

**Ultra-Struktur Kayu Tekan Damar (*Agathis lornanthifolia* Salisb.)
dalam Hubungannya dengan Sifat Fisis Kayu**
*Ultra Structure of Compression Wood of Agathis (*Agathis lornanthifolia* Salisb.)
and Its Relation to Physical Properties*

I Ketut Nuridja Pandit dan Istie Sekartining Rahayu

Abstract

Compression-wood is one of the abnormalities phenomena found in softwood's trunk. This abnormality has not been studied comprehensively yet as most of the research on normal trees. This research objective was to analyze ultra structure of *Agathis* compression wood cell walls and the relation to its physical properties. Wood samples were taken from compression wood in size of 0.5 cm x 0.5 cm x 3 cm. Ultra structure of cell walls characteristics were analyzed descriptively by using SEM image, while physical properties studied were green and air dried moisture content, density and specific gravity, and shrinkage. The results showed that the form of tracheid cells were changed cross sectionally; intercellular spaces occurred between round tracheid cells; the third layer of secondary cell wall (S3) of compression wood was not clearly distinct; and the angle orientation of microfibril increased along the longitudinal axis. The ultra structure differences led to different physical properties such as greater moisture content, density as well as shrinkage.

Key words: compression wood, ultra-structure, physical properties.

Pendahuluan

Kayu tekan (*compression-wood*) adalah kayu yang terbentuk akibat pertumbuhan pohon yang tidak lurus atau membentuk sudut terhadap sumbu pohon dan merupakan suatu bentuk abnormalitas pada batang pohon Kayu Daun Jarum (KDJ) yang disebabkan oleh pengaruh gravitasi bumi (Panshin dan de Zeeuw 1980; Haygreen dan Bowyer 1982; Tsoumis 1991; Bowyer *et.al.* 2003; Torges 2005). Kayu tekan berkembang sangat cepat dan mempunyai penyebaran yang sangat luas terutama pada jenis-jenis KDJ yang tumbuh cepat. Saat ini, kayu tekan banyak dijumpai pada hutan-hutan tanaman dari jenis-jenis KDJ seperti *Agathis sp.*, *Pinus sp.* dan *Podocarpus sp.* Kayu tekan dianggap cacat kayu karena kualitasnya lebih rendah atau berbeda dengan kayu normalnya (Kartal dan Stan 2000).

Proporsi kayu tekan dalam sebuah batang pohon dipengaruhi juga oleh kemiringan pertumbuhan pohonnya. Semakin besar sudut kemiringan pertumbuhan KDJ, maka semakin besar proporsi kayu tekannya. Seperti misalnya pada kayu *Pinus resinosa* dari hutan tanaman di New York yang mempunyai kecenderungan tumbuhnya miring 5° mengandung sekitar 5 ~ 40% kayu tekan, dan bila kemiringannya mencapai 10 ~ 40° akan mengandung sekitar 40 ~ 70% kayu tekan (Kartal dan Stan 2000).

Kayu Damar (*Agathis lornanthifolia* Salisb.) merupakan salah satu jenis KDJ yang tumbuh secara alami di Indonesia. Tanaman ini banyak dijumpai di daerah Sumatera Barat, Sumatera Utara, seluruh Kalimantan, Jawa, Sulawesi, Maluku dan Irian Jaya.

Kayu Damar ini memiliki berat jenis berkisar antara 0.36 ~ 0.64 (Martawijaya *et.al.* 1986) dan telah digunakan sebagai komponen alat musik, mebel, pulp dan kertas, serta bahan baku industri pesawat ringan (Surjokusumo 1992). Namun demikian, pemanfaatan kayu Damar belum memisahkan bagian kayu normal dan kayu tekannya, sehingga penelitian tentang ultrastruktur kayu tekan kayu Damar perlu dilakukan untuk mengetahui perbedaan struktur anatominya dan pengaruhnya terhadap sifat fisisnya.

