

Karakteristik Struktur Anatomi Kayu Kuku (*Pericopsis mooniana* Thwaiters)

The Anatomical Characteristics of Pericopsis mooniana Thwaiters

I Ketut N. Pandit

Abstract

The objective of this research is to observe the anatomical characteristics of *Pericopsis mooniana* Thw. *Pericopsis* consists of 5 species and *Pericopsis mooniana* Thw is one of those 5 species, which is developed and planted in PT. INHUTANI UNIT II South Kalimantan since 1987. Two various permanent slides were prepared for microscopic study. The Schultze method was used for preparing maceration slides and staining sections with safranin for microtom slides.

The result showed that macroscopic characteristics of heartwood was yellowish-brown when fresh, turning to brown, dark brown or dark golden brown upon exposure, usually with irregular darker streaks. Texture fine to moderately coarse, ripple marks distinct. Microscopic characteristics of growth rings if discernible were marked by marginal, interrupted parenchyma bands and or slight difference in vessel diameter. Vessel diffuse at 8-13/mm², usually solitary and in radial multiples of 2-3, 115-118 µm in tangential diameter. Fibers 1.0-1.3 mm long, thick-walled approximately 5.0 µm. Parenchyma winged aliform to confluent, connecting a few vessels, apotracheally diffuse in aggregates. Rays 2-3 seriate 234-238 µm high, homocellular. *Pericopsis mooniana* Thw. timber is very attractive hardwood, it has decorative use and used for cabinetwork, furniture and face veneer.

Key words: anatomical characteristics, macroscopic, ripple mark, microscopic.

Pendahuluan

Kayu merupakan produk organisme hidup, oleh karena itu kayu mempunyai sifat-sifat alami yang sangat unik dan setiap jenis kayu mempunyai penampilan yang karakteristik. Sifat-sifat kayu yang unik itu *inherent* dalam struktur anatomi sel-sel penyusunnya (Bodig dan Jayne 1982; Haygreen dan Bowyer 1986).

PT. Inhutani II merupakan salah satu Badan Usaha Milik Negara yang mengelola hutan di propinsi Kalimantan Selatan. Dalam melaksanakan pengelolaan hutan PT. Inhutani II Kalimantan Selatan juga mengembangkan program Hutan Tanaman Industri untuk mengurangi tekanan terhadap hutan alam sebagai sumber bahan baku.

Kayu Kuku (*Pericopsis mooniana* Thw.) merupakan salah satu jenis yang dikembangkan oleh PT. Inhutani II Kalimantan Selatan. Kayu Kuku merupakan salah satu jenis yang memiliki nilai ekonomis tinggi. Dalam rangka untuk mengembangkan kayu Kuku maka PT. Inhutani II Kalimantan Selatan khususnya Sub Unit Hutan Tanaman Semaras mencoba membuat tegakan kayu Kuku yang ditanam pada tahun 1987. Tegakan kayu Kuku tersebut memiliki jarak tanam 3 m x 3 m. Bibit kayu Kuku yang ditanam berasal dari Pulau Laut. Rataan diameter kayu Kuku yang tumbuh di hutan tanaman tersebut adalah 12.7 cm dan tinggi rataannya adalah 9.7 m.

Untuk mengetahui sifat dasar dan kualitas kayu Kuku dari hutan tanaman maka dilakukan penelitian mengenai sifat anatomi kayu Kuku. Sifat anatomi kayu

Kuku yang diteliti meliputi sifat makroskopis dan sifat mikroskopisnya. Sifat makroskopis meliputi warna kayu teras dan kayu gubal, tekstur kayu dan riap tumbuh. Sifat mikroskopisnya yang diamati meliputi pori, parenkim jari-jari, parenkim aksial dan sel serabut.

Hasil penelitian struktur anatomi kayu Kuku (*Pericopsis mooniana* Thw.) diharapkan dapat (1) menentukan karakteristik kayu Kuku sebagai dasar identifikasi jenis kayu tersebut; dan (2) menentukan sifat dasar (anatomi) kayu Kuku dengan harapan hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar penentuan pemanfaatan kayu sesuai sifatnya.

Bahan dan Metode

Bahan dan Alat

Kayu Kuku diambil dari Hutan Tanaman Industri Sub Unit Hutan Tanaman Semaras PT. Inhutani II Kalimantan Selatan. Contoh uji diambil dari 3 pohon yang tumbuh normal berupa lempengan (*disk*) setebal 10 cm dari bagian pangkal (1 m dari permukaan tanah). Untuk keperluan pembuatan preperat maserasi dan preperat mikrotom digunakan bahan kimia asam asetat glasial, hidrogen peroksida, aquadestilata, alkohol, safranin, xylol dan canada balsam.

Alat-alat yang dibutuhkan dalam pembuatan contoh uji adalah gergaji, mistar, kertas label dan alat tulis. Pembuatan slide maserasi dan slide mikrotom diperlukan *sliding* mikrotom (*American Optical*), alat pemanas dan wadah, tabung reaksi, cawan petri, pipet, kertas saring, *object glass*, *slide warmer*. Dalam

pengamatan mikroskopis diperlukan *loupe* dengan perbesaran 10x dan juga standar warna. Untuk pengamatan mikroskopis, alat-alat yang dibutuhkan adalah mikroskop dan guna keperluan dokumentasi digunakan mikroskop foto dan film Kodak, ASA 200.

Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kayu Solid Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor dan Laboratorium Pusat Studi Pemuliaan Tanaman Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor selama dua bulan yaitu dari bulan Agustus hingga Oktober 2002.

Penelitian

Pembuatan contoh uji: Dari setiap lempengan dibuat potongan berukuran 2 x 2 x 3 cm pada bagian kayu teras, kayu gubal dan peralihan teras gubal masing-masing sebanyak dua buah. Guna keperluan pembuatan slide mikrotom, dibuat potongan kayu dengan ukuran 1 x 1 x 5 cm dan untuk pembuatan slide maserasi dibuat contoh uji berukuran sebesar tangkai korek api (Pandit 1994).

Pengamatan makroskopis: Pengamatan makroskopis dilakukan pada lempengan (*disk*) setebal 10 cm. Sifat makroskopis yang diamati meliputi warna kayu, presentase kayu teras, tekstur dan riap tumbuh.

Persentase kayu teras: Persentase kayu teras dapat diketahui dengan metode "milimeter blok" dengan rumus sebagai berikut :

$$Pkt(\%) = \frac{Lkt}{Lpb} \times 100\%$$

dimana :

Pkt = Persentase kayu teras (%)

Lkt = Luas penampang melintang kayu teras (mm²)

Lpb = Luas penampang melintang batang (mm²)

Pengamatan mikroskopis: Pengamatan sifat-sifat mikroskopis kayu dilakukan dengan bantuan mikroskop terhadap slide mikrotom dan slide maserasi yang dibuat dengan metode *Forest Product Laboratory* (FLP). Sifat

mikroskopis yang diamati meliputi pembuluh, parenkim jari-jari, parenkim aksial dan sel serabut. Pengukuran dimensi fiber masing-masing sel dilakukan sebanyak 30 kali pengukuran.

Analisa Data

Penentuan karakteristik kayu Kuku dalam penelitian ini ditentukan berdasarkan deskriptif *research*. Metode ini dilakukan dengan mengamati sifat anatomi yang terdapat pada semua contoh uji. Apabila sifat tersebut terdapat pada setiap contoh uji secara konstan dan permanen, maka disebut karakteristik. Karakteristik kayu merupakan suatu sifat yang objektif dan secara konstan terdapat pada semua bagian kayu tersebut.

Hasil dan Pembahasan

Sifat Makroskopis

Kayu Teras dan Kayu Gubal: Hasil pengamatan terhadap ketiga lempengan kayu Kuku yang diteliti menunjukkan adanya perbedaan warna yang jelas antara bagian kayu teras dengan kayu gubal. Bagian kayu teras berwarna coklat-ungu kehitaman dan kayu gubalnya berwarna coklat muda. Persentase kayu teras rata-rata adalah 30%. Persentase kayu teras pada kayu Kuku yang berasal dari Hutan Tanaman Industri Sub Unit Hutan tanaman Semaras PT. Inhutani II Kalimantan Selatan masih terlalu kecil. Kayu masak tebang dan baik untuk furnitur adalah kayu yang telah memiliki persentase 75-80%. (Pandit 2002). Hasil pengamatan terhadap kayu teras dan kayu gubal secara terperinci dapat dilihat pada Tabel 1.

Tekstur: Tekstur kayu adalah kesan permukaan kayu yang ditunjukkan oleh besar-kecilnya diameter sel-sel penyusunnya (Panshin *et al.* 1980; Haygreen dan Bowyer 1986). Hasil pengukuran terhadap diameter tangensial pori adalah 116.7 µm. Menurut klasifikasi Den Berger (1926) dalam Martawijaya *et al.* (1981), ukuran pori tersebut termasuk dalam kelas agak kecil dan oleh karena itu kayu Kuku dapat dinyatakan memiliki tekstur halus, sesuai dengan penelitian Mandang dan Pandit (1997).

Table 1. Observation results of heartwood and sapwood of *Pericopsis mooniana* Thw.

Wood sample	Percentage of heartwood (%)	Color of heartwood	Color of sapwood
1	30.90	Dark golden brown	Light yellowish brown
2	30.15	Dark golden brown	Light yellowish brown
3	29.78	Dark golden brown	Light yellowish brown

Table 2. Measurement results of pores.

No.	Pores Element	Value
1.	Tangential diameter of pores	115.7-117.6 μm^*)
2.	Number of pores per mm^2	7-8

*) Results of average range measurement.

Table 3. Measurement results of wood rays.

No.	Rays Element	Value
1	Rays height	234.0-237.9 μm^*)
2	Rays width	29.6-30.4 μm^*)
3	Number of rays per mm on tangensial direction	6-7 per mm

*) Results of average range measurement.

Table 4. Measurement results of fibers element.

No.	Fibers Element	Value
1.	Fibers length	1142.6-1255.2 μm^*)
2.	Lumina Diameter	7.4-8.6 μm^*)
3.	Fiber wall thickness	4.9-5.1 μm

*) Results of average range measurement.

Riap tumbuh: Dari pengamatan pada bidang melintang kayu Kuku terlihat adanya garis-garis lingkaran tumbuh namun tidak begitu jelas sehingga dapat dikatakan bahwa riap tumbuh kayu Kuku kurang jelas. Diameter rata-rata kayu Kuku yang ditanam tahun 1987 (berumur 15 tahun) adalah 12.7 cm dengan persentase kayu teras 30%.

Sifat Mikroskopis

Pori: Pori atau pembuluh yang terlihat pada penampang lintang berbentuk bulat sampai oval. Pola penyebaran pori merata atau tata baur (*diffuse porous*) yaitu pori tersebar merata pada bidang lintang kelihatan seperti lubang-lubang dengan diameter yang hampir sama. Susunan porinya soliter dan bergabung radial terdiri 2-3 pori. Hasil pengukuran pori kayu Kuku secara terperinci disajikan pada Tabel 2.

Menurut klasifikasi Den Berger (1926) *dalam* Martawijaya *et al.* (1981) kayu Kuku memiliki jumlah pori agak jarang (6-10 per mm^2) dan ukuran pori agak kecil (100-200 μm). Susunan pori soliter dan bergabung karena memiliki jumlah pori soliter tiga kali jumlah pori bergabung.

Parenkim:

Parenkim jari-jari: Jari-jari kayu Kuku berupa jari-jari uniseriet, biseriet, dan multiseriet. Komposisi jari-jari heteroseluler terdiri dari sebagian besar sel baring tetapi ada sel tegak yang berbentuk seperti kubus. Hasil pengukuran jari-jari selengkapnya terdapat pada Tabel 3.

Menurut klasifikasi Den Berger (1926) *dalam* Martawijaya *et al.* (1981) maka jari-jari kayu Kuku termasuk kelas sempit (15-20 μm) sampai agak sempit (30-50 μm), tingginya luar biasa pendek dan jumlah jari-jari termasuk agak jarang (6-7 per mm).

Jari-jari pada penampang tangensial terlihat memiliki susunan yang teratur dan khas yang terlihat seperti rumah susun. Susunan jari-jari yang khas inilah menyebabkan kayu Kuku memiliki corak atau figur yang menarik dan menyebabkan kayu Kuku termasuk ke dalam golongan *fancy wood*. Kesan kerinyut (*Ripple-mark*) yang terdapat pada kayu Kuku ini merupakan sifat karakteristik dari kayu Kuku (Gambar 1).

Parenkim aksial: Dilihat dari penampang lintangnya, kayu Kuku memiliki parenkim bertipe paratrakea dimana sel-sel parenkim terletak bersinggungan dengan pembuluh. Parenkim paratrakea yang dimiliki kayu Kuku berbentuk sayap (*aliform*) sampai *confluent*. Hasil perhitungan terhadap proporsi parenkim aksial sebagai sel penyusun kayu adalah 23 %. Bentuk parenkim sayap pada kayu Kuku dapat dilihat pada Gambar 2.

Sel Serabut:

Kayu Kuku termasuk jenis kayu yang mempunyai panjang sel serabut sedang (900-1600 μm) dengan dinding sel yang tebal (Tabel 4)

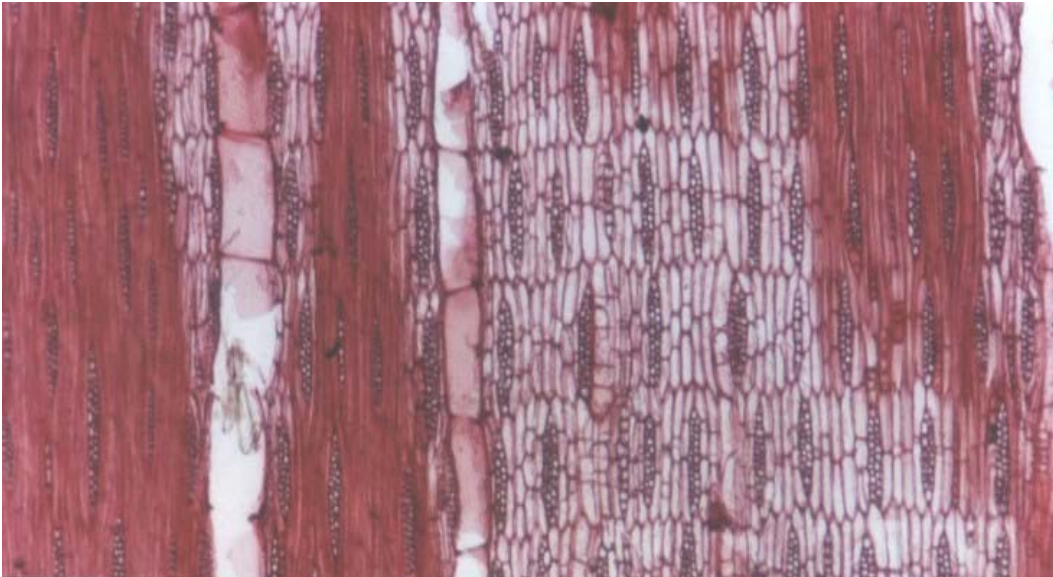


Figure 1. Ripplemark in *Pericopsis mooniana* Thw (Tx40).

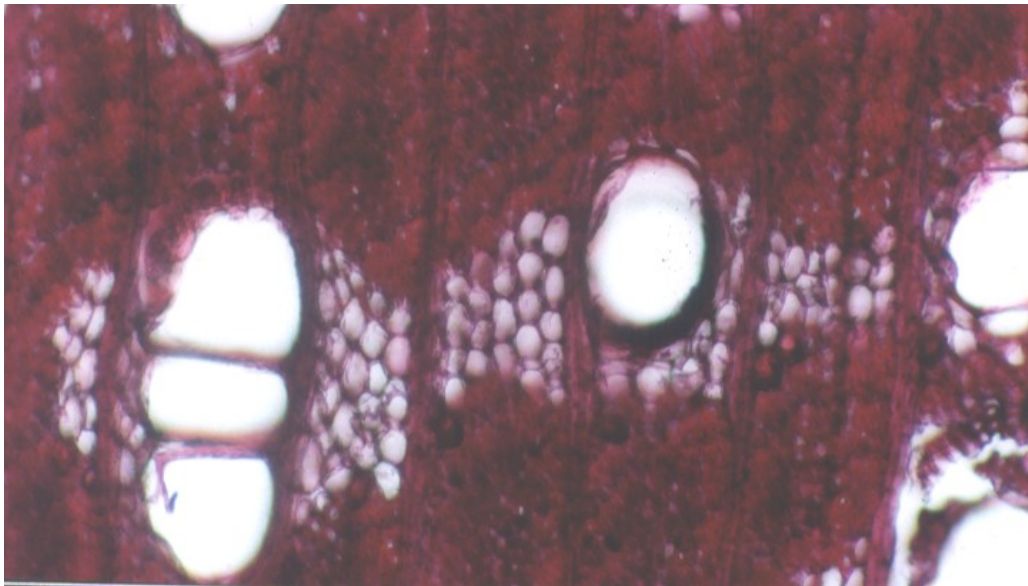


Figure 2. Parenchyma distribution of *Pericopsis mooniana* Thw. (Tx40).

Kesimpulan

Dari penelitian struktur anatomi kayu Kuku (*Pericopsis mooniana* Thw.) dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu:

1. Susunan jari-jari pada bidang tangensial yang teratur dan khas yang terlihat seperti rumah susun merupakan karakteristik yang mempunyai nilai tinggi dari kayu Kuku yang dapat dijadikan dasar identifikasi, disamping sifat anatomi lainnya.
2. Dilihat dari sifat anatomi kayu Kuku maka kayu tersebut cocok digunakan sebagai bahan baku venir, mebel, dan barang kerajinan.

Saran

Kayu Kuku memiliki sifat dekoratif menarik karena memiliki corak yang indah pada bidang tangensialnya, oleh karena itu kayu Kuku cocok untuk tujuan dekoratif terutama papan tangensial (*flat sawn*).

Daftar Pustaka

- Bodig, J. and B.A. Jayne. 1982. *Mechanics of Wood and Wood Composites*. Van Nostrand Reinhold Company. New York, Toronto, London, Melbourne.
- Haygreen, J.G. dan J.L. Bowyer. 1986. *Hasil Hutan dan Ilmu Kayu*. (terjemahan). Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Mandang, Y. I dan I.K.N. Pandit. 1997. *Seri Manual : Pedoman Identifikasi Kayu di Lapangan*. PROSEA Network Office. Bogor.
- Martawijaya, A.; I. Kartasujana; Y.I. Mandang; S.A. Prawira dan K. Kadir. 1981. *Atlas Kayu Indonesia*. Jilid I. Balai Penelitian Hasil Hutan. Bogor.
- Pandit, I.K.N. 1994. *Penuntun Praktikum Anatomi dan Identifikasi Kayu*. Jurusan Teknologi Hasil Hutan. Fakultas Kehutanan IPB. Bogor.
- Pandit, I.K.N. 2002. *Anatomi Kayu : Pengantar Sifat Kayu Sebagai Bahan Baku*. Yayasan Penerbit Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Panshin, A.J.; C. de Zeeuw and H.I. Brown. 1980. *Textbook of wood Technology*. Fourth Edition. Mc. Grow-Hill. Book Company. New York.

