaranya 15,64%. Pengeringan dilakukan dengan meletakkan sampel kadar air di tempat terbuka sampai beratnya konstan. Besarnya kadar air kering udara kayu tersebut masuk dalam kisaran besarnya nilai kadar air kering udara kayu untuk iklim di Indonesia yaitu sebesar 12-20%. Nilai rata-rata berat jenis kayu mindi untuk BJ awal (BJ berdasarkan BKT dan volume awal pada saat kayu tersebut diperoleh/dibeli) sebesar 0,377 kemudian BJ kering udara 0,392, BJ basah 0,358 dan

Tabel 5. Kadar air dan BJ kayu mindi

Kondisi	KA (%)	BJ
Awal	31,89	0,377
KU	15,64	0,392
KT	-	0,416

BJ kering tanur 0,416. Berat jenis kering tanur kayu mindi bila dibandingkan dalam Martawijaya dkk. (1989) lebih kecil namun masuk dalam kisarannya yaitu BJ rata-rata 0,53 (0,42-0,65).

Martawijaya (1989) menyajikan nilai berat jenis kayu berdasarkan volume kering udara, yaitu pada suhu 15%. Berat jenis kayu mindi yang lebih kecil dari rata-rata berat jenis kayu mindi normal merupakan salah satu tanda yang menunjukkan bahwa kayu mindi yang dipakai sebagai sampel dalam penelitian ini merupakan kayu juvenil. Selain itu perbedaan tersebut juga bisa disebabkan oleh karena perbedaan tempat tumbuh, letak kayu dalam batang. Tempat tumbuh berkaitan dengan kesuburan tanah, dimana pohon yang tumbuh di daerah yang subur akan memiliki laju pertumbuhan lebih tinggi. Laju pertumbuhan yang tinggi umumnya akan menyebabkan kerapatan dan berat jenis kayunya menjadi lebih rendah. Hal ini karena hubungan kerapatan dengan laju pertumbuhan kayu umumnya memiliki hubungan yang terbalik. Artinya spesies-spesies dengan laju pertumbuhan yang lebih tinggi umumnya memiliki kerapatan kayu yang lebih rendah dibandingkan dengan spesies dengan laju pertumbuhan yang lebih rendah. Menurut Spurr dan Hsuing (1954) serta Goggans dalam Zobel dan van Buijtenen (1989), pertumbuhan kayu yang cepat menghasilkan berat jenis yang rendah.

Lebih lanjut Bendtsen dalam Zobel dan van Buijtenen (1989) juga menyatakan bahwa apabila berat jenis dari kayu yang tumbuh cepat dengan yang tumbuh lambat pada diameter yang sama dilakukan pengukuran, maka kayu yang pertumbuhannya lambat secara umum akan memiliki berat jenis yang lebih tinggi disebabkan oleh pola yang konsisten pada peningkatan kerapatan dari empulur ke kulit yang berhubungan dengan umur pohon. Demikian juga dengan letak kayu dalam batang. Bagian kayu

Table 6. Perubahan dimensi kayu mindi

Arah	Penyusutan		Pengembangan KT ke basah
	Awal ke KU	Awal ke KT	
Longitudinal	2,29	3,94	3,96
Tangensial	2,82	5,74	4,77
Radial	2,16	2,60	3,01
T/R	1,40	2,38	1,59

yang dekat hati umumnya memiliki berat jenis yang lebih rendah dibandingkan bagian kayu yang dekat kulit. Demikian juga bila dibandingkan dengan penelitian kayu mindi yang dilakukan oleh Sutapa (2004) yang menunjukkan rata-rata berat jenis kayu mindi berkisar antara 0,53. Hal ini berarti menunjukkan bahwa kayu mindi yang dijual di toko tersebut masih merupakan kayu juvenil karena memiliki nilai berat jenis yang lebih rendah dari nilai rata-ratanya yang berkisar antara 0,42-0,65.

Penyusutan dimensi longitudinal kayu mindi dari kondisi awal ke kondisi kering udara 2,29%, dari kondisi awal ke kondisi kering tanur 3,94%, sedangkan pengembangan dari kering tanur ke basah adalah 3,96% (Tabel 6). Dari data tersebut, diketahui bahwa nilai penyusutan longitudinalnya sangat besar, melebihi penyusutan kayu normal yang berkisar antara 0,1-0,2%. Hal ini menunjukkan bahwa kayu-kayu tersebut merupakan kayu juvenil. Prawirohatmodjo (2001) menyebutkan sifat kayu juvenil umumnya lebih rendah daripada kayu dewasa, maka kayu juvenil tidak baik untuk penggunaan sebagai kayu konstruksi karena penyusutan longitudinalnya tinggi. Penyusutan longitudinal kayu normal (kayu dewasa) mendekati 0 (nol)% yaitu berkisar antara 0,1 - 0,3%. Sehingga penyusutan longitudinal diatas 1% adalah sangat tinggi. Penyusutan dimensi tangensial dari awal ke kering udara 2,82%, dari awal ke kering tanur 5,74% dan pengembangan dari kering tanur ke basah 4,77%. Nilai ini masuk dalam kisaran 4,3-14% (Brown dkk, 1952). Penyusutan dimensi radial dari kondisi awal ke kering udara adalah 2,16, dari awal

ke kering tanur 2,60% dan pengembangan dari kering tanur ke basah 3,10%.