Sifat makroskopik kayu tekan sangat berbeda dengan sifat kayu normalnya dan adanya cacat kayu tekan banyak menimbulkan kerugian. Disamping itu penelitian ultra-struktur kayu tekan masih jarang dilakukan terutama di Indonesia. Oleh karena itu penelitian ultra-struktur kayu tekan Damar hubungannya dengan sifat fisik kayu perlu dilakukan.

Pendekatan awal untuk merumuskan permasalahan ini terutama didasarkan atas potensi yang besar dari cacat kayu tekan. Cacat kayu tekan banyak terjadi pada tegakan hutan tanaman cepat tumbuh (*fast growing species*) yang dikembangkan sebagai jenis hutan tanaman industri di tanah air. Sifat makroskopik kayu tekan sangat berbeda dengan sifat kayu normalnya, sehingga diduga ultra-struktur dinding selnya juga akan berbeda dengan bagian kayu normalnya. Perubahan dalam bentuk dan dimensi sel-sel penyusun kayu tekan, akan menyebabkan adanya perubahan sifat fisik kayunya (Haygreen dan Bowyer 1982; Bowyer *et.al.* 2003). Sedangkan pertimbangan pemilihan kayu Damar sebagai objek dalam penelitian ini adalah karena kayu Damar merupakan salah satu jenis asli yang tumbuh di

Indonesia. Pertama kali herbariumnya dikumpulkan oleh Dr. Buwalda, sedangkan nama *Agathis loranthifolia* Salisb. diberikan oleh Salisbury (Anonim 1971). Selain itu pohon Damar diketahui mempunyai sistem perakaran yang kuat karena mempunyai akar jangkar yang dalam sehingga batangnya tidak mudah roboh (Anonim 1971). Bentuk tajuknya simetris indah sehingga cocok dikembangkan untuk ditanam sebagai hutan kota. Sifat-sifat kayu Damar yang normal sangat baik untuk bahan baku industri alat musik seperti piano, industri meubel, pulp dan kertas, bahkan menurut Surjokusumo (1992) kayu Damar sangat baik untuk bahan baku industri pesawat terbang ringan.

Penelitian ini bertujuan untuk: (1) memperoleh bukti tentang besarnya persentase cacat kayu tekan yang terjadi pada tegakan hutan tanaman Damar di lokasi penelitian, (2) memperoleh informasi tentang perubahan ultra-struktur dinding sel kayu tekannya dibandingkan dengan bagian kayu normalnya, (3) membuat analisis karakteristik ultra-struktur dinding sel kayu tekannya, serta (4) membuat kajian hubungan antara ultra-struktur dinding sel kayu tekan dengan beberapa sifat fisik kayunya.

Bahan Dan Metode

Bahan dan Alat

Kayu Damar (*Agathis loranthifolia* Salisb.) sebagai bahan dalam penelitian ini diambil dari batang utama tegakan hutan tanaman berumur sekitar 40 tahun dari hutan pendidikan Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor (IPB) di Gunung Walat Sukabumi dengan kemiringan lahan antara 5 ~ 35°. Selain bahan berupa kayu, dalam penelitian ini juga dibutuhkan beberapa bahan kimia untuk membantu dalam proses pembuatan preparat sebagai bahan observasi seperti: alkohol dari berbagai konsentrasi, *xylene*, *safranin* 2% *canada balsam*, *silica gel* dan emas 18 karat (K).

Dalam pelaksanaan penelitian ini selain diperlukan beberapa alat yang dipakai untuk mengambil contoh uji kayu di lapangan, juga dibutuhkan alat-alat penelitian di laboratorium antara lain:

1. *Sliding Microtome American Opt.* untuk membantu dalam pembuatan sayatan tipis sebagai bahan preparat penelitian.
2. *Scanning Electron Microscope (SEM) type JEOL 520*, untuk membantu observasi ultra-struktur dinding sel kayu tekan.
3. Beberapa alat seperti *oven*, timbangan dan *caliper* untuk penelitian sifat fisik kayu dipakai.