Diterima tanggal 17 Desember 2004

I Ketut N. Pandit

Departemen Teknologi Hasil Hutan - Fakultas Kehutanan – Intitut Pertanian Bogor
(*Department of Forest Product Technology – Faculty of Forestry – Bogor Agricultural University*)
Kampus IPB Darmaga, Kotakpos 168 Bogor 16001
Telp. (0251) 621285-422982;
Fax. (0251) 621285.
E-mail: ketutnpandit@yahoo.com

Presentase Kayu Teras dan Kayu Gubal serta Penentuan Kayu Juvenil dan Kayu Dewasa pada Lima Kelas Umur Jati (*Tectona grandis* L.f.)

*The Percentage of Heartwood and Sapwood and Determination of Juvenile and Mature Wood on Five Age-Class of Teak (*Tectona grandis* L.f.)*

Atmawi Darwis, Rudi Hartono dan Sansan Sarif Hidayat

Abstract

Teak wood is one of fancy woods with durability class I ~ II and strength class II and has very beautiful decorative value. The existence of heartwood has more value than sapwood, because of the color and its high natural durability. The high proportion of Teak heartwood will increase higher benefit and sale value (economic value). The existence of juvenile wood is generally less liked than mature wood because of its characteristics. However, determining juvenile wood is not as easy as determining heartwood from sapwood. One of the methods is to see the variation of fiber length from pith to bark.

The purposes of this research were to find out the percentage of heartwood and sapwood and also to know the time when juvenile wood becoming mature wood on five age-class of Teak (I - V).

The research results showed that during the increasing of teak age-class, the percentage of heartwood was also growing and on the contrary, the percentage of sapwood was decreasing. During the process of determining juvenile wood from mature wood, the result proved that on teak wood with the age-class I ~ II, the fiber length showed increment so that the process of forming into mature wood was not yet to be seen. While teak with the age-class III ~ V showed that the form of mature wood started to show up after the 11th or 12th annual increment.

Key words: teak, heartwood, sapwood, juvenile, fiber length

Pendahuluan

Luas hutan Jati di pulau Jawa adalah 1,979,407 ha atau sekitar 23.2% dari luas daratan yang ada. Perum Perhutani sebagai salah satu Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang bergerak dibidang pengelolaan hutan di pulau Jawa masih mengandalkan kayu Jati sebagai komoditas unggulan, karena mampu memberikan kontribusi yang besar, yaitu 75% dari total pendapatan Perum Perhutani (Duta Rimba 1998)

Kayu Jati termasuk kayu yang mewah dengan kelas awet I ~ II, kelas kuat II dan mempunyai nilai dekoratif yang indah dengan lingkaran tahun yang jelas, serta stabilisasi dimensinya yang baik, sehingga sesuai untuk keperluan bahan baku industri meubel, rangka pintu, jendela, panel pintu dan vinir indah (Mandang dan Pandit 1997)

Dalam bidang pemanfaatan kayu, bagian kayu teras mempunyai nilai lebih dibandingkan kayu gubal karena sifat warna dan keawetan alaminya yang tinggi. Kayu gubal tersusun atas sel-sel yang masih hidup dan terletak di sebelah dalam kambium dan berfungsi sebagai penyalur cairan dan juga sebagai tempat penimbun zat-zat makanan. Sedangkan kayu teras secara fisiologis tidak berfungsi lagi tetapi berfungsi untuk menunjang pohon secara mekanis (Haygreen dan Bowyer 1982). Kayu teras memiliki warna yang lebih gelap daripada kayu gubal karena adanya kandungan zat ekstraktif di dalamnya. Dalam pemanfaatan kayu Jati,

perbedaan sifat antara kedua bagian batang ini sangat mencolok sekali, sehingga dengan meningkatnya proporsi kayu teras akan meningkatkan nilai pemanfaatannya dan sekaligus merupakan suatu peningkatan nilai jual (nilai ekonomis) yang sangat besar artinya.

Pada kayu Jati juga terdapat kayu juvenil dan kayu dewasa. Panshin dan Zeuw (1980) mengatakan bahwa massa *xylem* (kayu) yang dibentuk pada tahun-tahun pertama pertumbuhan pohon disebut kayu juvenil. Prawirohatmodjo (1999) mengemukakan bahwa kayu juvenil adalah massa *xylem* yang diproduksi oleh kambium dan dipengaruhi oleh tajuk. Setelah tajuk semakin bergerak ke atas, pengaruh *meristem apical* pada daerah *apical* semakin berkurang dan terbentuklah kayu dewasa. Selain itu, kayu juvenil merupakan kayu remaja dengan sifat-sifat yang kurang baik, seperti kekuatannya yang rendah, sehingga mudah patah. Keberadaan kayu juvenil ini umumnya kurang begitu disukai dibandingkan kayu dewasa. Namun penentuan kayu juvenil tidak semudah menentukan kayu teras dan kayu gubal. Salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan melihat variasi panjang serat dari empulur ke kayu terluar.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui: (1) persentase kayu teras dan kayu gubal pada Jati kelas umur (KU) I sampai dengan KU V dan (2) menentukan batas kayu juvenil dan kayu dewasa.

Bahan dan Metode

Bahan

Jenis kayu yang digunakan adalah kayu Jati (*Tectona grandis* L.f.) yang berasal dari Bagian Kesatuan Pemangkuan Hutan (BKPH) Nglebur, Kesatuan Pemangkuan Hutan (KPH) Cepu dengan KU I sampai dengan KU V. Umur masing kelas umur adalah sebagai berikut :

Table 1. The age of teak wood on various age-class

Age-class	Age (year)
I	9
II	12
III	25
IV	35
V	45

Metode

Persentase Kayu Teras dan Kayu Gubal: Persentase kayu teras dan kayu gubal dihitung dengan menggunakan metode millimeter blok, dimana contoh uji penelitian berupa lempengan (*disk*) setebal 5 cm dan diampas permukaannya sehingga batas antara kayu gubal dan kayu teras terlihat jelas. Persentase kayu teras dan kayu gubal ditentukan dengan rumus :

$$PKT = \frac{LKT}{LPB} \times 100 \%$$

$$PKG = \frac{LPB - LKT}{LPB} \times 100 \%$$

dimana :

- PKT : Persentase kayu teras (%)
- PKG : Persentase kayu gubal (%)
- LKT : Luas bagian kayu teras (mm²)
- LPB : Luas penampang lintang batang/*disk* (mm²)

Penentuan Kayu Juvenil dan Kayu Dewasa: Secara struktural kayu juvenil dicirikan oleh adanya penambahan serat (trakeida atau *fiber cell*) secara progresif. Atas dasar tersebut, identifikasi kayu juvenil dilakukan dengan melihat pertambahan panjang serat secara progresif mulai dari empulur sampai riap tumbuh dekat kambium.

Maserasi serat dilakukan dengan metode *Forest Product Laboratory* (FPL) dengan mengukur sebanyak 45 serat setiap riap tumbuhnya, mulai riap tumbuh pertama dekat empulur (R₁) sampai dengan riap tumbuh terakhir dekat kambium (R_n).

Hasil dan Pembahasan

Persentase Kayu Teras dan Kayu Gubal

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi kelas umur jati, maka persentase kayu terasnya semakin meningkat. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Dari Tabel 2 terlihat bahwa persentase kayu teras dan kayu gubal menunjukkan hasil yang berlawanan dengan pertambahan kelas umur pohon. Persentase kayu teras bertambah seiring bertambahnya kelas umur, sebaliknya untuk kayu gubal sendiri mengalami penurunan. Persentase kayu teras terbesar pada KU V dengan nilai 73.14%.

Pandit (1996) mengemukakan tentang teori pembentukan kayu teras, salah satunya adalah proses penuaan (*aging process*), yaitu semakin tua suatu pohon, maka persentase kayu teras yang terbentuk juga semakin besar.

Keberadaan kayu teras yang semakin banyak sangat menguntungkan karena bagian kayu teras lebih awet dibandingkan kayu gubal. Zat ekstraktif kayu teras jati yang dikenal dengan *tectaquinon* mempunyai sifat *repellent* dan racun bagi serangga.

Kayu Juvenil dan Kayu Dewasa

Hasil penelitian pada penampang melintang batang kayu Jati pada lima kelas umur, menunjukkan bahwa pembentukan kayu dewasa dimulai pada umur ke 11 atau ke 12. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat Gambar 1.

Berdasarkan gambar tersebut, terlihat bahwa panjang serat pada KU I dan KU II masih mengalami kenaikan sehingga belum terlihat pendewasaan kayunya atau dengan kata lain masih merupakan kayu juvenil semua. Sedangkan pada KU III, KU IV, dan KU V, setelah riap ke-11 (R₁₁) atau ke-12 (R₁₂) dan seterusnya panjang serat mulai fluktuatif. Hal ini menunjukkan bahwa pembentukan kayu dewasa mulai terjadi pada riap ke-11 atau ke-12.

Table 2. The percentage of heartwood and sapwood of teak in five-age class

Age-class	Percentage of Heartwood (%)	Percentage of Sapwood (%)
I	9.09	90.91
II	33.53	66.47
III	48.73	51.27
IV	63.33	36.67
V	73.14	26.86

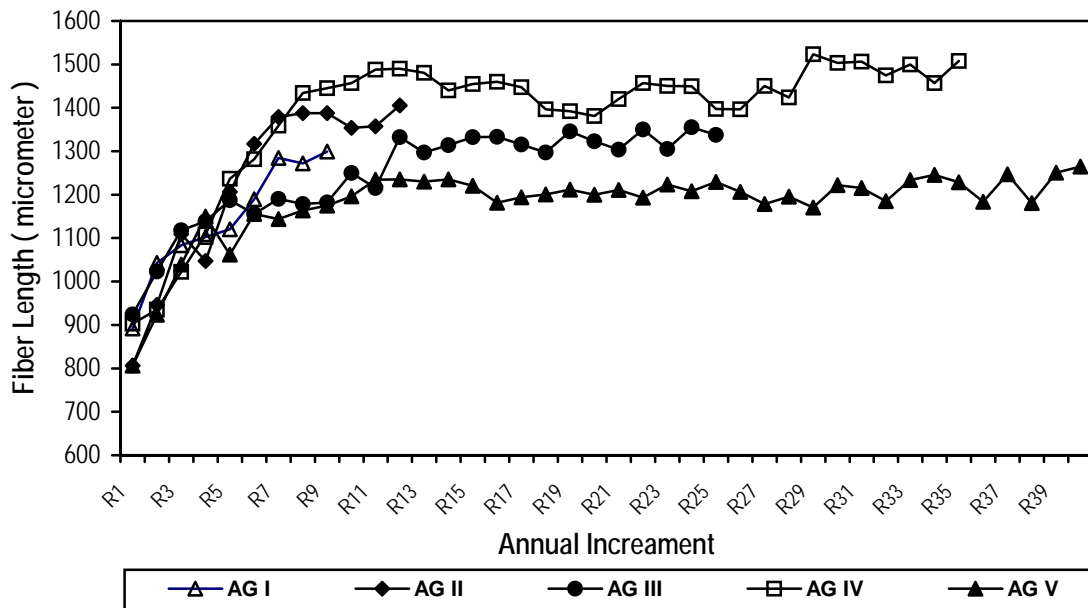


Figure 1. The fiber length in age-class I to V of teak from pith to bark
 Note: AG = age-class

Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat diambil kesimpulan bahwa persentase kayu teras meningkat seiring dengan bertambahnya umur kayu Jati dan kayu dewasa mulai terbentuk pada riap 11 dan atau 12.

Daftar pustaka

Duta Rimba.1998. Perum Perhutani Mengayuh Biduk Memasuki Tahun-Tahun Kelabu. Duta Rimba no. 212/XXIII Majalah Bulanan Perum Perhutani, Jakarta.

Haygreen, J.G. and J.I. Bowyer. 1982. Forest Product and Wood Science: An Introduction. Iowa State University Press, Ames. USA.

Mandang, Y.I. dan I.K.N. Pandit. 1997. Pedoman Identifikasi Kayu di Lapangan. Seri Manual Yayasan PROSEA Bogor.

Pandit, I.K.N. 1996. Anatomi, Pertumbuhan dan Kualitas Kayu. Bidang Studi Ilmu Pengetahuan Kehutanan. Program Pascasarjana IPB Bogor.

Panshin, A.J. and de Zeeuw. 1980. Text Book of Wood Technology. Fourth Edition. Mc. Graw-Hill Book Company. New York.

Prawirohatmodjo. 1999. Struktur dan Sifat-Sifat Kayu Jilid I. Sifat-sifat Makroskopis dan Identifikasi Kayu. Fakultas Kehutanan UGM. Yogyakarta.

Diterima tanggal 9 Desember 2004

Atmawi Darwis dan Sansan Sarif Hidayat
 Jurusan Teknologi Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, Universitas Winaya Mukti
 (Forest Product Technology, Faculty of Forestry, Winaya Mukti University)
 Telp / fax. 62-22-7798260
 E-mail : atmawi_darwis@yahoo.com

Rudi Hartono
 Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara
 (Dept. of Forestry, Faculty of Agriculture, North Sumatera University)
 E-mail : rudi_usu@yahoo.com

Pembuatan Papan Partikel Berukuran Komersial dari Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Perekat Urea Formaldehida

Development of Commercial Size Particleboard from Waste of Oil Palm Empty Fruit Bunches Using Urea Formaldehyde Adhesive

Bambang Subiyanto, Subyakto, Sudijono, Mohamad Gopar, Entang Rasyid dan Sasa Sofyan Munawar

Abstract

Development of particleboard from waste of Oil Palm empty fruit bunches (EFB) using phenol formaldehyde adhesive has been done at small size (laboratory scale) in the previous study. Further development at commercial size board is conducted in the present study.

The objective of this research is to observe the effects of EFB particleboard types and density on the physical and mechanical properties of particleboard using urea formaldehyde adhesive. The types of EFB particleboard were particleboard of entirely EFB particles, board layered with sawdust and board layered with plywood. Adhesive content used was 10% from oven dry weight of particles; wax content used was 12% from weight of adhesive. The board density was varied at 0.5 g/cm³, 0.6 g/cm³, and 0.7 g/cm³. The EFB particles were soaked for 24 hours in cold water before used.

The results showed that EFB particleboard that layered with plywood at density of 0.7 g/cm³ gave the optimum result. Thickness swelling for all type of EFB particleboards were not met the JIS A 5908; therefore it need further study to overcome this problem. All mechanical properties such as internal bond, screw withdrawal, modulus of elasticity (MOE) and modulus of rupture (MOR) for EFB particleboard that layered with plywood were met the type 8 of JIS A 5908.

Key words: empty fruit bunch, particleboard, commercial size, urea formaldehyde

Pendahuluan

Tanaman Kelapa Sawit di Indonesia seluas 4.1 juta hektar menghasilkan sekitar 10.5 juta ton minyak Sawit (*crude palm oil/CPO*) setiap tahunnya. Ditinjau dari biomasnya yang menjadi minyak tersebut hanya 10%, sedangkan sisanya berupa limbah. Limbah yang dihasilkan dari industri Kelapa Sawit tersebut dapat berupa Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS), pelepah, batang dan cangkang buah sawit (Lubis 1994). Limbah Kelapa Sawit yang kemungkinan memiliki potensi untuk digunakan sebagai bahan baku papan partikel adalah TKKS karena jumlahnya cukup banyak, yaitu 1.9 juta ton berat kering atau setara 4 juta ton berat basah per tahun (Nuryanto 2000) dan sudah terkumpul di industri pengolahan minyak sawit. TKKS merupakan bahan lignoselulosa yang potensial untuk bahan baku papan partikel karena mengandung selulosa (44.14%), lignin (16.19%), dan hemiselulosa (19.28%) (Triyulianti 1996). Pemanfaatan limbah TKKS untuk papan partikel disamping menghasilkan produk yang mempunyai nilai ekonomis juga membantu mengatasi masalah limbah pada industri Kelapa Sawit (Subiyanto *et al.* 2002).

Pada penelitian terdahulu telah dibuat papan partikel skala laboratorium (berukuran kecil) dari limbah TKKS dengan menggunakan perekat *Phenol*

Formaldehyde (Subiyanto *et al.* 2004). Dari penelitian tersebut diketahui bahwa diperlukan perlakuan pendahuluan berupa perendaman air dingin selama 24 jam atau perebusan selama 2 jam terhadap TKKS sebelum dibuat papan partikel. Papan yang dihasilkan memenuhi standar JIS A 5908 papan tipe 8 untuk sifat mekanis tetapi pengembangan tebalnya belum memenuhi standar tersebut.

Penelitian ini merupakan kelanjutan dari penelitian terdahulu yaitu dengan membuat papan partikel dari TKKS berukuran komersial (120 cm x 240 cm). Tujuan dari penelitian ini secara umum adalah untuk memanfaatkan limbah TKKS yang mempunyai potensi yang baik digunakan sebagai bahan baku produk panel untuk alternatif produk panel yang berbahan baku kayu. Secara khusus diteliti pengaruh kerapatan dan pelapisan permukaan terhadap sifat-sifat papan partikel yang dihasilkan.

Bahan dan Metode

Bahan Penelitian

Bahan yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah TKKS, serbuk gergajian kayu Sengon, kayu lapis Meranti, perekat *Urea Formaldehyde* (UF), air dan emulsi lilin (*wax emulsion*).

Metode Penelitian

Persiapan Partikel: TKKS dimasukkan ke alat pencacah untuk dihancurkan hingga berbentuk serabut, lalu dilakukan pencucian untuk menghilangkan kotoran-kotoran yang tidak diinginkan. Setelah itu dipotong-potong menjadi serat-serat halus dengan menggunakan *ringflaker*. Partikel yang dihasilkan kemudian diberi perlakuan dengan perendaman di dalam air selama 24 jam (Subiyanto *et al.* 2004). Setelah direndam partikel dikeringkan sampai kadar air dibawah 6%. Bahan pelapis, yaitu serbuk kayu gergaji Sengon yang didapatkan dari *saw mill* langsung dijemur selama dua sampai tiga hari untuk mengurangi lamanya pengeringan di kilang pengering (*kiln drying*). Serbuk gergaji Sengon dikeringkan sampai kadar air dibawah 6%.

Pencampuran Partikel dengan Perekat: Partikel dicampur dengan perekat UF serta *wax emulsion* dalam drum pencampur menggunakan *spray gun* dengan kadar perekat UF sebanyak 10% dari berat kering tanur partikel TKKS dan ditambah *wax emulsion* sebanyak 12% dari berat perekat. Demikian pula untuk serbuk gergaji dicampur dengan perekat UF dan *wax emulsion* dalam drum pencampur dengan menggunakan *spray gun*. Jumlah kadar perekat UF serta *wax emulsion* sama seperti saat mencampur untuk partikel TKKS.