Menurut Sutapa (2004) penyusutan dimensi radial kayu mindi adalah 4,5%. Nilai dari hasil pengamatan menunjukkan nilai yang lebih rendah dari penelitian Sutapa (2004). Nilai ini juga masuk dalam kisaran yang disebutkan oleh Brown dkk (1952), bahwa penyusutan kayu daun berkisar 2,1-8,5%. Nilai T/R kayu mindi untuk penyusutan dari awal ke kering udara adalah 1,40, dari awal ke kering tanur 2,38 dan pengembangan dari kering tanur ke basah 1,59. Dari data tersebut diperoleh bahwa nilai T/R cukup besar, hal ini menunjukkan bahwa dimensi kayu mindi tersebut tidak stabil. Panshin dan de Zeeuw (1980) menyatakan bahwa stabilitas dimensi kayu baik jika rasio T/R rendah dan perubahan dimensi transversal rendah. Nilai rasio T/R kayu berkisar antara 1,2 sampai 2,8. Semakin kecil nilai rasio T/R (mendekati 1) maka kayu tersebut semakin stabil atau memiliki tingkat stabilitas dimensi yang semakin tinggi. Prawirohatmodjo (2001) menambahkan bahwa rasio T/R bersama dengan angka pengembangan merupakan alat untuk menilai stabilitas dimensi suatu kayu.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan sifat anatomi dan sifat fisika kayu mindi yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Kayu mindi memiliki lingkaran tahun yang jelas dikarenakan adanya parenkim marginal (inisial) dan perbedaan warna pada kayu awal dan kayu

- akhir. Susunan pori tata lingkaran tidak dijumpai pada kayu mindi.
2. Kayu mindi memiliki bentuk parenkim marginal, vasisentrik dan sebagian diffus, jari-jari hanya memiliki satu macam ukuran dan tidak bertingkat, tekstur kasar serta tidak memiliki saluran damar.
 3. Proporsi sel kayu mindi didominasi oleh sel serabut dengan persentase paling banyak (di atas 44%), diikuti Pembuluh (20%), sel parenkim (19%) dan jari-jari (15%).
 4. Serat kayu mindi termasuk kategori serat pendek karena hanya memiliki panjang 0,83 mm, sedangkan diameter serat 14,57 μ , diameter lumen 9,56 μ dan tebal dinding sel 2,50 μ .
 5. Kadar air awal kayu mindi berkisar 31% menunjukkan kayu mindi tersebut masih merupakan kayu basah. Berat jenis kayu mindi 0,37. Penyusutan radial 2,60%, tangensial 5,74% dan longitudinal 3,94%.
 6. Kayu mindi dalam penelitian ini merupakan kayu juvenil (muda) didasarkan dari berat jenis yang rendah (0,37) dan nilai penyusutan longitudinal yang besar (3,94%) bila dibandingkan dengan kayu dewasa dengan nilai penyusutan longitudinal hanya berkisar 0,1-0,3% sehingga kayu mindi dalam penelitian ini tidak baik bila digunakan untuk kayu konstruksi.
 7. Kayu mindi memiliki tingkat stabilitas dimensi rendah, hal ini ditunjukkan dengan nilai rasio T/R kayu mindi yang tinggi, yaitu 2,38.
- Brown HP, Panshin AJ & Forsaith CC. 1952. *Textbook of Wood Technology. Vol II. The Bonding and Finishing of Wood.* 185-208. New York. McGraw Hill Book Company Inc.
- Haygreen JG & Bowyer JL. 1996. *Hasil Hutan dan Ilmu Kayu, suatu pengantar.* Terjemahan Sutjipto, A.H. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta
- Martawijaya A, Kartasujana, Mandang YI, Prawira SA & Kadir K. 1989. *Atlas Kayu Indonesia Jilid II.* Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. Departemen Kehutanan Indonesia. Bogor.
- Panshin AJ, & Carl de Zeeuw. 1980. *Textbook of Wood Technology. Fourth Edition,* Mc Graw Hill Book Company. New York, USA.
- Prawirohatmodjo S. 1999. *Struktur dan Sifat-Sifat Kayu (Anatomi Kayu, Anatomi Kayu Daun, Anatomi Kayu Jarum).* Jilid III. Bagian Penerbitan Yayasan Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Prawirohatmodjo S. 2001. *Variabilitas Sifat-sifat Kayu.* Bagian Penerbitan Yayasan Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Spurr SH & Hsuing W. 1954. Growth Rate and Specific Gravity in Conifers. *Forest Product Journal.* Vol 55:191-200.
- Sutapa JPG. 2004. Penelitian Beberapa Sifat Fisika Kayu Mindi (*Melia azedarach L.*) dari Areal Agro-forestry Tradisional. *Prosiding Seminar Nasional VII Mapeki.* Makassar.
- Tsoumis G. 1991. *Science and Technology of Wood. Structure, Properties, Utilization.* Van Nostrand Reinhold. New York.
- Zobel BJ & van Buijtenen JP. 1989. *Wood variation: Its causes and control.* Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1957. *Methods of Testing Small Clear Specimens of Timber.* B.S. 373. British Standard. United Kingdom.
- Biermann CJ. 1996. *Handbook of Pulping and Papermaking.* Academic Press. San Diego. California.