Metode Pembuatan Contoh

Tegakan hutan tanaman Damar yang sudah ditentukan lokasinya dibuat petak contoh penelitian berukuran 40 m x 25 m. Seluruh batang dalam petak dihitung jumlahnya, diukur diameter batang setinggi

dada (dbh) dan sudut kemiringannya. Selanjutnya, hasil pengukuran disusun dalam tabel dan dibuat klasifikasi cacat kayu tekan yang terjadi. Batang pohon yang tumbuh miring sampai dengan 10° dikelompokkan dalam cacat kayu tekan ringan (*mild compression wood*), dan yang membentuk sudut kemiringan di atas 10° dikelompokkan dalam kayu tekan berat (*severe compression wood*). Masing-masing dua batang pohon yang mengalami kayu tekan ringan dan berat, serta satu batang pohon yang tumbuhnya normal dipilih secara acak untuk ditebang sebagai bahan penelitian. Bagian batang yang miring dipotong menjadi lempengan setebal sekitar 10 ~ 15 cm untuk dibawa ke laboratorium. Penampang melintangnya dihaluskan untuk memudahkan pengamatan dan dihitung persentase luas permukaan kayu tekannya.

Bahan untuk observasi ultra-struktur dinding sel diambil dari contoh kayu tekan yang telah ditentukan. Contoh kayu berukuran 0.5 cm x 0.5 cm x 3 cm sebelumnya dilunakkan dan kemudian disayat setebal sekitar 40 ~ 50 mikron dengan *sliding microtome*. Selanjutnya sayatan didehidrasi dengan alkohol bertingkat dan terakhir dengan *xylene*, kemudian disimpan dalam tempat yang sudah diisi *silica gel* (Pandit 2006). Sebelum observasi, sayatan diletakkan di atas *specimen holder* dan kemudian dilapisi emas 18 K setebal sekitar 300A (1 mikron = 10.000 angstrom).

Analisis karakteristik ultra-struktur dinding sel kayu tekan dilakukan dengan *discription analysis* yaitu melihat ultra-struktur yang objektif dan tetap konstan pada setiap contoh yang diamati. Karakter ini kemudian ditetapkan sebagai sifat yang karakteristik.

Ukuran contoh uji sifat fisik yang dipergunakan adalah 5 cm x 5 cm x 5 cm, terdiri dari kayu tekan ringan dan kayu tekan berat serta kayu normalnya. Sifat fisis yang dianalisis adalah kadar air basah, kadar air kering udara, berat jenis, kerapatan kering udara, penyusutan longitudinal, tangensial dan radial.

Hasil dan Pembahasan

Ultra-Struktur Kayu Tekan Damar

Tegakan hutan tanaman Damar di hutan pendidikan Fakultas Kehutanan IPB Gunung Walat yang mengalami cacat kayu tekan ringan (*mild compression wood*) rata-rata sebesar 18.25% dan mengalami cacat kayu tekan berat rata-rata (*severe compression wood*) sebesar 8.15%.

Perubahan ultra-struktur dinding sel kayu Damar selama transisi dari kayu normal menjadi kayu tekan terutama dicirikan oleh: (1) adanya perubahan bentuk penampang melintang sel-sel trakeida yang bentuknya persegi pada kayu normal, berubah menjadi bulat-bulat; (2) penampang melintang sel-sel trakeida kayu tekan yang bulat, menyebabkan kontak tiga atau empat sel-sel