Pembuatan Papan Partikel: Papan partikel yang dibuat pada penelitian berukuran 120 cm x 240 cm x 1.5 cm (lebar, panjang dan tebal) dengan target kerapatan divariasikan 0.5, 0.6 dan 0.7 g/cm³. Dalam pembuatan papan partikel yang seluruhnya serat TKKS, partikel yang sudah dicampur perekat dimasukkan dalam *mat forming*. Untuk papan partikel yang dilapisi serbuk gergaji Sengon, terlebih dahulu partikel serbuk kayu gergaji Sengon ditaburkan sampai merata di permukaan bak cetak, kemudian lapisan tengahnya ditaburkan partikel TKKS hingga merata dan ditutup lagi di lapisan atasnya oleh partikel serbuk gergaji Sengon. Serbuk gergaji dilapiskan sebanyak 10% dari berat partikel tandan kosong. Sedangkan papan partikel dilapisi kayu lapis Meranti setebal 3 mm, terlebih dahulu kayu lapis diletakkan di bagian bawah *mat forming*, kemudian lapisan tengahnya ditaburkan partikel TKKS hingga merata dan ditutup lagi dengan kayu lapis.

Setelah pencetakan selesai, dilakukan pengempaan pendahuluan dalam bak cetak berukuran 120 cm x 240 cm x 1.5 cm. Setelah lembaran terbentuk, kemudian diletakkan di atas kempa panas pada suhu 106°C, tekanan 15 kgf/cm² selama 10 menit dan bagian atas lembaran dilapisi *teflon sheet*. Untuk mencapai ketebalan yang diinginkan maka pada bagian sisi lembaran diletakkan plat besi dengan ketebalan 1.5 cm.

Pengujian Papan Partikel: Setelah melalui *conditioning process* selama 1 bulan, papan partikel diuji sifat fisis

dan mekanisnya berdasarkan standar JIS A 5908-1994. Adapun sifat-sifat papan partikel yang diuji adalah pengembangan tebal (*thickness swelling*), keteguhan rekat (*internal bond*), kuat pegang sekrup (*screw withdrawal*), keteguhan patah (*modulus of rupture/MOR*), dan keteguhan lentur (*modulus of elasticity/MOE*).

Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian dari pengembangan tebal untuk tiga tipe papan partikel pada tiga kerapatan yang berbeda diperlihatkan pada Gambar 1.

Dari Gambar 1 terlihat bahwa papan partikel TKKS yang dilapisi kayu lapis pada kerapatan 0.7 g/cm³ memiliki pengembangan tebal paling kecil yaitu sebesar 18.29%. Hal ini dikarenakan papan partikel tersebut pada bagian permukaan (atas dan bawah) dilapisi kayu lapis, sehingga pada saat direndam, air tidak masuk ke dalam papan melalui bagian permukaan. Pada papan partikel yang dilapisi serbuk gergaji Sengon pengembangan tebalnya sedikit lebih besar dibandingkan dengan papan yang dilapisi kayu lapis. Pengembangan terbesar dihasilkan oleh papan partikel yang seluruhnya TKKS. Di sini terlihat bahwa pelapisan berpengaruh terhadap pengembangan tebal papan partikel.

Kerapatan papan juga sangat berpengaruh terhadap nilai pengembangan tebal. Terlihat untuk masing-masing tipe papan, dengan semakin tinggi kerapatan papan, nilai pengembangan tebalnya semakin kecil. Kerapatan papan yang paling baik adalah kerapatan 0.7 g/cm³.

Data pengembangan tebal untuk semua tipe papan partikel pada tiga kerapatan di atas memperlihatkan bahwa hasilnya belum memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam JIS A 5908-1994 (pengembangan tebal lebih kecil dari 12%). Dibandingkan dengan penelitian terdahulu (Subiyanto *et al.* 2004) yaitu papan partikel TKKS berukuran kecil dengan perekat PF, pengembangan tebal yang dihasilkan pada penelitian ini lebih besar. Pengembangan tebal papan partikel yang dibuat dari serat alam misalnya TKKS dan serat lainnya kebanyakan tidak memenuhi standar, salah satu contoh papan partikel dari serat sisal (Munawar *et al.* 2004). Pada waktu proses pembuatan, kemungkinan perekat hanya menempel pada permukaan serat, tidak bisa menembus ke dalam serat karena kerasnya permukaan serat. Oleh karena itu pada waktu direndam air, air masih bisa masuk melalui ujung-ujung serat ke arah memanjang serat, sehingga menyebabkan pengembangan papan yang besar. Untuk memecahkan masalah ini diperlukan penelitian yang lebih mendalam, misalnya dengan mengamati morfologi serat sebelum dan sesudah diberi perekat dengan SEM (*Scanning Electron Microscope*).

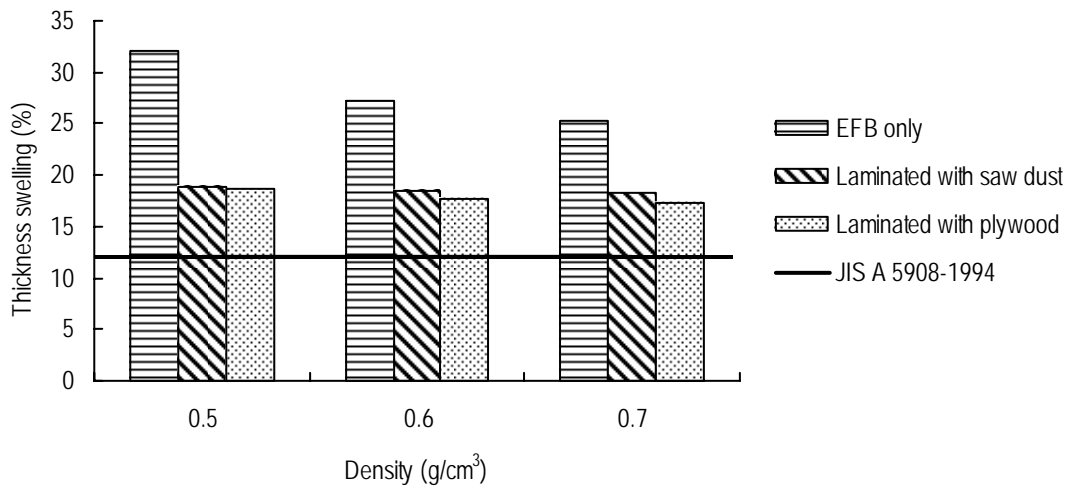


Figure 1. Thickness swelling values of three different boards.

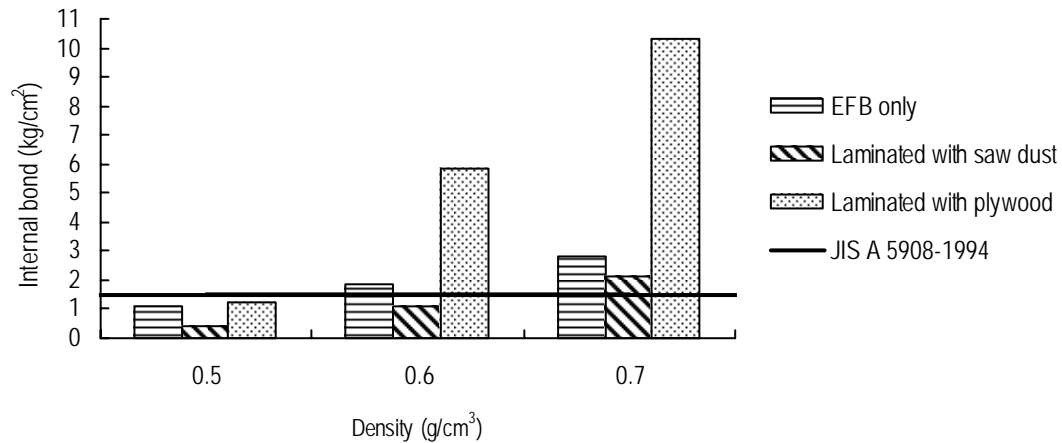


Figure 2. Internal bond values of three different boards.

Hasil penelitian dari keteguhan rekat (*internal bond*) untuk tiga tipe papan partikel pada tiga kerapatan yang berbeda disajikan pada Gambar 2. Berdasarkan data pada Gambar 2, terlihat bahwa papan partikel TKKS dilapisi kayu lapis pada kerapatan 0.7 g/cm³ memiliki keteguhan rekat paling besar yaitu 10.31 kgf/cm². Hal ini dikarenakan papan partikel TKKS yang dilapisi kayu lapis hasilnya lebih kompak, karena pada ketebalan papan yang sama, bagian tengahnya tertekan lebih besar, terbantu dengan tekanan dari kayu lapis, sehingga ikatan antar partikel lebih besar. Papan partikel TKKS dengan dilapisi serbuk kayu Sengon pada kerapatan 0.5 g/cm³ memiliki keteguhan rekat paling kecil sebesar 0.43 kg/cm².

Kerapatan papan juga sangat berpengaruh terhadap nilai keteguhan rekat. Terlihat untuk masing-

masing tipe papan, dengan semakin tinggi kerapatan papan, nilai keteguhan rekatnya semakin besar. Kerapatan papan yang paling optimal adalah kerapatan 0.7 g/cm³. Berdasarkan data keteguhan rekat, semua tipe papan partikel pada kerapatan 0.7 g/cm³, dan pada kerapatan 0.6 g/cm³ papan TKKS serta yang dilapisi kayu lapis, hasilnya telah memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam JIS A 5908-1994 tipe 8 (lebih besar dari 1.5 kgf/cm²). Bila dibandingkan dengan hasil penelitian terdahulu (Subiyanto *et al.* 2004) yaitu papan partikel TKKS dengan perekat PF maka hasil keteguhan rekat pada penelitian ini lebih kecil. Hal ini disebabkan jenis perekat yang digunakan berbeda, perekat PF menghasilkan keteguhan rekat lebih besar dibandingkan dengan perekat UF.

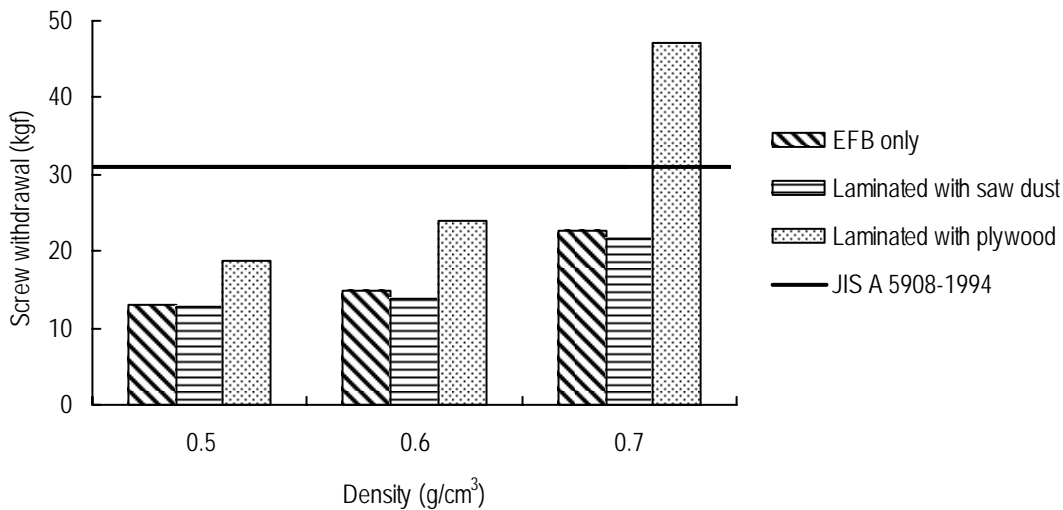


Figure 3. Screw withdrawal values of three different boards.

Hasil pengujian kuat pegang sekrup disajikan pada Gambar 3. Berdasarkan data pada Gambar 3, terlihat bahwa papan partikel TKKS dilapisi kayu lapis pada kerapatan 0.7 g/cm³ memiliki kuat pegang sekrup paling besar sebesar 47.6 kgf. Hal ini dikarenakan papan partikel TKKS yang dilapisi kayu lapis memiliki gesekan yang kuat dengan alat uji sekrupnya, karena terbantu oleh lapisannya tersebut dibandingkan papan partikel seluruhnya TKKS ataupun yang dilapisi serbuk gergaji Sengon. Pada papan partikel yang seluruhnya serat TKKS pada kerapatan 0.5 g/cm³ memiliki kuat pegang sekrup paling kecil yaitu sebesar 12.66 kgf.

Kerapatan papan sangat berpengaruh terhadap nilai kuat pegang sekrup. Terlihat untuk masing-masing tipe papan, dengan semakin tinggi kerapatan papan, nilai kuat pegang sekrupnya semakin besar. Kerapatan papan yang paling optimal adalah kerapatan 0.7 g/cm³. Berdasarkan data kuat pegang sekrup, hanya papan partikel TKKS dengan dilapisi kayu lapis pada kerapatan 0.7 kg/cm³ yang hasilnya telah memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam JIS A 5908-1994 tipe 8 (kuat pegang sekrup lebih besar dari 31 kgf). Seperti data keteguhan rekat, dibandingkan dengan penelitian terdahulu (Subiyanto *et al.* 2004), hasil kuat pegang sekrup pada penelitian ini lebih kecil.

Hasil pengujian keteguhan lentur (MOE) diperlihatkan pada Gambar 4. Terlihat bahwa papan partikel TKKS dilapisi kayu lapis pada kerapatan 0.7 g/cm³ memiliki keteguhan lentur paling besar yaitu sebesar 81186 kgf/cm². Hal ini dikarenakan papan partikel yang dilapisi kayu lapis pada saat diuji kelenturan, bagian permukaannya tidak mudah regas tertahan dengan lapisan kayu lapis dibandingkan papan partikel seluruhnya TKKS ataupun dilapisi serbuk gergaji Sengon yang memiliki permukaan yang mudah regas.

Sehingga terlihat pada papan partikel TKKS yang dilapisi serbuk gergaji Sengon dan seluruhnya TKKS dengan kerapatan 0.5 g/cm³ memiliki MOE paling kecil yaitu sebesar 14684 kgf/cm² dan 14786 kgf/cm².

Kerapatan papan sangat berpengaruh terhadap nilai MOE. Terlihat untuk masing-masing tipe papan, dengan semakin tinggi kerapatan papan, nilai MOE-nya semakin besar. Kerapatan papan yang paling optimal adalah kerapatan 0.7 g/cm³. Berdasarkan data keteguhan lentur untuk semua tipe papan partikel TKKS, hasilnya telah memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam JIS A 5908-1994 tipe 8 (MOE lebih besar dari 20400 kgf/cm²), kecuali papan partikel TKKS dan yang dilapisi serbuk Sengon pada kerapatan 0.5 g/cm³.

Hasil pengujian keteguhan patah (MOR) disajikan pada Gambar 5. Dapat dilihat bahwa papan partikel TKKS dilapisi kayu lapis pada kerapatan 0.7 g/cm³ memiliki keteguhan patah paling besar yaitu sebesar 237.18 kgf/cm². Seperti pada MOE, pelapisan dengan kayu lapis meningkatkan keteguhan patahnya. Sedangkan pada papan partikel TKKS yang dilapisi serbuk gergaji Sengon ataupun seluruhnya TKKS memiliki nilai MOR paling kecil yaitu sebesar 48.95 kgf/cm² dan 50.99 kgf/cm². Seperti pada pengujian sifat mekanis lainnya (keteguhan rekat, kuat pegang sekrup, MOE), kerapatan papan sangat berpengaruh terhadap nilai MOR. Terlihat untuk masing-masing tipe papan, dengan semakin tinggi kerapatan papan, nilai keteguhan patahnya semakin besar. Kerapatan papan yang paling optimal adalah kerapatan 0.7 g/cm³.

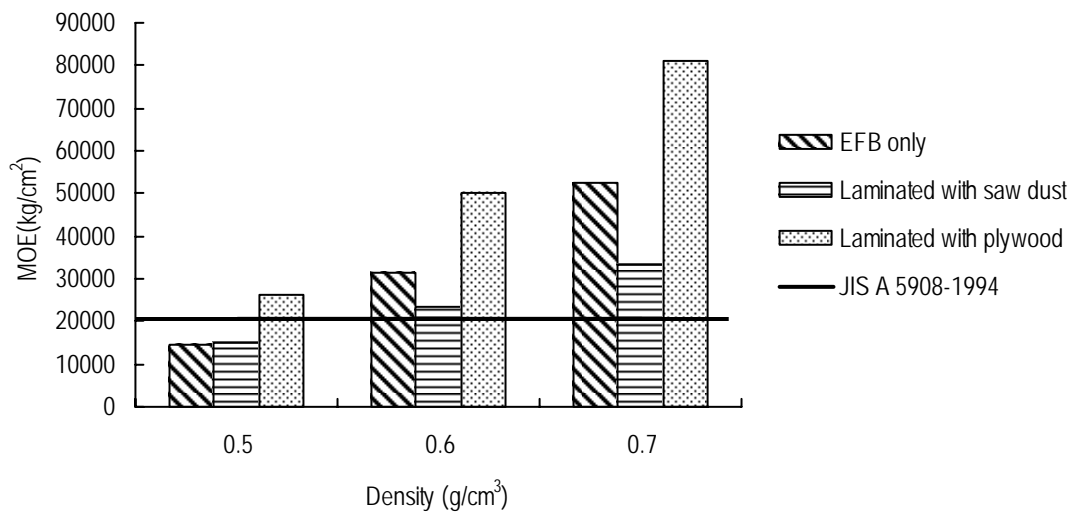


Figure 4. Modulus of elasticity (MOE) values of three different boards.

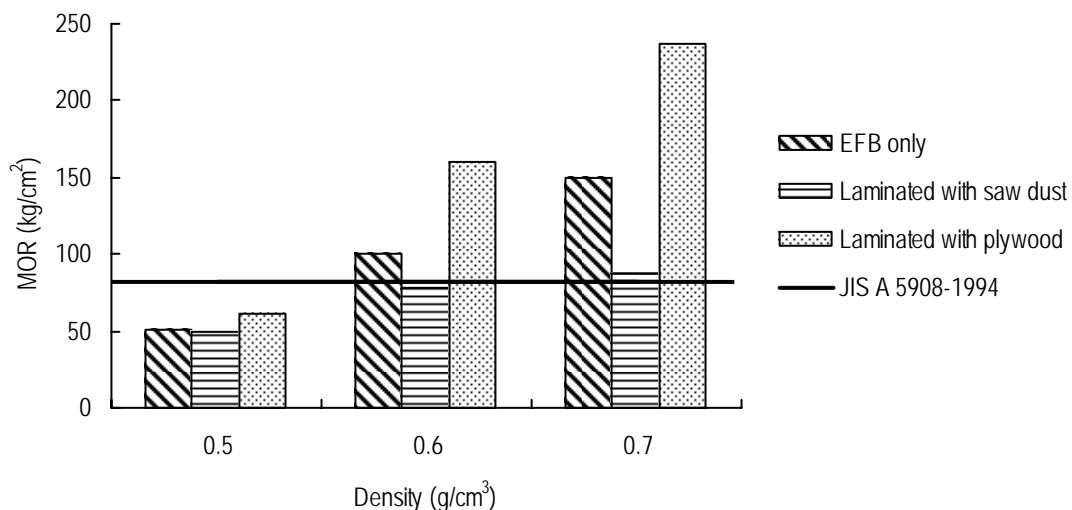


Figure 5. Modulus of rupture (MOR) values of three different boards

Kesimpulan

Papan partikel TKKS yang menunjukkan hasil terbaik adalah papan partikel TKKS dilapisi kayu lapis pada kerapatan 0.7 g/cm³. Nilai pengembangan tebal untuk semua tipe papan partikel TKKS belum memenuhi standar JIS A 5908, karena itu perlu penelitian lebih lanjut untuk mengatasi masalah ini. Sedangkan nilai keteguhan rekat, kuat pegang sekrup, keteguhan lentur dan keteguhan patah untuk papan partikel TKKS dilapisi kayu lapis telah memenuhi standar JIS A 5908 minimal tipe 8.

Daftar Pustaka

- Japanese Industrial Standard (JIS). 1994. Particleboards (JIS A 5908-1994). Japanese Standards Association. Japan.
- Lubis. 1994 Pemanfaatan Kayu dan TKKS. Yayasan Obor Indonesia. Jakarta.
- Munawar, S.S.; B. Subiyanto; Subyakto and L. Suryanegara. 2004. Development of Panel Product from Natural Fiber of Sisal (*Agave sisalana*). Proceedings of the fifth International Wood Science Symposium, Kyoto, Japan, pp. 367-369.

- Nuryanto, E. 2000. Pemanfaatan TKKS sebagai Sumber Bahan Kimia. *Warta PPKS*, Vol. 8(3) : 137-144. Pusat Penelitian Kelapa Sawit, Medan.
- Subiyanto, B.; Subyakto and S. Kawai. 2002. Zero-emission Processes of Oil Palm Utilization, Case Study of Oil Palm Mill PT Kertajaya Lebak Banten Province. *Proceedings of the fourth International Wood Science Symposium*, Serpong, pp. 305-311.
- Subiyanto, B.; Subyakto; Sudijono; M. Gopar dan S.S. Munawar. 2004. Pemanfaatan Limbah Tandan Kosong dari Industri Pengolahan Kelapa Sawit untuk Papan Partikel dengan Perakat Penol Formaldehida. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu*, Vol. 2 (2): 99-102. Masyarakat Peneliti Kayu Indonesia. Bogor.
- Triyulianti, E. 1996, Sifat Fisis dan Mekanis Papan Partikel TKKS. Skripsi Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Tidak diterbitkan.

Diterima tanggal 22 Oktober 2004

Bambang Subiyanto, Subyakto, Sudijono, Mohamad Gopar dan Sasa Sofyan Munawar
UPT Balai Penelitian dan Pengembangan Biomaterial – LIPI
(*Research and Development Unit for Biomaterials – Indonesian Institute of Sciences*)
Jl. Raya Bogor Km 46, Bogor 16911
Tel. 021-87914511, Fax. 021-87914510
E-mail: komposit@cbn.net.id

Entang Rasyid
Fakultas Kehutanan, Universitas Winaya Mukti
(*Faculty of Forestry, Winaya Mukti University*)
Jl. Winaya Mukti No. 01, Jatinangor, Sumedang 45363
Tel. 022-7798260, Fax. 022-7798260

Menduga Modulus Geser dengan Memanfaatkan Modulus Elastisitas

Contoh Uji Ukuran Pemakaian dan Bebas Cacat

Predicting Shear Modulus Using the Elasticity Modulus of Full-Scale and Small-Clear Wood Specimen

Indah Sulistyawati, Abdul Muhar Husin dan Surjono Surjokusumo

Abstract

To predict the elasticity modulus of wood, an assumption is made that all of deflection is due to the bending moment. Actually the total deflection of a beam made up of a bending and shear component. The composition of the bending deflection has EI as the bending stiffness factor and for the shear deflection has a GA as the shear stiffness factor, where E is the elasticity modulus, I is the moment of inertia, G is the shear modulus and A is the cross sectional area of a beam. The shear modulus of wood can be determined by using the true elasticity modulus of full-scale specimen test and the apparent elasticity modulus of small-clear specimen test of the beam with single load at mid-point for simply supported beam. From the comparison of them the shear modulus of wood can be obtained. The result of this research shown that the shear modulus of *Acacia mangium* is 1/17.45 multiplies by the elasticity modulus.

Key words: shear modulus, modulus of elasticity, deflection, bending

Pendahuluan

Pada balok yang mengalami momen lentur dan gaya geser, defleksi yang terjadi adalah superposisi dari pengaruh keduanya, hal ini dinyatakan oleh Radeliffe (1953), dapat dituliskan sebagai

$$y = y_b + y_s \dots\dots\dots(1)$$

dimana : y = defleksi total
 y_b = defleksi akibat momen lentur
 y_s = defleksi akibat gaya geser

Pada balok di atas dua perletakan sederhana dan diberikan gaya terpusat di tengah bentang, maka momen lentur dan gaya geser serta defleksi yang terjadi pada balok dapat dilihat seperti pada Gambar 1. Komposisi defleksi akibat momen lentur mengandung EI sebagai faktor kekakuan lentur dan akibat gaya geser mengandung GA sebagai faktor kekakuan geser, dimana E adalah modulus elastisitas, I adalah momen inersia penampang, G adalah modulus geser dan A adalah luas penampang melintang balok.

Memang sulit untuk dapat menentukan modulus geser dari kayu. Salah satu acuan yang dapat digunakan untuk menentukan modulus geser kayu adalah dengan peraturan ASTM D 198-99 tentang *Standard Test Methods of Static Test of Lumber in Structural Sizes*. Untuk mendapatkan nilai modulus geser kayu, pada peraturan tersebut diperlukan faktor *Poisson* rasio sebesar 0.05 sampai dengan 0.5. Untuk memperoleh hasil yang lebih tepat tentunya dengan memasukkan

faktor *Poisson* rasio sesuai dengan material yang diuji. Belum banyak data atau hasil penelitian yang memperlihatkan besar faktor *Poisson* rasio untuk berbagai jenis kayu di Indonesia.

Dalam hal ini ingin dicoba untuk mengadakan pendugaan nilai dari modulus geser kayu dengan mengadakan pengujian di laboratorium. Sebelumnya akan dijabarkan terlebih dahulu dasar pemikiran berdasarkan ilmu mekanika teknik untuk mendapatkan nilai modulus geser.

Pada desain struktur balok seringkali perhitungan defleksi pada suatu titik tertentu diasumsikan hanya akibat momen lentur saja meskipun pada titik yang ditinjau mempunyai pengaruh lendutan dengan adanya gaya geser, sehingga persamaan defleksi tersebut dituliskan

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{M(x)}{EI} \dots\dots\dots(2)$$

Perhitungan defleksi akibat gaya geser pada balok dengan material dari kayu, sering diabaikan. Newlin dan Trayer (1924) menyatakan bahwa dengan mengabaikan pengaruh adanya gaya geser akan menghasilkan perhitungan besar defleksi yang kurang tepat, khususnya pada balok dengan rasio bentang terhadap tinggi balok adalah kecil, misalnya untuk balok dengan penampang I dan *box* yang relatif mempunyai tebal badan tipis (Biblis 1965).

Persamaan untuk defleksi akibat gaya geser pada kurva defleksi elastis dari balok pertama kali dibuat oleh Grashof (1878) dan dikembangkan oleh Rankine (1895) dalam Biblis (1965).

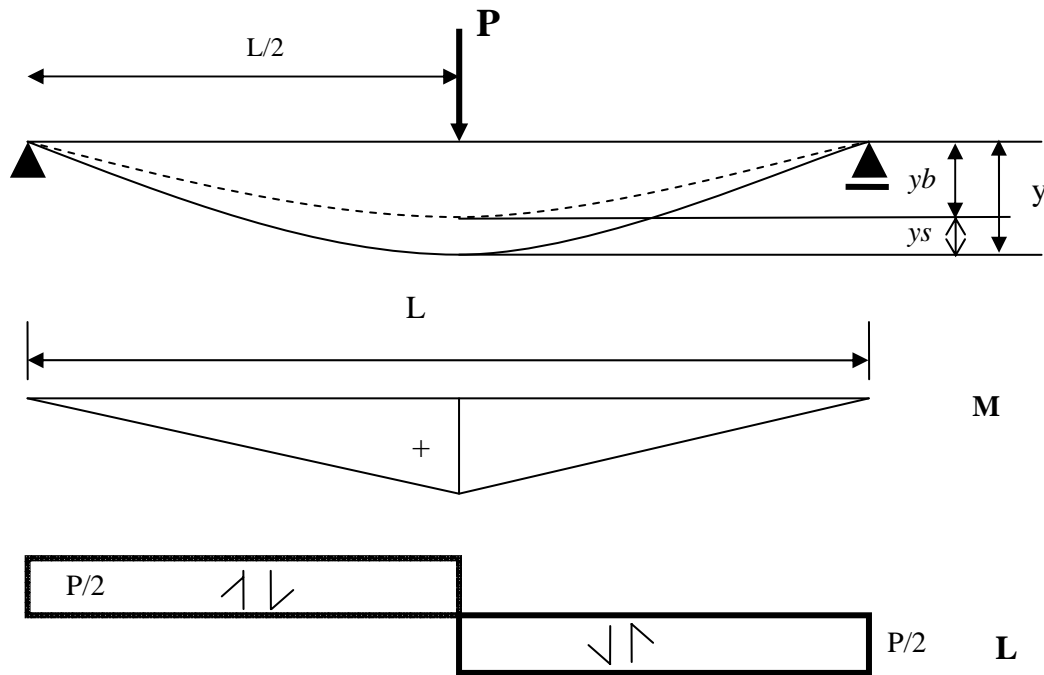


Figure 1. The total deflection due to bending moment and shear force with single load at mid-point for simply supported beam.

Kerangka Teori

Sebelum membicarakan masalah cara melakukan pendugaan untuk mendapatkan modulus geser dari kayu, terlebih dahulu dibahas persamaan defleksi akibat momen lentur atau akibat kombinasi momen lentur dan gaya geser. Analisa yang digunakan untuk memperoleh persamaan tersebut menggunakan konsep energi regangan. Konsep energi regangan didasarkan pada hubungan adanya penambahan energi yang terjadi akibat adanya deformasi. Energi regangan sama dengan kerja yang dilakukan akibat adanya beban yang diterapkan secara perlahan-lahan pada suatu komponen, hal ini dinyatakan oleh Timoshenko dan Gere (1961), Volterra dan Gaines (1971), Tauchert (1974), Timoshenko (1976), Oden dan Ripperger (1981), Beer dan Johnston (1992), Gere dan Timoshenko (1997).

Energi regangan untuk tegangan normal akibat momen lentur adalah

$$U = \int \frac{\sigma_x^2}{2E} dV \dots\dots\dots(3)$$

Dengan menggunakan teori Castigliano maka besar defleksi pada suatu titik adalah

$$y_b = \frac{\partial U}{\partial X} \Big|_{x=0} = \int_0^L \frac{M}{EI} \Big|_{x=0} \frac{\partial M}{\partial X} dx = \int_0^L \frac{Mm dx}{EI} \dots\dots\dots(4)$$

dimana $M|_{x=0}$ adalah momen lentur akibat beban luar

dan dapat ditulis sebagai M, sedangkan $\frac{\partial M}{\partial X}$ adalah

momen lentur m akibat beban satu satuan pada titik yang defleksinya akan dicari. Defleksi akibat momen lentur saja untuk balok di atas dua perletakan sederhana dengan beban terpusat di tengah bentang didapat

$$y_b = \frac{PL^3}{48EI} \dots\dots\dots(5)$$

Energi regangan akibat adanya gaya geser adalah

$$U = \int \frac{\tau_{xy}^2}{2G} dV \dots\dots\dots(6)$$

dimana $\tau = \frac{VS}{bI} \dots\dots\dots(7)$

maka $U = \frac{1}{2} \int_0^L \int_A \frac{V^2 S^2}{I^2 b^2 G} dA dx \dots\dots(8)$

dimana k merupakan faktor bentuk yang dapat dituliskan

$$k = \int_A \frac{S^2 A}{I^2 b^2} dA \dots\dots\dots(9)$$

sehingga persamaan 8 dapat dituliskan

$$U = \frac{k}{2} \int_0^L \frac{V^2}{GA} dx \dots\dots\dots(10)$$

Dengan menggunakan teori Castigliano maka besar defleksi pada suatu titik akibat gaya geser adalah

$$y_s = \frac{\partial U}{\partial X} \Big|_{x=0} = k \int_0^L \frac{V}{GA} \Big|_{x=0} \frac{\partial V}{\partial X} dx = k \int_0^L \frac{Vv dx}{GA} \dots\dots\dots(11)$$

dimana $V \Big|_{x=0}$ adalah gaya geser akibat beban luar

dan dapat ditulis sebagai V , sedangkan $\frac{\partial V}{\partial X}$ adalah

gaya geser v akibat beban satu satuan pada titik yang defleksinya akan dicari. Faktor k untuk penampang empat persegi panjang adalah 1.20, maka

$$y_s = 2(1.2) \int_0^{L/2} \frac{P(\frac{1}{2})}{2GA} dx = \frac{0.60Px}{GA} \Big|_0^{L/2} = \frac{0.30PL}{GA} \dots\dots\dots(12)$$

Tujuan dari penelitian ini adalah menduga nilai modulus geser kayu dengan memanfaatkan modulus elastisitas dari hasil pengujian dengan contoh uji ukuran pemakaian (*full scale specimen*) dan ukuran bebas cacat (*small clear specimen*).

Bahan dan Metode

Bahan/material yang digunakan pada penelitian ini adalah *Acacia mangium* yang ditebang dari area hutan di Parung Panjang Bogor. Kayu telah berumur 10 tahun 6 bulan dengan diameter log antara 26 cm sampai dengan 28 cm. Penebangan dilakukan empat bulan sebelum diadakan pengujian. Proses pengeringan dilakukan secara alamiah, yaitu kayu disusun diberi jarak antara diletakkan di bawah ruang beratap. Kadar air kayu pada saat pengujian adalah kondisi kering udara yaitu antara 14 sampai 16%.

Untuk menduga modulus geser kayu, terlebih dahulu diadakan pengujian di laboratorium untuk memperoleh nilai modulus elastisitas dari pengujian dengan menggunakan contoh uji ukuran pemakaian. Contoh uji ukuran pemakaian merupakan balok kayu dengan ukuran 5 cm x 5 cm x 260 cm diletakkan di atas dua perletakan sederhana dengan bentang sebesar 244 cm dan diberikan gaya terpusat di tengah bentang. Pembacaan besar defleksi di tengah bentang dilakukan pada setiap pertambahan beban. Selanjutnya dilakukan pengujian terhadap contoh uji bebas cacat, yaitu balok dengan ukuran 5 cm x 5 cm x 76 cm yang diletakkan di atas dua perletakan sederhana dengan bentang bersih 71 cm dan diberikan beban terpusat di tengah bentang. Balok contoh uji bebas cacat didapat dari contoh uji ukuran pemakaian. Pengujian contoh uji bebas cacat

sama dengan yang dilakukan pada contoh uji pemakaian. Masing-masing contoh uji berjumlah 10 (sepuluh) buah. Kedua pengujian dilakukan tidak sampai melampaui batas elastis. Untuk memperkirakan bahwa pengujian masih pada batas elastis dengan menentukan batas defleksi maksimum yang terjadi pada pengujian tidak melampaui dari 1/300 panjang bentang.

Dari hasil pengujian dapat digambar kurva hubungan gaya dan defleksi, kemudian diadakan analisa regresi untuk mendapatkan persamaan garis hubungan gaya dan defleksi serta digambarkan garis regresinya. Sudut kemiringan dari kurva digunakan untuk perhitungan modulus elastisitas kayu.

Menduga Modulus Geser

Defleksi di tengah bentang akibat beban terpusat di tengah bentang pada balok di atas dua perletakan sederhana yang mengalami momen lentur dan gaya geser seperti telah dijabarkan di atas, secara umum persamaannya dapat ditulis

$$y = \frac{PL^3}{48EI} + \frac{0.30PL}{GA} \dots\dots\dots(13)$$

Untuk pengujian dengan contoh uji ukuran pemakaian dengan panjang bentang bersih L_{fs} dan beban terpusat P_{fs} seperti terlihat pada Gambar 2, besar defleksi ditengah bentang adalah

$$y = \frac{P_{fs} L_{fs}^3}{48E_{fs} I_{fs}} + \frac{0.30P_{fs} L_{fs}}{G_{fs} A_{fs}} \dots\dots\dots(14)$$

Besar defleksi pengaruh lintang dibanding dengan pengaruh momen adalah

$$\frac{0.3P_{fs} L_{fs}}{G_{fs} A_{fs}} \times \frac{48E_{fs} I_{fs}}{P_{fs} L_{fs}^3} = \frac{0.3}{G_{fs} b_{fs} h_{fs}} \times \frac{4E_{fs} b_{fs} h_{fs}^3}{L_{fs}^2} = 1.2 \frac{E_{fs}}{G_{fs}} \left(\frac{h_{fs}}{L_{fs}} \right)^2 \dots\dots\dots(15)$$

$$h_{fs} \ll L_{fs} \rightarrow \left(\frac{h_{fs}}{L_{fs}} \right)^2 \approx 0$$

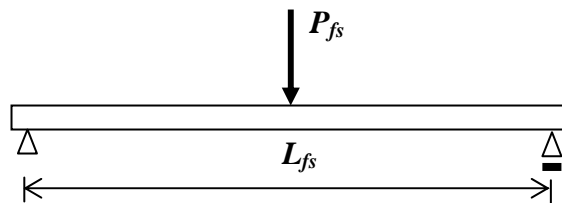


Figure 2. Full-scale specimen test

Oleh karena semakin besar bentang akan semakin kecil nilai pangkat duanya, maka pengaruh lintang pada contoh uji ukuran pemakaian mendekati nol. Untuk contoh uji ukuran pemakaian, defleksi akibat gaya geser dapat diabaikan sehingga persamaan defleksi dapat dituliskan

$$y_{fs} = \frac{P_{fs} L_{fs}^3}{48 E_{fs} I_{fs}} \dots\dots\dots(16)$$

dan besar modulus elastisitas dari contoh uji ukuran pemakaian dapat diperoleh

$$E_{fs} = \frac{P_{fs} L_{fs}^3}{48 y_{fs} I_{fs}} \dots\dots\dots(17)$$

E_{fs} merupakan modulus elastisitas yang benar ($=E_{benar}$) yang diperoleh dari contoh uji ukuran pemakaian.