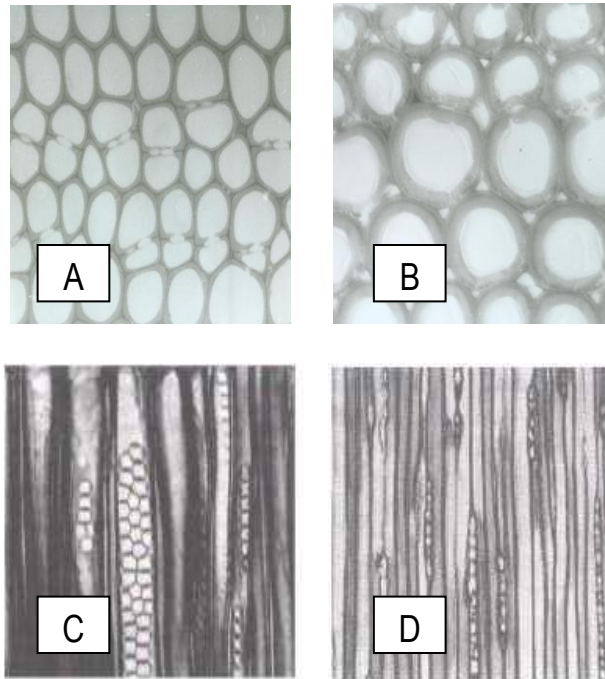


Figure 1 A. Cross section of tracheid cells of normal wood of *Agathis*, has a rectangular form.
 B. Cross section of tracheid cells of *Agathis* compression wood, has a round form and has intracellular space.
 C. Bordered pits alternate distribution on radial wall of tracheid cells of *Agathis*.
 D. Ray cells orientation (*uniseriate*) on tangential wall of tracheid cells of *Agathis*.

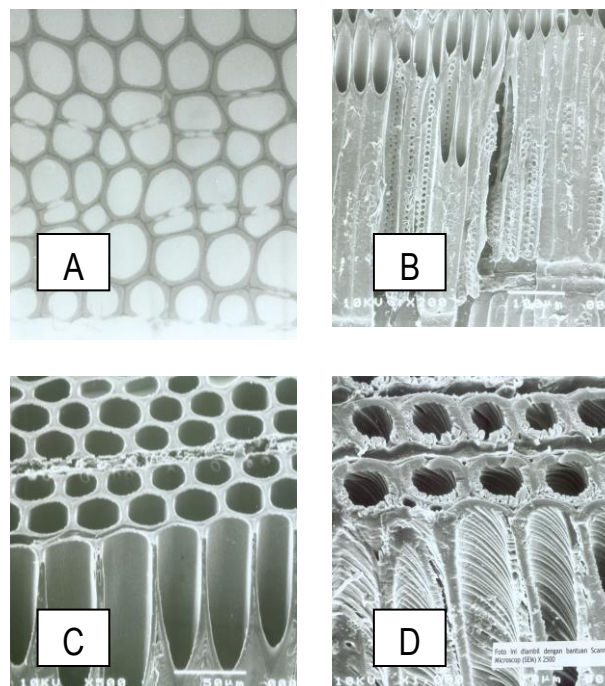


Figure 2 A. Bordered pits of *Agathis* (cross section).
 B. Bordered pits of *Agathis* (radial).
 C. Ultra-structure of normal wood of *Agathis* (cross section and radial).
 D. Ultra-structure of compression wood of *Agathis* (cross section and radial).

trakeida menimbulkan adanya ruang-ruang antar sel (*intercellular spaces*); (3) adanya perubahan ultra-struktur dinding sekunder (S) dengan hilangnya lapisan dinding sekunder S3; (4) adanya modifikasi ultra-struktur dinding sekunder S2, yaitu orientasi sudut mikrofibril (*Microfibril Angle* = MFA) bertambah besar terhadap sumbu panjang sel. Perubahan ultra-struktur dinding sel kayu Damar dari formasi normal ke formasi kayu tekan secara nyata dapat dilihat seperti pada Gambar 1A dan 1B. Perubahan ultra-struktur dinding sekunder S2 dari formasi kayu normal ke formasi kayu tekan dicirikan oleh adanya peningkatan derajat MFA pada lapisan dinding sekunder S2. Orientasi MFA dinding sekunder S2 makin menjauhi sumbu panjang sel dan membentuk sudut sekitar 40 ~ 45°.

Sifat Fisis Kayu Tekan

Hasil analisis sifat fisis adalah sebagai berikut :

1. Kadar air (MC) basah dan kering udara pada kayu tekan cenderung lebih tinggi daripada kayu normalnya pada suhu dan kelembaban yang sama.