Pada pengujian contoh uji bebas cacat dengan panjang bentang bersih adalah L_{sc} dan beban di tengah bentang P_{sc} . besar modulus elastisitas berdasarkan uji lentur pada perhitungan hampir selalu mengabaikan pengaruh defleksi akibat geser.

$$E_{sc} = \frac{P_{sc} L_{sc}^3}{48 y_{sc} I_{sc}} = E_{tidakbenar} \dots\dots\dots(18)$$

Pada pengujian dengan contoh uji bebas cacat bahwa perbandingan h/L adalah $1/14$, apabila nilai tersebut dikuadratkan masih mempunyai nilai yang perlu dipertimbangkan untuk diperhitungkan. Oleh karena itu didalam mengadakan perhitungan defleksi pada pengujian contoh uji bebas cacat seharusnya juga memperhitungkan pengaruh gaya lintang selain momen, sehingga besar defleksi sebenarnya adalah

$$y_{sc} = \frac{P_{sc} L_{sc}^3}{48 E_{benar} I_{sc}} + \frac{0.3 P_{sc} L_{sc}}{GA} \dots\dots\dots(19)$$

atau

$$y_{sc} = \frac{P_{sc} L_{sc}^3}{48 E_{benar} I_{sc}} + \frac{0.3 P_{sc} L_{sc}}{GA} \frac{E_{benar}}{E_{benar}} \dots\dots\dots(20)$$

sehingga

$$E_{benar} = \frac{P_{sc} L_{sc}^3}{48 y_{sc} I_{sc}} + \frac{0.3 P_{sc} L_{sc}}{E_{benar} b_{sc} h_{sc} y_{sc}} \dots\dots\dots(21)$$

Persamaan 21 dapat dituliskan

$$E_{benar} = E_{tidakbenar} + \frac{0.3 P_{sc} L_{sc}}{E_{benar} b_{sc} h_{sc} \left(\frac{P_{sc} L_{sc}^3}{48 I_{sc} E_{tidakbenar}} \right)}$$

$$= E_{tidakbenar} \left(1 + \frac{1.20}{\frac{G}{E_{benar}}} \left(\frac{h_{sc}^2}{L_{sc}^2} \right) \right) \dots\dots\dots(22)$$

untuk penyederhanaan, diambil $a = \frac{G}{E_{benar}}$, maka

$$\frac{E_{benar}}{E_{tidakbenar}} = \left(1 + \frac{1.20}{a} \left(\frac{h_{sc}^2}{L_{sc}^2} \right) \right) \dots\dots\dots(23)$$

Telah diketahui untuk contoh uji bebas cacat perbandingan h/L adalah $1/14$, maka persamaan 23 dapat ditulis

$$\frac{E_{benar}}{E_{tidakbenar}} = \left[1 + \frac{0.00612}{a} \right] \dots\dots\dots(24)$$

dimana E_{benar} merupakan modulus elastisitas pengujian dengan contoh uji ukuran pemakaian atau E_{fs} dan $E_{tidakbenar}$ merupakan modulus elastisitas pengujian dengan contoh uji ukuran bebas cacat atau E_{sc} .

Gambar 3 merupakan diagram E_{fs}/E_{sc} terhadap a , dimana nilai a merupakan perbandingan G terhadap E_{fs} . Dari nilai modulus elastisitas contoh uji ukuran pemakaian dan contoh uji bebas cacat akan diperoleh nilai modulus geser dari material kayu.

Hasil dan Pembahasan

Dari uraian persamaan di atas, terlihat bahwa rasio besar pengaruh defleksi akibat gaya lintang terhadap defleksi akibat momen lentur tergantung dari nilai kuadrat rasio tinggi balok terhadap panjang bentang. Semakin kecil nilai tersebut berarti semakin kecil pengaruh defleksi akibat gaya geser terhadap defleksi akibat momen lentur. Sehingga pengaruh defleksi akibat gaya geser dapat diabaikan. Untuk dapat memenuhi kriteria terhadap kekuatan maupun kekakuan pada struktur balok dengan material kayu biasanya mempunyai tinggi yang cukup besar. Penampang melintang balok tidak hanya segi empat tetapi juga tipe I, box atau bentuk lainnya. Sejalan dengan perkembangan didalam penyediaan material struktural yang terbuat dari kayu, dengan sistem laminasi dapat diperoleh dimensi sesuai keperluan dan tidak terhambat dari ukuran kayu pasaran yang mempunyai lebar dan tinggi yang terbatas. Salah satu tujuan sistem laminasi adalah untuk menambah lebar atau tinggi penampang. Dengan bertambah besarnya nilai kuadrat dari rasio tinggi terhadap panjang bentangnya, perlu dipertimbangkan untuk tidak mengabaikan besar defleksi akibat gaya geser.

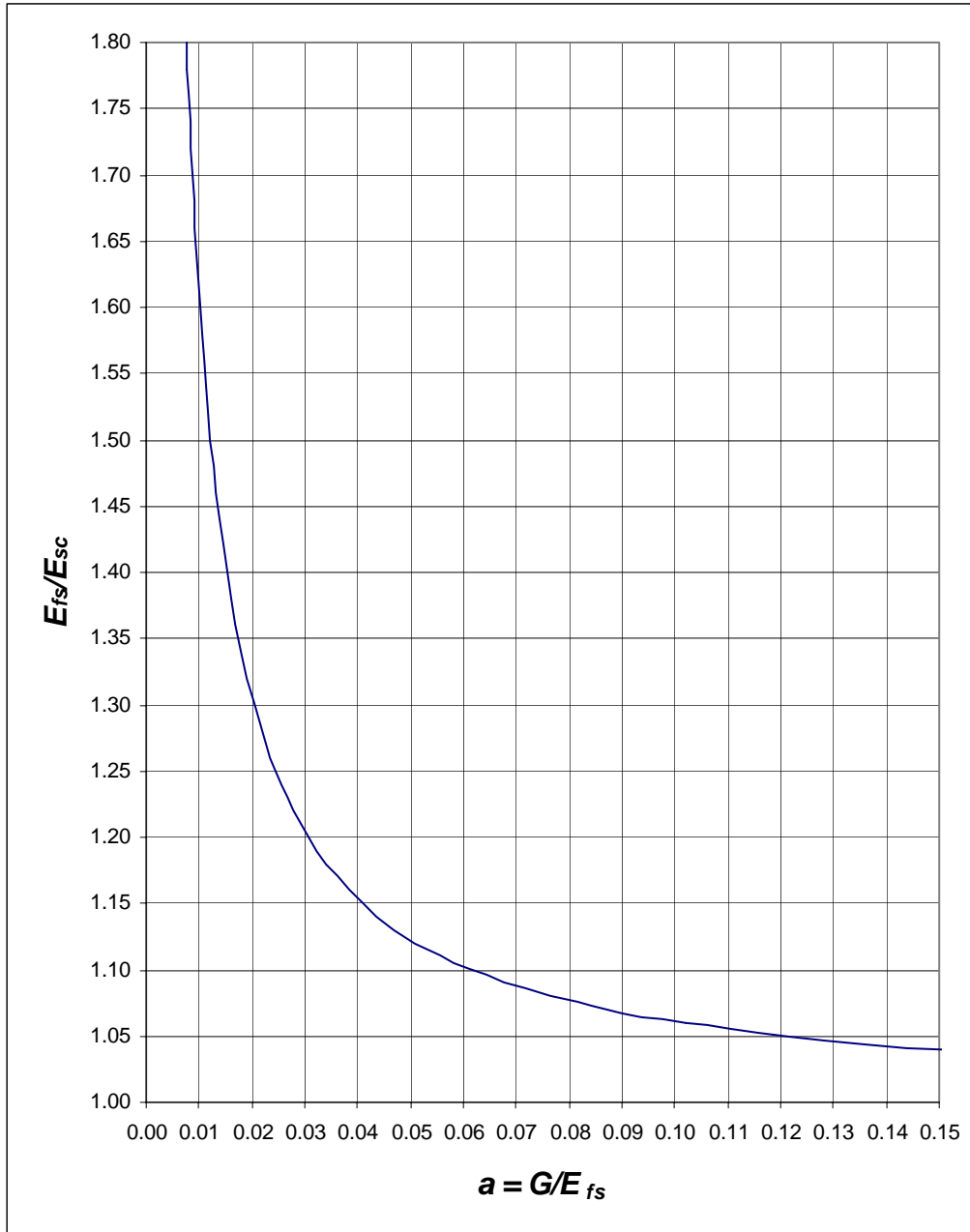


Figure 3. The relation curve of full scale to small clear modulus elasticity ratio and the "a" value

Table 1. The shear modulus to elasticity modulus ratio

Wood species	G_{LR}/E_L	G_{LT}/E_{LT}
Douglas Fir	0.064 (= 1/15.63)	0.078 (= 1/12.82)
Gum, Red	0.089 (= 1/11.24)	0.061 (= 1/16.39)
Poplar, Yellow	0.075 (= 1/13.33)	0.069 (= 1/14.49)
Spruce, Sitka	0.064 (= 1/15.63)	0.061 (= 1/16.39)

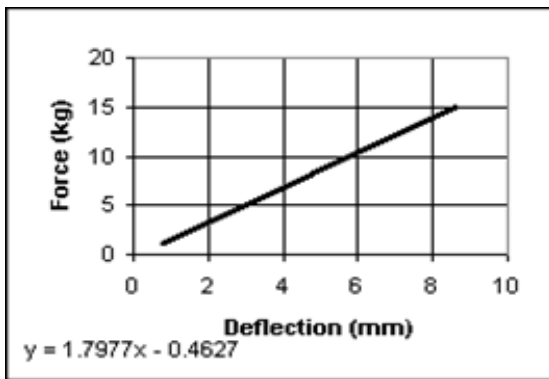
Source: "Elastic Properties of Wood," For.Prod.Lab.Reports,1528 and 1528A-H, 1945-1946

Hal lain pada perhitungan defleksi untuk balok kayu agar tetap memperhitungkan pengaruh geser adalah pada material kayu mempunyai rasio modulus geser terhadap modulus elastisitas yang kecil.

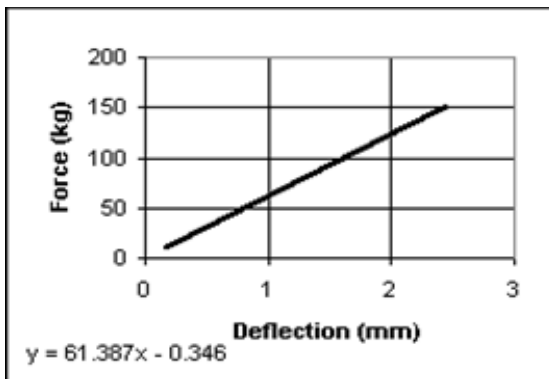
Sebagai gambaran pada Tabel 1 dapat dilihat rasio modulus geser terhadap modulus elastisitas beberapa jenis material kayu.

Modulus geser merupakan faktor pembagi dari besar defleksi akibat pengaruh adanya gaya geser. Dengan nilai pembagi kecil akan menghasilkan nilai defleksi yang lebih besar, sehingga dalam memperhitungkan defleksi pada balok dengan material kayu perlu memperhitungkan defleksi akibat gaya geser.

Dari hasil penelitian di laboratorium dengan menggunakan kayu jenis *Acacia mangium*, diperoleh nilai rata-rata hubungan gaya dan defleksi dari 10 (sepuluh) buah pengujian contoh uji ukuran pemakaian dan 10 (sepuluh) buah contoh uji ukuran bebas cacat seperti dapat dilihat pada Gambar 4.



(a)



(b)

Figure 4. The average value of the load and deflection curve

Note: (a) Full scale specimen
(b) Small clear specimen

Besar modulus elastisitas dari pengujian dengan contoh uji ukuran pemakaian adalah 1073 kg/mm² dan

besar modulus elastisitas contoh uji bebas cacat dengan mengabaikan adanya gaya geser adalah 969 kg/mm². Rasio modulus elastisitas dengan contoh uji ukuran pemakaian terhadap contoh uji bebas cacat adalah 1.107.

Grafik pada Gambar 3 menunjukkan bahwa nilai $a = G/E_{fs}$ sebesar 0.05730, dimana $a = G/E_{fs}$. Maka nilai G atau modulus geser kayu *Acacia mangium* adalah: $0.05730 \times E_{fs}$ atau $(1/17.542) \times E_{fs}$

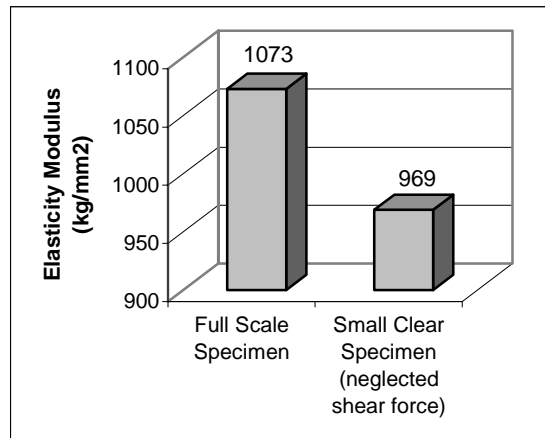


Figure 5. The elasticity modulus of full scale and small clear specimen

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa dan hasil penelitian dalam menduga besar modulus geser kayu *Acacia mangium* dapat disimpulkan bahwa: (1) perhitungan defleksi suatu titik dari balok yang mengalami momen dan gaya geser lendutan yang terjadi merupakan superposisi dari defleksi akibat momen lentur dan pengaruh gaya geser; (2) untuk balok tinggi dengan panjang bentang pendek atau nilai kuadrat dari rasio tinggi balok terhadap panjang bentang balok cukup besar, defleksi akibat gaya geser mempunyai nilai yang perlu diperhitungkan; (3) untuk balok dengan nilai kuadrat dari rasio tinggi balok terhadap panjang bentang balok adalah kecil, defleksi akibat gaya geser dapat diabaikan; (4) nilai modulus geser kayu dapat diperoleh secara mudah dengan cara mengadakan pengujian laboratorium untuk terlebih dahulu memperoleh besar modulus elastisitas dengan contoh uji pemakaian dan contoh uji bebas cacat; (5) dari perbandingan keduanya dan menggunakan grafik dapat diperoleh modulus geser kayu; (6) dengan memperhitungkan defleksi akibat gaya geser akan diperoleh modulus elastisitas dari contoh uji bebas cacat yang lebih besar dibandingkan apabila tidak memperhitungkan defleksi akibat gaya geser; (7) besar modulus elastisitas dari hasil pengujian dengan contoh uji pemakaian adalah 10% lebih besar dibandingkan

dengan modulus elastisitas dengan contoh uji bebas cacat, dimana pada perhitungan defleksi contoh uji bebas cacat masih mengabaikan pengaruh dari adanya gaya geser; (8) modulus geser kayu *Acacia mangium* adalah $1/17.45$ x modulus elastisitasnya.

Saran

Dari hasil analisa serta hasil penelitian yang telah dilakukan terhadap kayu jenis *Acacia mangium* ini disarankan untuk mengadakan penelitian untuk mendapatkan modulus geser pada beberapa jenis kayu yang ada di Indonesia, kemudian membandingkan nilai modulus geser dengan cara yang telah dibahas pada makalah ini dengan metoda pengujian yang telah diatur oleh beberapa peraturan yang berlaku. Saran ini memberi peluang bagi pemerhati atau peneliti kayu untuk dapat melanjutkan dan memperluas penelitian ini sehingga dapat menambah perbendaharaan pengetahuan atau data tentang sifat dasar kayu khususnya masalah modulus geser kayu.

Daftar Pustaka

- Anonymous. Elastic Properties of Wood. 1945-1946. Forest Product Laboratory Reports, 1528 and 1528A-H.
- ASTM D 198-99. Standard Test Methods of Static Test of Lumber in Structural Sizes.
- Beer, F.P and E.R Johnston, Jr. 1992. Mechanics of Material, Second Edition. McGraw Hill Book Company England.
- Biblis, E.J. 1965. Shear Deflection of Wood Beams. Yale University, New Haven, Conn.
- Gere, J.M. and S. Timoshenko. 1997. Mechanics of Material, Fourth Edition. PWS Publishing Company, a Division of International Thomson Publishing Inc.
- Grashof, F. 1878. Elastizitat and Festigkeit 2d ed. Auflage der Festigkeitslehre, Berlin. Germany.
- Newlin, J.A. and G.W.Trayer. 1924. Deflection of Beams with Special Reference to Shear Deformations. Nat.adv.Comm. Acron.Rep.180
- Oden, J.T. and E.A. Ripperger. 1981. Mechanics of Elastic Structures. Second Edition. Hemisphere Publishing Corporation, Washington.
- Radeliffe, B.M. 1953. Shear Deflection in Timber Beams and A Method for the Determination of Shear Moduli, Purdue University Agricultural Experiment Station Lafayette, Indiana.
- Rankine, W.J.M. 1895. Applied Mechanics. 15th ed. Griffin and Co., London, England.
- Tauchert, T.R. 1974. Energy Principles in Structural Mechanics. McGraw-Hill Kogakusha, Ltd.
- Timoshenko, S. and J.M. Gere. 1961. Theory of Elastic Stability, Second Edition. McGraw Hill Book Company, Kogakusha Tokyo.
- Timoshenko, S. 1976. Strength of Materials. Robert E, Third Edition. Krieger Publishing Company Huntington, New York.
- Volterra, E and J.H. Gaines. 1971. Advanced Strength of Materials. Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J.

Diterima tanggal 10 Desember 2004

Indah Sulistyawati, Abdul Muhar Husin dan Surjono Surjokusumo
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Trisakti
(Dept. of Civil Engineering, Faculty of Civil Engineering and Planning, Trisakti University)
Jl. Kyai Tapa no 1 Grogol Jakarta Barat
Telp. 021-5663232 ext. 219, 220; Fax. 021-5663232 ext.209;
Hp. 08161316634 (Indah Sulistyawati)
Email : indswt1423@yahoo.com

Kajian Hubungan antara Kekuatan Sambungan Paku dengan Diameter Paku dan Berat Jenis Kayu pada Beberapa Kayu Indonesia

Study on Correlation between Nail Connection Strength and Both Nail Diameter and Specific Gravity on Several Indonesian Wood

Sucahyo Sadiyo dan Agustina Suharti

Abstract

On a strong, stiff, and stable wood construction for structural purposes, wood connection on several elements on its constituent is generally performed. On this construction, wood connection is a critical point. The strength of this connection is affected by the strength of 3 components, i.e. the connector, the wood, and the connection type. In a truss of structural construction, element of its constituent will receive compressive or tensile loads. In a case of connection, such load is called lateral resistance. In this study, the nail and several Indonesian wood species namely Sengon, Meranti, Kamper, and Bangkirai representing the low, moderate, and high specific gravity, were utilized. Effect of the nail diameter as a connector and wood specific gravity on wood connection has been investigated.

The main objective of this research was to study the correlation between nail connection strength in two types of loading (lateral and withdrawal), and both nail diameter and wood specific gravity on several Indonesian wood.

Based on this study there was a positive correlation between nail diameter and wood specific gravity on lateral or withdrawal resistance. Increasing both the nail diameter and wood specific gravity, resulted in increasing the wood connection strength. Correlation model for lateral and withdrawal resistances using P as the ultimate load, D as nail diameter, and G as wood specific gravity, respectively were $P = 19.95 GD^{2.07}$ and $P = 38.02 G^{1.42}D$.

Key words: nail, specific gravity, lateral resistance, withdrawal resistance, ultimate load.

Pendahuluan

Penggunaan kayu sebagai bahan bangunan masih menjadi pilihan utama bagi sebagian besar masyarakat Indonesia. Hal ini mengingat lebih banyak keuntungan menggunakan kayu sebagai bahan bangunan dibandingkan dengan bahan lain, diantaranya kayu mudah dipotong, mudah disambung, mudah dikerjakan dengan alat sederhana, cukup kuat dengan berat yang relatif ringan, cukup awet, dan memiliki estetika yang tinggi. Kekuatan suatu bangunan dipengaruhi oleh berbagai faktor, diantaranya jenis kayu yang digunakan, jenis atau macam rancang bangun dan faktor-faktor alam yang mempengaruhi.

Perbedaan jenis kayu akan mempengaruhi perbedaan suatu kekuatan bangunan. Salah satu penduga kekuatan kayu adalah dengan mengetahui berat jenis dari kayu tersebut. Semakin tinggi berat jenis kayu maka semakin tinggi pula kekuatan kayu dan semakin rendah berat jenis maka semakin rendah pula kekuatan kayu tersebut.

Suatu bangunan disamping memerlukan rancang bangun yang tepat maka perhatian terhadap sambungan kayu pada bangunan tersebut dapat menyebabkan penggunaan kayu menjadi lebih efektif dan efisien. Menurut Hoyle (1973) sambungan adalah lokasi sederhana yang menghubungkan dua bagian atau lebih menjadi satu dengan bentuk tertentu pada ujung-ujung perlekatannya. Sedangkan menurut Brown *et al.* (1952)

fungsi alat sambung adalah penyambung dan penghantar gaya yang bekerja pada satu bagian ke bagian lain dari sambungan. Satu bagian ke bagian lain tersebut masing-masing merupakan satu kesatuan. Komponen pembentuk sambungan adalah kayu yang akan disambung, alat sambung dan atau pelat sambung.

Alat sambung yang relatif murah dan mudah digunakan adalah paku. Alat sambung paku ini biasa digunakan dalam konstruksi ringan. Pada konstruksi ringan beban yang diterima tidak terlalu besar dan tidak berfungsi sebagai penahan beban utama pada suatu konstruksi. Paku walaupun dalam perkembangannya mulai ditinggalkan karena daya dukungnya kecil tapi paku mempunyai keunggulan di antaranya, paku lebih kaku dan mempunyai sesaran yang lebih kecil dibanding baut (Yap 1964).

Mengingat sebagian besar konstruksi kayu masih menggunakan paku sebagai alat sambung, sehingga diperlukan metode yang mudah dalam mengetahui besar beban yang mampu diterima oleh sambungan tersebut. Pada sambungan paku terdapat dua tipe pembebanan yaitu pembebanan *lateral* dan pembebanan *withdrawal* (Hoyle 1973). Dari dua tipe pembebanan tersebut dapat diketahui besar kekuatan sambungan paku menurut berbagai ukuran diameter paku dan berat jenis beberapa kayu Indonesia. Disamping itu dapat diperoleh pula hubungan antara kekuatan sambungan paku dengan diameter paku dan berat jenis kayu dalam bentuk model matematis atau persamaan antara ketiga faktor tersebut.

Dengan diketahui model matematis batas beban proporsi, maka selanjutnya dapat diketahui beban yang mampu diterima oleh sambungan kayu dari suatu bangunan kayu. Dengan demikian pada pelaksanaannya pemanfaatan kayu sebagai bahan bangunan dapat efektif dan efisien serta memberikan keamanan bagi pekerja maupun penghuni bangunan tersebut.

Bahan dan Metode

Bahan penelitian adalah kayu tropis Indonesia yang memiliki berat jenis dengan sebaran nilai berat jenis rendah sampai tinggi, antara lain kayu Sengon (*Paraserianthes falcataria*), Meranti (*Shorea sp*), Kamper (*Dryobalanops aromatica*), dan Bangkirai (*Shorea laevis*). Bahan lainnya adalah paku dengan berbagai jenis ukuran diameter yaitu 2.8 mm, 3.4 mm, 4.3 mm, dan 5.2 mm. Alat- alat pendukung yang digunakan diantaranya mesin bor dan mata bor, mesin UTM (*Universal Testing Machine*), gergaji, palu dan tang. Contoh uji dibuat sesuai dengan macam atau tipe pembebanan yang diberikan yaitu *lateral* dan *withdrawal*. Bentuk dan ukuran contoh uji menurut macam pembebanan disajikan pada Gambar 1.

Untuk contoh uji pada pembebanan *lateral* dibuat dalam *single shear* dengan tebal disesuaikan menurut Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia (1978), yaitu apabila tebal penampang satu sama dengan tebal penampang dua maka panjang paku lebih besar sama dengan 2.5 tebal penampang tersebut. Dari contoh uji di atas kemudian dilakukan pengujian dengan menggunakan *Universal Testing Machine* merk Baldwin yang telah disesuaikan dengan tipe pembebanannya.

Data laboratorium yang digunakan dalam membangun model regresi terlebih dahulu ditransformasi ke sistem logaritma untuk menghasilkan hubungan atau persamaan antara beban, diameter paku dan berat jenis kayu. Model matematisnya dapat diketahui melalui persamaan:

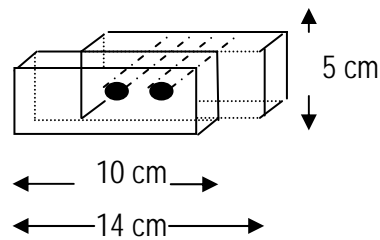
- a). untuk tipe pembebanan *lateral* adalah $P = k GD^n$
 - dan b). untuk pembebanan *withdrawal* adalah $P = k G^n D$
- dimana :

P = kuat sambungan paku dengan pembebanan *lateral* atau *withdrawal* (kg)

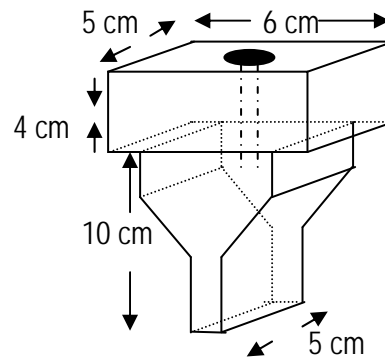
G = berat jenis kayu

D = diameter paku (mm)

k dan n = konstanta



a. Lateral resistance.



b. Withdrawal resistance

Figure 1. Shapes of sample test according to each of load type

Table 1. Average load of lateral resistance according to kinds of nail diameter and wood specific gravity

Specific Gravity (wood species)	Nail Diameter (mm)			
	2.8	3.4	4.3	5.2
0.37 (Sengon)	69.65	116.25	182.60	242.60
0.51 (Meranti)	83.20	124.90	217.50	401.00
0.83 (Kamper)	109.10	158.70	249.30	403.50
0.99 (Bangkirai)	219.15	309.95	436.10	612.60

Hasil dan Pembahasan

Pembebanan *Lateral*

Pembebanan yang dilakukan pada sambungan paku dari empat jenis kayu yang berbeda berat jenis dan diameter pakunya akan menghasilkan beban atau kekuatan sambungan paku yang juga berbeda besarnya. Rata-rata beban yang dihasilkan dari uji sambungan tersebut disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 memperlihatkan adanya peningkatan nilai rata-rata beban yang dihasilkan berdasarkan ukuran diameter paku dan berat jenis kayu. Peningkatan tersebut dapat dilihat pada jenis kayu Sengon, dimana pada diameter paku terkecil, yaitu 2.8 mm dihasilkan beban 69.65 kg sedangkan pada diameter paku terbesar (5.2 mm) dihasilkan juga nilai beban terbesar yaitu 242.60 kg. Sebaliknya pada nilai berat jenis yang sama dihasilkan juga beban yang semakin besar dengan meningkatnya diameter paku yang digunakan. Menurut Tsoumis (1991) sifat mekanis kayu dipengaruhi oleh banyak faktor, terutama oleh kadar air, kerapatan/berat jenis, lama pembebanan dan cacat-cacat kayu. Kerapatan merupakan faktor yang baik dan paling sederhana untuk menduga kekuatan kayu bebas cacat. Dengan demikian kerapatan/berat jenis dapat digunakan sebagai indikator kunci sifat fisis dalam hubungannya dengan sifat mekanis kayu, dimana semakin meningkat berat jenis kayu maka kekuatan atau sifat mekanisnya juga semakin meningkat. Hal ini sejalan dengan pernyataan bahwa dengan meningkatnya ukuran diameter paku maka meningkat pula beban yang dihasilkan. Peningkatan beban ini terutama disebabkan

oleh semakin besar/luasnya permukaan bidang paku yang tertanam di dalam kayu.

Berdasarkan keseluruhan data beban yang dihasilkan dari kekuatan sambungan paku menurut berat jenis kayu dan diameter paku yang berbeda, selanjutnya dapat dirumuskan model matematis atau persamaan baru. Dengan menggunakan model regresi yang terlebih dahulu ditransformasi ke dalam sistem logaritma maka dihasilkan suatu persamaan antara beban yang dihasilkan dengan diameter paku dan berat jenis kayu, yaitu $P = 19.95 G D^{2.07}$. Dengan catatan bahwa beban yang dihasilkan adalah beban maksimum (*ultimate load*). Beban maksimum ini adalah beban terbesar yang mampu diterima oleh sambungan kayu tersebut. Terdapat perbedaan cukup besar antara konstanta persamaan ini dengan persamaan penelitian Pun (1987), yaitu $P = 45.6 G D^{1.59}$, sehingga grafik persamaannya lebih besar atau berada di atas grafik persamaan penelitian ini. Hal ini terutama disebabkan oleh perbedaan macam contoh uji yang digunakan, dimana persamaan pertama dihasilkan dari pengujian menggunakan *single shear* sedangkan penelitian Pun (1987) menggunakan *double shear*. Selanjutnya dikatakan bahwa *double shear* mampu menahan beban lebih besar dibandingkan bentuk *single shear*. Menurut Hoyle (1973) kekuatan kayu terbesar diperoleh pada paku yang mendapat beban *lateral* sehingga hal ini dijadikan dasar pembuatan sambungan yang baik. Selain dapat diketahui beban maksimum berdasarkan berat jenis kayu, dari rumus di atas dapat diketahui juga grafik hubungan antara beban *lateral*, berat jenis kayu dan diameter paku. Grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.

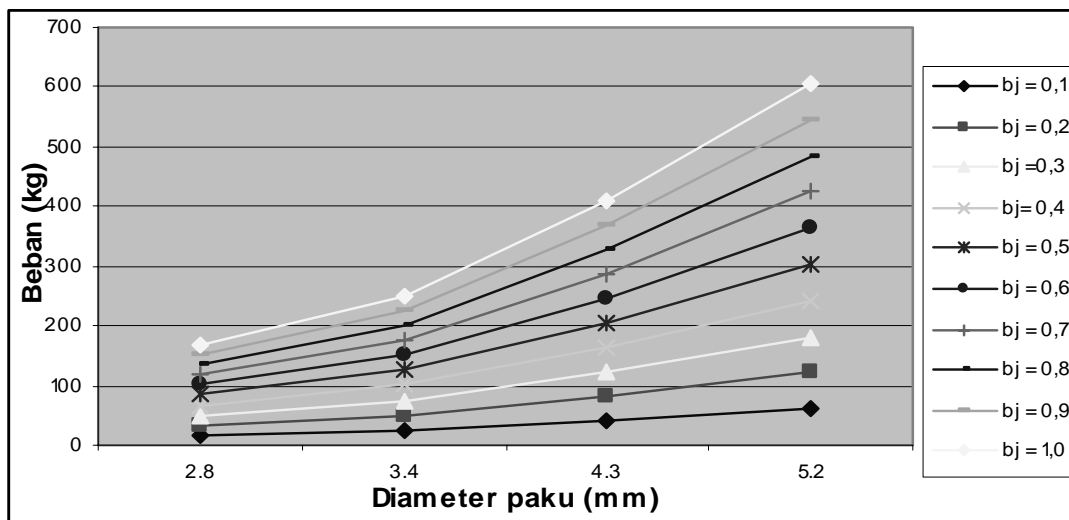


Figure 2. Diagram of relationship between maximum load with both nail diameter and specific gravity on lateral resistance

Pembebanan *Withdrawal*

Pembebanan *withdrawal* dari suatu sambungan paku dilakukan sama seperti pada pembebanan *lateral*, yaitu dilakukan pada empat jenis kayu dan empat ukuran diameter paku. Untuk mengetahui rata-rata beban yang dihasilkan dari uji sambungan tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

Rata-rata beban yang dihasilkan dari pengujian *withdrawal* tidak sebesar dengan rata-rata beban pada pembebanan *lateral* karena pada pembebanan ini paku hanya mengalami pencabutan tanpa mengalami pembengkokan paku maupun kerusakan serat kayu. Menurut Hoyle (1973) terdapat perbedaan kekuatan paku yang dihasilkan antara jenis pembebanan *lateral* dengan *withdrawal*, dimana pada pembebanan *lateral* dihasilkan kekuatan paku yang lebih besar. Paku yang menembus tegak lurus serat memberikan kekuatan yang lebih besar dibandingkan dengan menembus sejajar serat kayu. Seperti halnya pada pembebanan *lateral*, terdapat perbedaan rata-rata beban yang dihasilkan dari tiap-tiap diameter paku dan berat jenis kayu, yaitu terjadi peningkatan nilai beban yang dihasilkan dengan

semakin besar berat jenis kayu dan diameter paku. Pada jenis kayu Sengon, untuk penggunaan diameter paku 2.8 mm dihasilkan beban sebesar 10 kg dan pada diameter paku terbesar yaitu 5.2 mm dihasilkan juga nilai beban yang terbesar yaitu 132.60 kg. Dengan demikian pada nilai berat jenis kayu yang sama dihasilkan beban yang semakin besar dengan semakin besarnya diameter paku yang digunakan.

Sejalan dengan berat jenis atau jenis kayu maka pada diameter paku yang sama dengan berat jenis yang berbeda dihasilkan beban yang berbeda pula dengan kecenderungan bahwa beban yang dihasilkan semakin besar dengan semakin besarnya berat jenis kayu. Hal ini dapat dilihat pada diameter paku 2.8 cm untuk jenis kayu Sengon dengan berat jenis 0.37 dihasilkan beban 10 kg, sedangkan pada jenis kayu Bangkirai yang mempunyai berat jenis tinggi (0.99) dihasilkan beban terbesar juga, yaitu 32.20 kg. Persamaan yang diperoleh dari hasil keseluruhan beban dengan berat jenis dan diameter paku yang berbeda untuk *maximum load* dengan model regresi yang terlebih dahulu ditransformasikan ke dalam sistem logaritma, yaitu $P = 38.02 G^{1.42D}$.

Table 2. Average load of withdrawal resistance according to kinds of nail diameter and wood specific gravity

Specific Gravity (Wood Species)	Nail Diameter (mm)			
	2.8	3.4	4.3	5.2
0.37 (Sengon)	10.00	25.00	51.20	132.60
0.51 (Meranti)	14.00	30.80	123.20	177.40
0.83 (Kamper)	17.60	59.40	134.60	228.20
0.99 (Bangkirai)	32.20	114.00	221.60	301.20

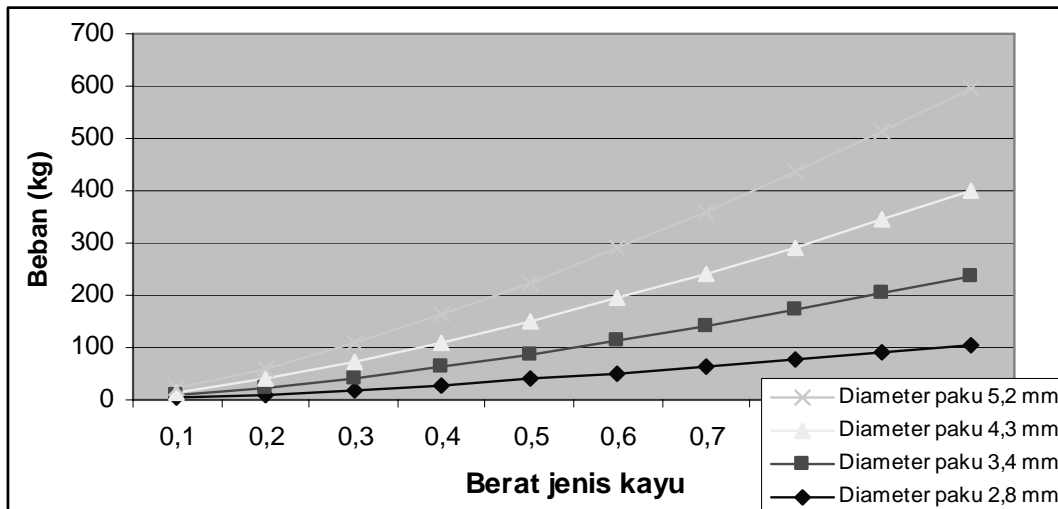


Figure 3. Diagram of relationship between maximum load with both nail diameter and specific gravity on withdrawal resistance

Selain dapat diketahui beban maksimum dari tiap-tiap berat jenis kayu, dari rumus di atas dapat diketahui juga grafik hubungan antara beban *lateral*, berat jenis kayu dan diameter paku (Gambar 3).

Kesimpulan

1. Terdapat hubungan antara diameter paku dengan beban dan keduanya bernilai positif yaitu semakin besar diameter paku yang digunakan maka beban yang mampu ditahan semakin besar pula. Demikian juga pada berat jenis kayu semakin besar berat jenis kayu maka beban yang mampu ditahan juga semakin besar.
2. Model matematis hubungan antara kekuatan sambungan paku dengan diameter paku dan berat jenis kayu untuk beban maksimum pada pembebanan *lateral* yaitu $P = 19.95GD^{2.07}$ dan persamaan beban maksimum pada pembebanan *withdrawal* yaitu $P = 38.02G^{1.42}D$; dimana P adalah kekuatan sambungan paku atau beban yang diterima (kg), G adalah berat jenis, dan D adalah diameter paku (mm).

Daftar Pustaka

- Brown, H.P.; A.J Panshin and C.C Forsaiith. 1952. Textbook of Wood Technology. Vol I. Mcgraw Hill book Co. Inc. New York.
- Direktorat Jenderal Cipta Karya. 1978. Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia NI-65 PKKI 1961. Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan. Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik. Yayasan Dana Normalisasi Indonesia. Bandung.
- Hoyle, R. J. Jr.1973. Wood Technology in The Design of Structures. Mountain Press Publishing Company. Missoula, Montana. USA.
- Pun, C. Y. 1987. Structural Timber Joints. Malayan Forest Records No. 32. Forest Research Institute Malaysia. Kuala Lumpur.
- Tsoumis, G. 1991. Science and Technology of Wood: Structure, Properties, Utilization. Van Nostrand Reinhold. New York.
- Yap, K.H.F. 1964. Konstruksi Kayu. Bina Cipta. Bandung.