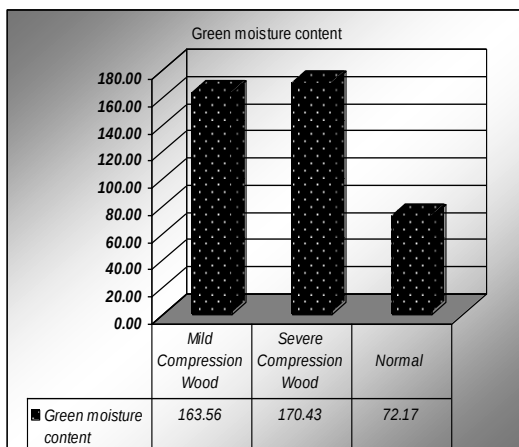


Fig 3. Histogram of green MC (%) of compression

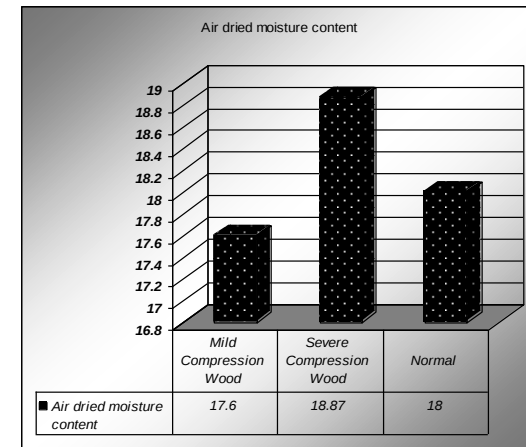


Fig 4. Histogram of air-dried MC (%) of compression

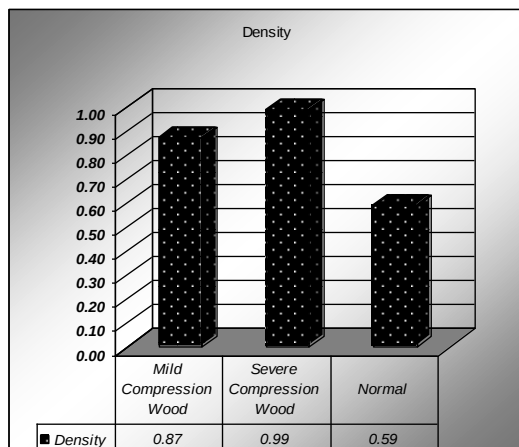


Fig 5. Comparison of density (g/cm³) between compression

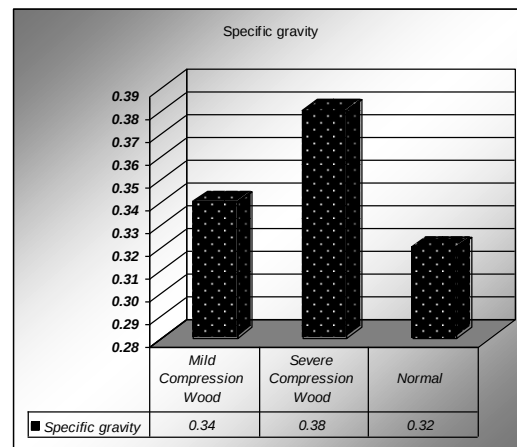


Fig 6. Comparison of SG between compression wood and normal wood.

Hal ini dapat dilihat pada Gambar 3 dan 4. Kadar air kering udara dan kadar air basah cenderung lebih tinggi daripada kayu normalnya diduga karena adanya ruang antar sel trakeida pada kayu tekan memiliki potensi yang besar untuk mengikat air.

2. Kerapatan kering udara (*density*) serta berat jenis (SG) kayu tekan cenderung lebih tinggi daripada kayu normal, hal ini disebabkan karena tebal dinding sel kayu tekan yang lebih besar jika dibandingkan dengan kayu normal. Ketebalan dinding tersebut menyebabkan zat kayu yang terkandung di dalamnya lebih besar 1/3 kali daripada kayu normal; seperti terlihat pada Gambar 5 dan 6.
3. Penyusutan longitudinal kayu tekan lebih tinggi (1.71% untuk kayu tekan ringan; 2.06% untuk kayu tekan berat) daripada kayu normal (1.20%). Sebaliknya penyusutan ke arah radial dan tangensial lebih rendah daripada kayu normal; seperti terlihat pada Gambar 7.