Diterima tanggal 10 Desember 2004

Sucahyo Sadiyo dan Agustina Suharti
Departemen Teknologi Hasil Hutan - Fakultas Kehutanan – Intitut Pertanian Bogor
(*Department of Forest Product Technology – Faculty of Forestry – Bogor Agricultural University*)
Kampus IPB Darmaga, Kotakpos 168 Bogor 16001
Telp. (0251) 621285-422982;
Fax. (0251) 621285;
E-mail : jthh-ipb@indo.net.id

Penurunan Kadar Air Keseimbangan dan Peningkatan Stabilitas Dimensi Kayu dengan Pemanasan dan Pengekangan

Reducing Equilibrium Moisture Content and Improving Dimensional Stability of Wood through Heating and Restraining

Zahrial Coto

Abstract

This research was intended to find out the effect of heating (drying at 100°C) and heating plus restraining to the Equilibrium Moisture Content (EMC) condition and dimensional stability of four Indonesian woods. Tangential board samples about 25 cm long, 15 cm wide, 2.5 cm thick, and five replications were dried at 50°C followed by increasing drying temperature up to 100°C for heating treatment. Samples for multiple heating were air-dried followed by reheating at 100°C. Samples for heating plus restraining were restrained immediately by two U-steel plates connected with four nuts and bolts. All samples were air dried for one week and measured (length, width and thickness) to the nearest 0.01 mm and weighted to the nearest 0.01 g. Samples, 2.5 cm along the grain were produced from the air-dried boards. Five samples were produced from control boards, four for the effect of time and one for control. One sample was produced from each of the three treatments. All samples were air dried and weighted to the nearest 0.01 g measured (tangential direction) to the nearest 0.01 mm. After conditioning at 50°C (Relative Humidity = RH around 20%), all samples were re-measured and re-weighted, followed by oven dried. Moisture content at air dried and 20% RH as well as shrinkage from air dried to 20% RH were calculated.

Result of the study showed that all three treatments significantly reduced the EMC condition around 2~4%. The highest decrease in EMC was observed for multiple heating treatments. No significant effect was observed for the EMC condition by restraining. All three treatments did not decrease the Rate of Dimensional Change.

Key words: Indonesian wood, heating, restraining, EMC condition, dimensional stability.

Pendahuluan

Kayu segar yang baru ditebang dan dibuat sortimen mempunyai Kadar Air (KA) tinggi, karena pohon dalam hidupnya memerlukan air sebagai sarana transportasi hara dari akar ke daun dan hasil asimilasi dari daun ke bagian lain dari pohon. Air di dalam kayu segar terdapat di rongga sel (sebagai air bebas = *free water*) dan di dinding sel (air terikat = *bound water*).

Bila kayu kering, seluruh air bebas dan sebagian dari air terikat akan keluar dari kayu. Keluarnya air terikat dari dinding sel akan menyebabkan susut. Oleh sebab itu agar dimensi kayu tidak berubah sewaktu digunakan, misalnya sebagai komponen meubel, maka sebelum dijadikan komponen, kayu tersebut harus dikeringkan ke Kadar Air Keseimbangan (KAK) dimana kayu tersebut akan digunakan. Untuk Indonesia KAK berkisar antara 10-17%, tergantung jenis kayu dan kelembaban nisbi (*Relative Humidity* = RH) rata-rata dari ruangan.

Walaupun kayu telah dikeringkan terlebih dulu ke KAK tempat pembuatan (pabrik) sebelum dibuat komponen meubel atau komponen lain, dimensi kayu terutama arah tangensial masih dapat berubah, antara lain karena:

- Meubel tersebut di ekspor dan digunakan di ruangan dengan RH yang lebih rendah, yang akan menyebabkan turunnya KA dan susut.
- Musim hujan dan musim kemarau yang menyebabkan RH berubah-ubah, sehingga KA berubah-ubah.
- Meubel dibuat di udara terbuka dan ditempatkan di ruang ber-*air condition* (AC) dengan RH yang lebih rendah dari ruang terbuka, akibatnya KA turun dan susut.

Masalah lain untuk meubel yang akan di ekspor adalah persyaratan KAK yang lebih rendah dibanding KAK rata-rata di Indonesia dan persyaratan perubahan dimensi yang sangat ketat. Beberapa keluhan dari pengeksportir terhadap tingginya KA (diatas 12%) diperkirakan terjadi oleh pengeringan yang kurang sempurna. Untuk mengatur hal tersebut perlu dilakukan usaha-usaha penurunan KAK dan peningkatan stabilitas dimensi khususnya arah tangensial yang dapat dilakukan baik secara kimia, fisis maupun mekanis. Tingkat stabilitas dimensi dapat dinyatakan dalam Laju Perubahan Dimensi (LPD) yaitu besarnya perubahan dimensi untuk setiap perubahan KA.

Penurunan KAK dan penurunan LPD secara fisis dapat dilakukan dengan pengeringan ke KA = 0% dan pemanasan berulang. Pengeringan ke KA = 0%, menyebabkan perubahan sebagian daerah amorf

menjadi kristalit yang berakibat berkurangnya tangan OH yang tersedia untuk berikatan dengan molekul air. Pemanasan diperkirakan menyebabkan dekomposisi sebagian dari hemiselulosa yang menyebabkan penurunan higroskopisitasnya (Stamm 1964). Secara mekanis hal tersebut dapat dilakukan dengan penekanan atau pencegahan pengembangan dengan

pengekangan yang menghasilkan dampak penekanan. Dengan penekanan diharapkan sebagian daerah amorf berubah menjadi kristalit.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui penurunan KAK dan peningkatan stabilitas dimensi oleh pemanasan dan pengekangan.

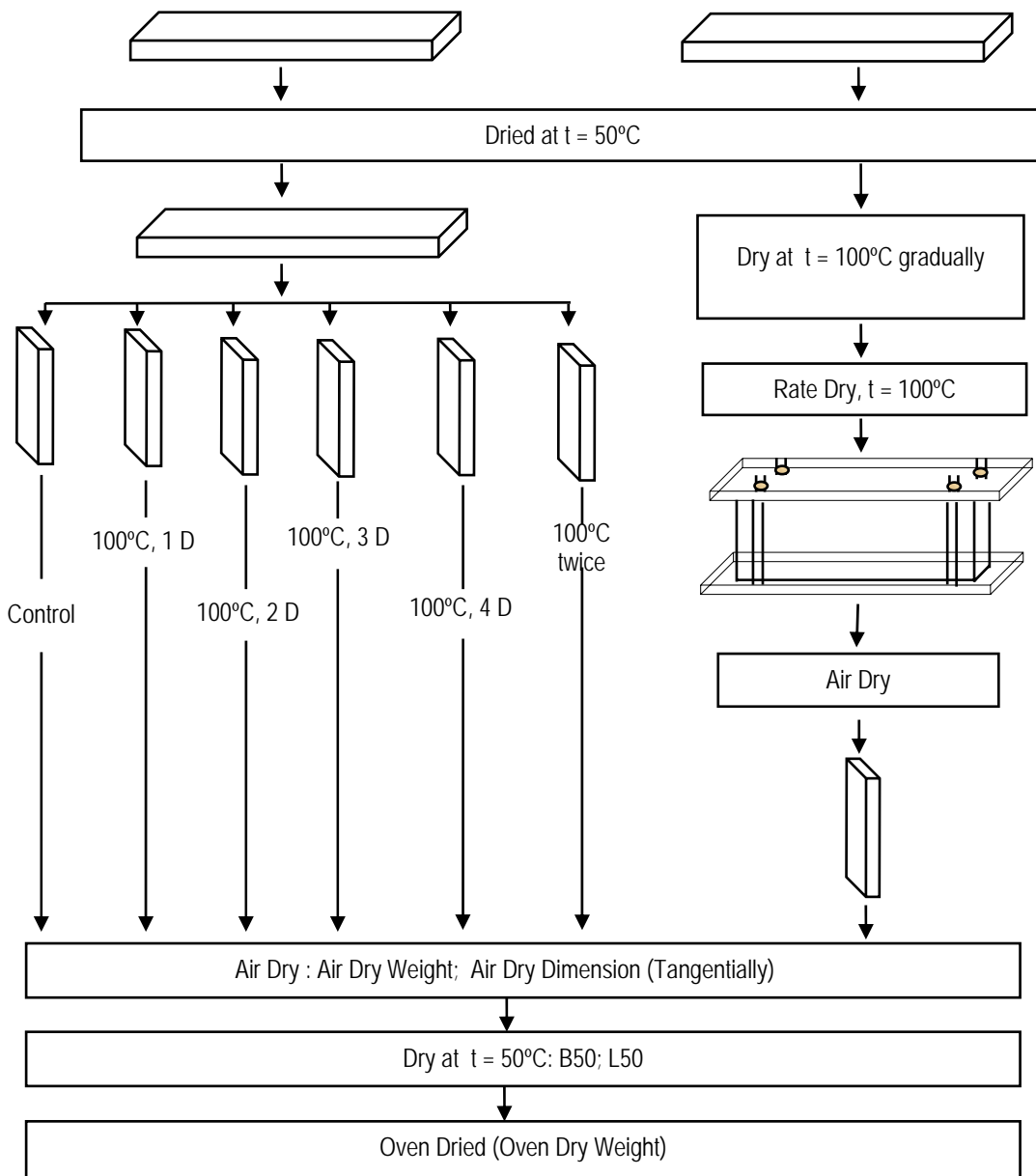


Figure 1. Samples preparation and treatment

Bahan dan Metode

Contoh uji yang digunakan berupa papan tangensial Kamper (*Dryobalanops* sp), Karet (*Hevea brasiliensis*), Gmelina (*Gmelina arborea*) dan Meranti (*Shorea* sp) yang dari penelitian sebelumnya merupakan kayu dengan KAK tinggi dan stabilisasi dimensi yang rendah (Coto 2004). Contoh uji, ukuran panjang 25 cm (arah longitudinal) lebar 15 cm (arah tangensial) dan tebal 2.5 cm (arah radial) dikeringkan dengan temperatur sekitar 50°C dengan pengaturan damper (ventilator) agar kelembaban di dalam oven tidak terlalu rendah, sampai beratnya tetap. Proses ini diperkirakan tidak berpengaruh secara nyata terhadap LPD kayu. Papan-papan tersebut selanjutnya digunakan sebagai bahan pembuat contoh uji perlakuan panas.

Contoh uji papan dengan perlakuan panas dan panas + pengekangan dikeringkan secara bertahap sampai temperatur 100°C. Pengekangan contoh uji panas + pengekangan dilakukan dengan menggunakan 2 batang besi U dilengkapi dengan baut-mor dan selanjutnya dikering-udarkan, untuk mencegah papan mengembang karena menyerap uap air.

Contoh uji berukuran 2.5 cm arah longitudinal, sebanyak 5 buah dibuat untuk masing-masing papan perlakuan panas yang digunakan untuk melihat pengaruh lama pemanasan 100°C, untuk 1 hari, 2 hari, 3 hari, 4 hari dan pemanasan berulang serta satu sebagai kontrol. Masing-masing satu contoh uji kecil dibuat dari contoh uji panas + kekang.

Semua contoh uji dikondisikan di udara terbuka sampai beratnya tetap dan didapatkan Berat Kering Udara (BKU). Contoh uji ditimbang dengan ketelitian 0.01 g dan diukur dimensi tangensialnya dengan ketelitian 0.01 mm. Selanjutnya contoh uji dimasukkan dalam oven dengan suhu 50°C (RH sekitar 20%) sampai beratnya tetap. Setelah ditimbang dan diukur, contoh uji dikering-tanurkan untuk mendapat Berat Kering Tanur (BKT).

Kadar Air Keseimbangan pada kondisi Kering Udara (KA_{KU}) dan Kadar Air Keseimbangan pada temperatur = 50°C (KA_{50}) dihitung dengan rumus:

$$KA_{KU} = \frac{BKU - BKT}{BKT} \times 100\%$$

$$KA_{50} = \frac{B_{50} - BKT}{BKT} \times 100\%$$

Susut (S) dari KA_{KU} ke KA_{50} dan Laju Perubahan Dimensi (LPD) dihitung dengan rumus:

$$S_{KU \rightarrow 50^{\circ}C} = \frac{L_{KU}}{(L_{KU} - L_{50})} \times 100\%$$

$$LPD = \frac{S_{KU \rightarrow 50^{\circ}C}}{(KA_{KU} - KA_{50})}$$

Table 1. Moisture content (MC) at $t = 50^{\circ}C$ and shrinkage (S) from air dry condition (AD) to $t = 50^{\circ}C$

Wood Species	Control		100°C (1 day)		100°C (2 days)		100°C (3 days)		100°C (4 days)		100°C, twice		100°C +Restrain	
	MC	S	MC	S	MC	S	MC	S	MC	S	MC	S	MC	S
	50°C	AD-T50	50°C	AD-T50	50°C	AD-T50	50°C	AD-T50	50°C	AD-T50	50°C	AD-T50	50°C	AD-T50
Kamper	3.57	3.34	3.58	3.72	3.12	3.12	2.97	3.14	3.18	2.76	3.34	1.97	3.40	2.59
Karet	3.67	4.15	3.12	3.34	3.19	3.16	3.20	3.63	3.21	3.51	3.74	3.20	3.33	3.73
Gmelina	4.36	1.72	3.85	1.50	2.95	2.12	2.78	1.90	2.90	1.98	2.85	1.47	3.21	1.88
Meranti	3.67	3.28	3.00	2.24	3.19	2.54	3.10	2.04	3.13	2.07	3.84	1.55	2.86	2.65

Table 2. Air-dry moisture content (AD-MC) and rate of dimensional change (RDC) for control and treated samples

Wood Species	Control		100°C, 1 day		100°C, 2 days		100°C, 3 days		100°C, 4 days		100°C, twice		100°C+Restrain	
	AD-MC	RDC	AD-MC	RDC	AD-MC	RDC	AD-MC	RDC	AD-MC	RDC	AD-MC	RDC	AD-MC	RDC
Kamper	13.03	0.35	11.87	0.45	12.24	0.34	12.16	0.34	12.20	0.31	10.34	0.28	11.84	0.31
Karet	13.16	0.44	12.27	0.37	12.17	0.35	12.29	0.40	12.16	0.39	10.76	0.46	12.12	0.42
Gmelina	13.07	0.20	11.96	0.18	12.05	0.23	12.08	0.20	12.04	0.22	10.42	0.19	11.97	0.21
Meranti	13.36	0.34	12.50	0.24	12.44	0.27	12.35	0.22	12.48	0.22	10.86	0.22	12.37	0.28

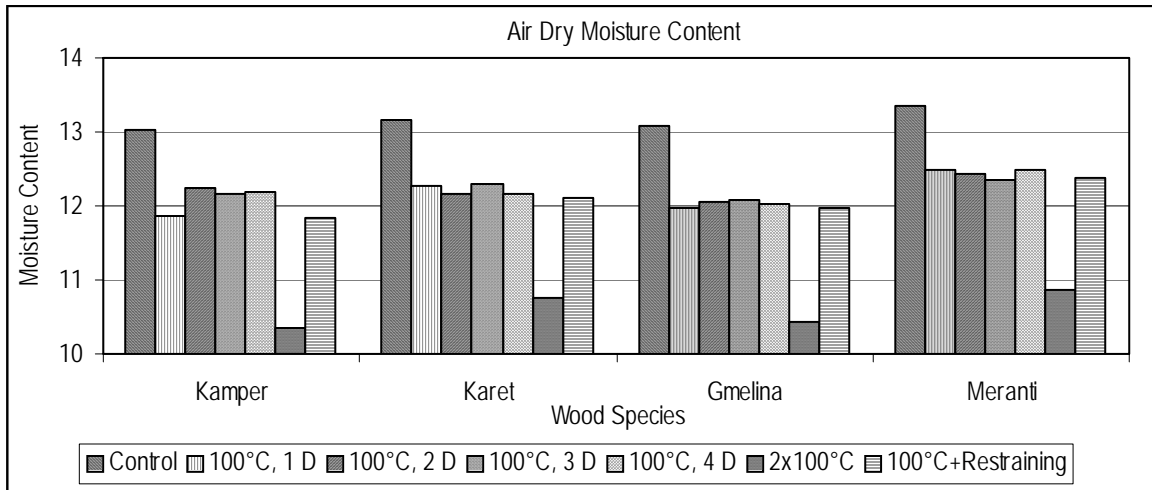


Figure 2. Air dry moisture content for heating and heating plus restraining
Note: D = days

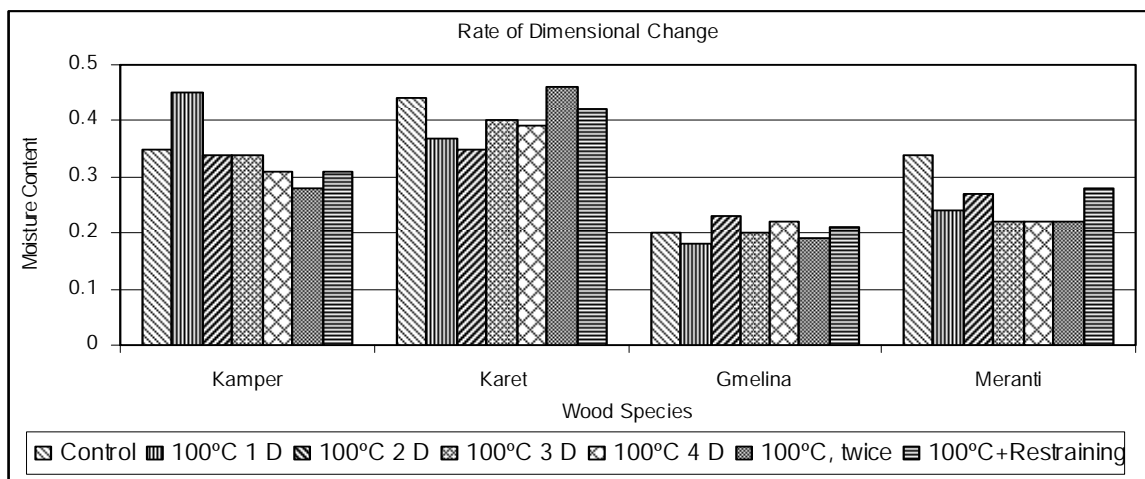


Figure 3. Rate of dimensional change for heating and heating plus restraining
Note: D = days

Hasil dan Pembahasan

Kadar Air Kering Udara (KAK_U) dan Susut dari KU ke t = 50°C dari 4 jenis kayu yang diteliti dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2 serta Gambar 2 dan 3.