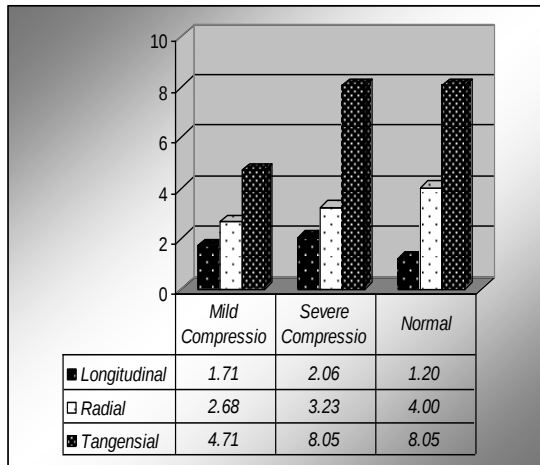


Fig 7. Comparison of shrinkage (%) between compression wood and normal wood.

Penyusutan longitudinal yang besar diduga karena sudut mikrofibril yang besar, seperti apa yang dinyatakan Panshin dan de Zeeuw (1980), Bowyer *et.al.* (2003) dan Donaldson *et.al.* (2004). Di samping itu sudut mikrofibril yang besar akan menyebabkan sifat kekakuan (*stiffness*) kayu sebagai bahan juga menjadi berkurang (Andersson *et.al.* 2000)

Hubungan Ultra-struktur Kayu Tekan dengan Sifat Fisisnya

Hasil observasi dengan SEM juga menunjukkan bahwa dinding sel-sel trakeida axial kayu Damar penuh dengan noktah berbatas (*bordered pits*), susunannya berseling (*alternate*) seperti pada Gambar 1C. Penyebaran noktah berbatas pada dinding sel-sel trakeida nyata terlihat lebih banyak tersebar pada dinding radial dibanding dinding tangensialnya.

Penyebaran noktah berbatas lebih banyak terdapat pada dinding radial sel-sel trakeida axial, menyebabkan jumlah bahan dinding sel pada bidang radial menjadi lebih kecil dibanding dinding tangensialnya.

Fakta objektif ini dapat menjelaskan bahwa ada tiga alasan penyusutan kayu arah radial selalu lebih kecil dibanding penyusutan arah tangensial sbb: (1) adanya struktur jari-jari kayu pada arah radial yang dapat berfungsi sebagai tahanan; (2) penyebaran noktah berbatas lebih banyak terdapat pada bidang radial; (3) sudut mikrofibril lebih besar pada dinding radial dibanding dinding tangensial. Hal-hal tersebut dapat dijadikan dasar untuk menjelaskan penyusutan kayu arah radial selalu lebih kecil dibanding penyusutan arah tangensialnya. Panshin dan de Zeeuw (1980) menyatakan: "For normal wood the dimensional changes, as indicated by shrinkage data from the green to the oven dry condition, amount to only 0.1 to 0.3 percent in the longitudinal direction. In the radial direction, the shrinkage from the fiber saturation point to

the air-dry condition is from 2 to 3 percent. In the tangential direction shrinkage to the air-dry condition is about twice as great in the radial direction".

Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Besarnya persentase cacat kayu tekan pada tegakan Damar di lokasi penelitian adalah untuk cacat kayu tekan ringan (*mild compression wood*) rata-rata 18.25% dan cacat kayu tekan berat (*severe compression wood*) rata-rata sebesar 8.15%.
2. Karakteristik ultra-struktur dinding sel-sel kayu tekan pada Damar terutama dicirikan oleh: penampang melintang sel-sel trakeida menjadi bulat; adanya *intercellular space*; dinding sekunder S3 tereduksi; dan MFA membentuk sudut sekitar 40 ~ 45° terhadap sumbu panjang sel.
3. Kadar air basah serta kadar air kering udara kayu tekan cenderung lebih tinggi daripada kayu normal, kadar air titik jenuh serat (TJS) cenderung lebih rendah (44.67% untuk kayu tekan ringan; 28.28% untuk kayu tekan berat) daripada kayu normal yang hanya sebesar 47.21%. Kerapatan serta berat jenis kayu tekan cenderung lebih tinggi daripada kayu normal. Penyusutan longitudinal kayu tekan lebih tinggi (1.71% untuk kayu tekan ringan; 2.06% untuk kayu tekan berat) daripada kayu normal (1.20%). Sebaliknya penyusutan ke arah radial dan tangensial lebih rendah daripada kayu normal.
4. Ada hubungan antara ultra-struktur dinding sel kayu tekan dengan sifat fisik kayunya; struktur kayu tekan menyebabkan penyusutan ke arah longitudinal menjadi bertambah besar.

Saran

Dari hasil penelitian ini saran yang dapat diberikan antara lain sebaiknya dilakukan penelitian lanjutan tentang kandungan kimia serta mekanis kayu tekan.

Daftar Pustaka

- Andersson, S.; S. Ritva; T. Mika; P. Timo; S. Pekka; P. Erkki. 2000. Microfibril Angle of Norway Spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) Compression Wood: Comparison of Measuring Techniques. *Journal Wood Science* 46: 343-349.
- Anonim. 1971. Pedomani Penanaman Damar (*Agathis loranthifolia* Salisb.) Team Reboisasi LPH Direktorat Reboisasi dan Rehabilitasi LPH Bogor. Penerbitan No.7.

- Bowyer, J.L.; R. Shmulsky; J.G. Haygreen. 2003. *Forest Products and Wood Science: An Introduction*. Fourth Edition. Iowa State Press. A Blackwell Publishing Comp.
- Donaldson, L.A.; G. Jenny; M.D. Geoft. 2004. Within-Tree Variation in Anatomical Properties of Compression Wood in Radiata Pine. *IAWA Journal*, Vol. 25 (3): 2253-271.
- Haygreen, J.G. and J.L. Bowyer. 1982. *Forest Product and Wood Science: An Introduction*. The Iowa State University Press. Ames Iowa.
- Kartal, S.N. and L. Stan. 2000. Effect of Compression Wood on Leaching of Chromium, Copper, and Arsenic from CCA-C Treated Red-pine (*Pinus resinosa*). IRG/WP 00-30232. pp.1-8.
- Martawijaya, A.I.; K. Kartasujana; Kadir; S.A. Prawira. 1986. *Atlas Kayu Indonesia Jilid I. Penelitian dan Pengembangan Departemen Kehutanan*.
- Pandit, I.K.N. 2006. *Penuntun Praktikum Anatomi dan Identifikasi Kayu*. Departemen Hasil Hutan. Institut Pertanian Bogor.
- Panshin, A.J. and de Zeeuw. 1980. *Textbook of Wood Tecxhnology*. Third Edition. McGraw-Hill Book Company. New York, Toronto, London.
- Surjokusumo, S. 1992. Studi Mengenai Persyaratan Kayu Sebagai Bahan Konstruksi Pesawat Terbang. Fakultas Kehutanan IPB. p: 15-36.
- Torges, D. 2005. Reaction wood. <http://www.bowyersedge.com/reaction.html>.
- Tsoumis, G. 1991. *Science and Technology of Wood Structure, Properties, Utilization*. Van Nostrand Reinhold. New York.

Makalah masuk (*received*) : 17 Januari 2007
 Diterima (*accepted*) : 24 Januari 2007
 Revisi terakhir (*final revision*) : 07 Mei 2007

I. Ketut Nuridja Pandit dan Istie Sekartining Rahayu
 Staf Pengajar Departemen Hasil Hutan
 (*Lectures of Forest Product Department*)
 Fakultas Kehutanan - Intitut Pertanian Bogor
 (*Faculty of Forestry - Bogor Agricultural University*)
 Darmaga - Bogor
 E-mail : istiesr@yahoo.com