Dari Tabel 1 dan Gambar 2 terlihat bahwa perlakuan panas 100°C yang menyebabkan KA turun mendekati 0%, menyebabkan turunnya KAK. Hal ini diperkirakan merupakan dampak bersama antara histeresis dan penurunan higroskopisitas hemiselulosa (Tsoumis 1991). Lama pemanasan tidak berpengaruh nyata terhadap penurunan KAK, hal ini diperkirakan karena perubahan higroskopisitas hemiselulosa tidak

dipengaruhi oleh lama pemanasan. Pemanasan berulang menyebabkan histeresis terjadi 2 kali, sehingga secara nyata menurunkan KAK. KAK dari contoh uji perlakuan panas+pengekangan tidak berbeda nyata dengan KAK contoh uji dengan hanya perlakuan panas. Hal ini diperkirakan tidak adanya pengaruh tambahan oleh pengekangan terhadap histeresis. Perlakuan panas dan panas + pengekangan tidak secara nyata berpengaruh terhadap laju perubahan dimensi. Hal ini membuktikan bahwa susut yang terjadi sama dengan volume air yang masuk ke daerah amorf di dinding sel (Skaar 1972). KAK terendah didapat dengan pemanasan berulang.

Pemanasan 100°C menurunkan susut dari basah ke KU sebesar 16% (dari 4.15 % ke 3.34%) untuk kayu Karet, 13% (dari 1.72% ke 1.50%) untuk Gmelina dan 32% (dari 3.28% ke 2.24%) untuk Meranti. Tabel 1 menunjukkan pemanasan tidak menurunkan besarnya susut pada kayu Kamper. Pemanasan berulang menurunkan susut dari basah ke KU sebesar 53% untuk Meranti, 41% untuk Kamper, 23% untuk Karet dan 15% untuk kayu Gmelina.

Pemanasan, pemanasan berulang dan pemanasan plus pengeangan tidak menurunkan LPD secara nyata. Pemanasan berulang menurunkan LPD kayu Kamper sebesar 20% (dari 0.35 menjadi 0.28), Gmelina 5% (dari 0.20 menjadi 0.19) dan Meranti sebesar 35% (dari 0.34 menjadi 0.22). Pemanasan berulang tidak menurunkan LPD untuk kayu Karet.

Kesimpulan

1. Pemanasan berulang menyebabkan penurunan KAK terbesar untuk keempat kayu yang diteliti, yang diperkirakan terjadi karena berulangnya proses histeresis.
2. Lama pemanasan tidak menyebabkan penurunan KAK secara nyata, karena tidak menambah degradasi pada hemiselulosa. Akibatnya lama pemanasan tidak menambah penurunan higroskopisitas hemiselulosa.

Diterima tanggal 29 Desember 2004

Zahrial Coto

Departemen Teknologi Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor
(Dept. of Forest Products Technology, Faculty of Forestry, Bogor Agricultural University)
Kampus IPB Darmaga, PO BOX 168, Bogor 16001
Telp. 0251-621285; 621677, Fax. 0251-621285; 621256

3. Pengeangan tidak menurunkan KAK secara nyata, karena pengeangan tidak meningkatkan histeresis.
4. Pemanasan berulang menurunkan laju perubahan dimensi kayu Meranti, Kamper dan Gmelina. Pemanasan berulang tidak menurunkan LPD untuk kayu Karet. Pemanasan, lama pemanasan dan pengeangan tidak menurunkan laju perubahan dimensi untuk keempat kayu yang diteliti.

Saran

Untuk perabotan kayu yang akan di ekspor ke tempat dengan KAK rendah, pengeringan harus dilakukan dengan temperatur tinggi (sampai 100°C) dan kalau memungkinkan dilakukan pemanasan ulang

Daftar Pustaka

- Coto, Z. 2004. Tingkat Stabilisasi Dimensi Delapan Jenis Kayu Indonesia. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis*, 2 (1):34-39.
- Skaar, C. 1972. *Water in Wood*. Syracuse University Press, Syracuse New York.
- Stamm, A.J. 1964. *Wood and Cellulose Science*. Ronald Press, New York.
- Thoumis, G. 1991. *Science and Technology of Wood*. Van Nostrand reinhold, New York.

Ketahanan Kayu terhadap Serangan Rayap Tanah dengan Perlakuan Garam Metal

The Subterranean Termites Resistance of Metal-Salt Treated Wood

Sulaeman Yusuf dan Takeshi Furuno

Abstract

Treatment of wood with a boron compound (inorganic substance) having both fire and biological resistance, dimensional stability and other features has been studied. In this experiment, borax and metal-salt treated wood were studied to evaluate the termite resistance. The water-saturated wood specimens were first impregnated by a saturated borax solution and then diffuse-penetrated with Zn and Cu. The second specimens were impregnated with colloidal silica and evaluated the effect of wood treatment by subterranean termites.

The results indicated that colloidal-silica and methaborate-salt showed generally good termite resistance with negligible mass loss of specimens.

Key words: methaborate-salt, colloidal silica, subterranean termite

Pendahuluan

Perlakuan kayu dengan menggunakan komposisi boron (substansi anorganik) dapat mempengaruhi sifat ketahanan terhadap api, ketahanan terhadap kerusakan biologi, kestabilan dimensi dan peningkatan sifat-sifat lain (Nicholas *et al.* 1990). Akan tetapi adanya sifat yang mudah luntur (*leachable*) membuat kayu menjadi tidak efektif untuk pemakaian kontak langsung dengan tanah (*ground contacts*) dan pencemaran lingkungan apabila untuk penggunaan di luar ruangan (Hashim *et al.* 1994). Agar pemakaian komposisi boron sebagai bahan pengawet kayu dapat dipakai secara luas, maka proses perlakuan kimia harus diperhatikan agar proses pelunturan dapat dikurangi. Lloyd *et al.* (2001) melaporkan penelitian tentang bagaimana cara mengurangi pelunturan boron.

Perlakuan kayu dengan menggunakan *zinc borate* memperlihatkan hasil yang cukup baik untuk mengurangi pelunturan, hal itu berarti *zinc borate* dapat digunakan sebagai bahan pengawet kayu (Manning dan Laks 1996). *Zinc borate* tidak mudah larut air sehingga sulit untuk memasukkannya ke dalam kayu, namun dalam pembuatan papan partikel dapat dimungkinkan karena serbuk *zinc borate* dapat disemprotkan ke permukaan kayu sebelum ditambahkan perekat (Manning dan Laks 1996).

Pada tahun 1980-an pernah dicoba dalam skala besar penggunaan campuran kayu-mineral, namun karena garam anorganik yang sifatnya tidak mudah larut, sulit diurai dan dibakar, maka limbah yang diakibatkan oleh sisa penggunaan kayu perlakuan menjadi masalah lingkungan yang serius (Kajimoto 2000).

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah komposisi boron kemungkinan dapat digunakan

sebagai bahan pengawet kayu dan juga mengevaluasi pengaruhnya kepada rayap tanah.

Bahan dan Metode

Perlakuan dengan *Colloidal Silica* dan Campuran *Colloidal silica* dan Asam Borat

Kayu Sugi (*Cryptomeria japonica*) jenuh air dengan ukuran panjang 10 cm, lebar dan tebal 2 cm direndam (proses difusi) dalam *silicic acid anhydride* dan atau campuran *colloidal silica* dan asam borat dengan konsentrasi 30.4% selama 24 jam. Sedangkan campuran *colloidal silica* dan asam borat dibuat dengan mencampurkan kedua larutan tersebut dengan komposisi *silicic acid anhydride* 30.4% dicampur dengan 5% w/w asam borat. Contoh uji yang telah direndam dipanaskan dalam oven dengan temperatur 60°C untuk memperoleh kombinasi *colloidal silica*.

Perlakuan dengan Garam Metaborat

Kayu Sugi jenuh air dengan ukuran yang sama direndam dalam air sehingga menjadi jenuh air dengan bantuan pompa vakum. Kayu jenuh air tersebut direndam dalam larutan jenuh boraks pada temperatur ruangan. Keadaan tersebut dipertahankan pada tekanan udara normal selama 48 jam. Ada 2 macam perlakuan perendaman yang dilakukan yaitu: pertama, contoh uji direndam (proses difusi) dalam larutan boraks (*single treatment*) kemudian dikeringkan dalam oven 105°C selama 24 jam. Kedua, setelah dengan perlakuan boraks, contoh uji direndam dalam larutan CuSO₄ dan atau Zn SO₄ pada tekanan udara normal selama 48 jam, kemudian dikeringkan dalam oven 105°C selama 24 jam. Prosedur kedua tersebut disebut *double treatment*. Masing-masing perlakuan dihitung penambahan berat

(*Mass Percent Gain*) dari kayu dengan perlakuan metabolat.

Prosedur Pelunturan (*Leaching Procedure*)

Prosedur pelunturan dilakukan mengikuti prosedur Japanese Industrial Standard (JIS) JIS K 1571-1998. Sepuluh contoh uji setiap perlakuan direndam dalam 1000 ml *beaker glass* yang berisi 400 ml *aquadest* (10 kali volume contoh uji) dibawah vakum selama 20 menit. Setelah vakum dilepas, contoh uji dalam *aquadest* dibiarkan dan diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer* (400-500 rpm) pada temperatur ruangan selama 8 jam, diikuti dengan pemanasan dalam oven 60°C selama 16 jam. Selama proses *leaching* tersebut *aquadest* selalu diganti setiap hari dengan perbandingan yang sama yaitu volume air 10 kali lipat volume contoh uji. Prosedur tersebut diulangi sampai dengan 10 kali.

Pengujian Rayap dengan Metoda “*Choice Feeding Test*”

Rayap *Coptotermes* sp.: Contoh uji dengan ukuran yang sama disusun dengan 5 pengulangan secara bergantian antara kayu perlakuan dan kontrol di atas koloni rayap tanah *Coptotermes* sp. Contoh uji tersebut disusun di atas potongan papan kayu sebagai umpan yang diletakkan di atas koloni rayap. Di bagian atasnya diletakkan penutup yang terbuat dari papan agar contoh uji kayu terhindar dari cahaya sehingga rayap dapat dengan leluasa masuk ke dalamnya. Periode pengamatan dilakukan selama 90 hari dan setelah selesai pengujian, kayu dihitung pengurangan beratnya.

Rayap tanah *Macrotermes gilvus*: Contoh uji disusun bergantian antara kayu perlakuan dan kontrol di atas *concrete block* setinggi 10 cm. *Concrete block* tersebut diletakkan di atas tanah yang kemungkinan banyak rayapnya, kemudian ditutup dengan kotak yang terbuat dari seng dengan ukuran panjang dan lebar 40 cm serta tinggi 30 cm (Gambar 1). Pengamatan dilakukan setelah pengujian berlangsung selama 90 hari dan dilakukan penghitungan prosentase pengurangan berat contoh uji sebelum dan sesudah pengujian.

Hasil dan Pembahasan

Prosentase Pertambahan Masa Kayu (*Mass Percent Gain*)

Prosentase pertambahan masa kayu (MPG) dengan perlakuan *colloidal silica*, asam borat, boraks dan garam metabolat dapat dilihat pada Gambar 2. Pada gambar tersebut terlihat bahwa perlakuan hanya dengan *colloidal silica* (*single diffusion*) mempunyai MPG yang lebih kecil dibandingkan dengan MPG campuran *colloidal silica* dan asam borat (*double diffusion*). Perbedaan yang lebih besar tersebut dipengaruhi oleh masuknya asam borat ke dalam kayu. Sedangkan perlakuan dengan metabolat, MPG untuk perlakuan metabolat (*double diffusion*) lebih kecil dibandingkan dengan perlakuan hanya dengan boraks (*single diffusion*). Hal ini mungkin disebabkan oleh tidak bereaksinya seluruh boraks dengan logam Cu atau Zn sehingga menyebabkan MPG lebih kecil dibandingkan dengan boraks.

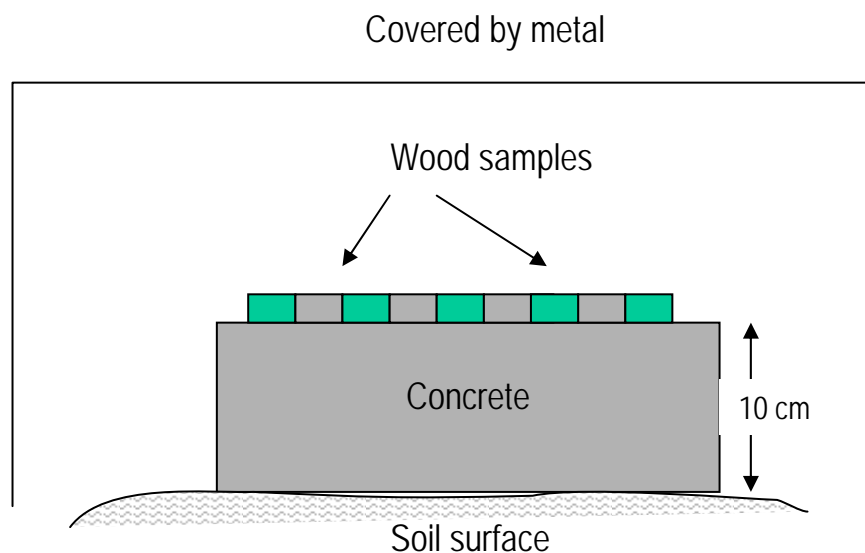


Figure 1. Choice feeding test of subterranean termites (*Macrotermes gilvus*) in the field

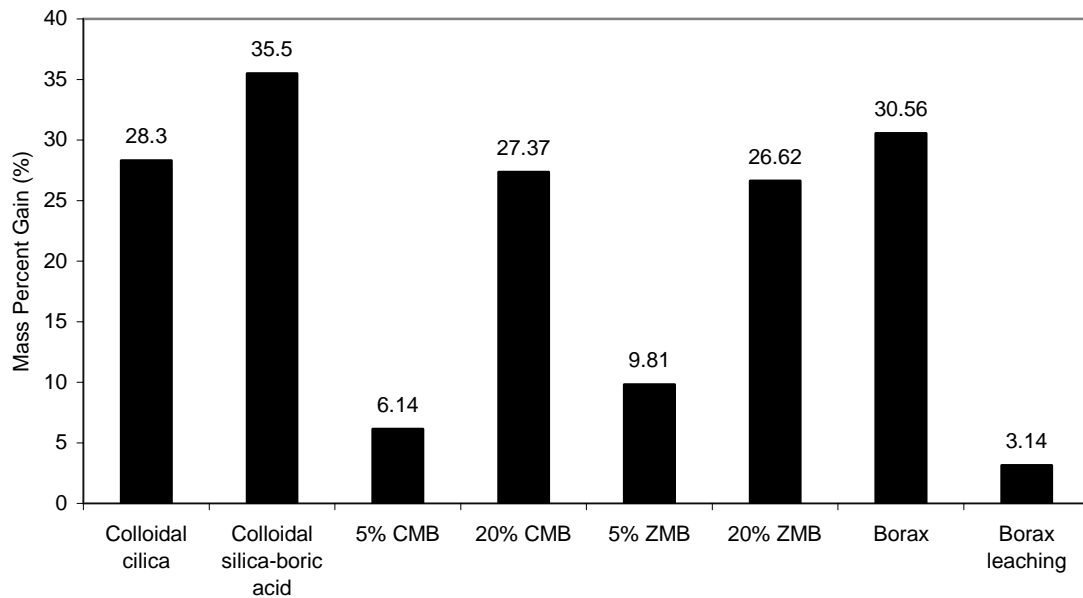


Figure 2. The correlation between concentration and mass percent gain (MPG)
 Note: CMB : Cupper methaborate, ZMB : Zinc methaborate

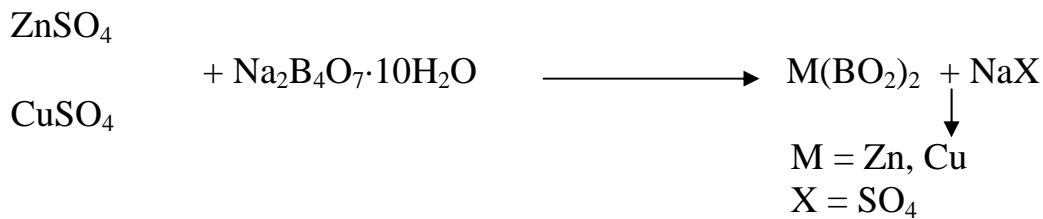


Figure 3. Proposed reaction between borax and metal-salt



Figure 4. Decomposition of methaborate in the acid condition

Pelunturan Boraks (*Borax Leachability*)

Reaksi antara boraks dan logam Cu atau Zn dapat dilihat pada Gambar 3 sedangkan reaksi terjadinya pelunturan metaborat dalam air disajikan pada Gambar 4.

Pada reaksi tersebut terjadi pengendapan garam logam metaborat yang diperkirakan menumpuk pada lumen sel sehingga tidak dapat luntur walaupun tercuci oleh air. Garam logam metaborat hanya dapat larut apabila direaksikan dengan asam dan menghasilkan asam borat (Gambar 4) dan asam borat akan tercuci oleh air sehingga terjadi pelunturan (Furuno *et al.* 2003). Perlakuan hanya dengan asam borat atau dengan

boraks masih tidak stabil dan mudah larut lagi dalam air membentuk asam borat lagi. Oleh karena itu perlakuan dengan boraks atau asam borat sebaiknya tidak *single diffusion* melainkan dengan proses *double diffusion* sehingga pelunturan borat dapat dihindari.

Ketahanan terhadap Rayap

Pengurangan berat kayu perlakuan *colloidal silica*, boraks dan metaborat setelah diumpukan ke rayap *Coptotermes* dan *Macrotermes* selama 90 hari disajikan dalam Tabel 1. Pengurangan berat untuk kontrol hampir mencapai 30% dan ada yang mencapai diatas 40%

Tabel 1. The weight losses of untreated and treated wood after exposed to the subterranean termites of *Coptotermes* and *Macrotermes* for 90 days

Treatment	MPG (%)	Mass Losses (%)	Termite species
Colloidal Silica	28.30 (6.35)	- 2.57 (0.22)	Coptotermes
Colloidal Silica – boric acid	35.50 (6.08)	- 2.17 (0.32)	
Untreated		12.12 (8.61)	
Colloidal Silica	21.33 (2.54)	- 7.22 (1.88)	Macrotermes
Colloidal Silica – boric acid	27.58 (1.91)	- 4.77 (0.45)	
Untreated		28.52 (24.60)	
5% Cu Methaborate	6.14 (0.97)	2.06 (2.12)	
20% Cu Methaborate	27.37 (1.52)	-1.59 (2.68)	
5% Zn Methaborate	9.81 (0.55)	2.47 (1.07)	Macrotermes
20% Zn Methaborate	26.62 (2.13)	-0.08 (4.89)	
Borax	30.56 (2.60)	5.18 (5.49)	
Borax Leached	3.14 (0.49)	10.71 (7.04)	
Untreated		46.12 (23.14)	

untuk rayap jenis *Macrotermes*. Sedangkan untuk perlakuan metaborat dan *colloidal silica* tidak terjadi pengurangan berat untuk konsentrasi tinggi dan hanya 2% untuk metaborat 5%. Pengurangan berat untuk perlakuan dengan boraks dapat mencapai 5%, namun setelah dilakukan pelunturan maka pengurangan berat bertambah menjadi 10 %. Hal ini berarti bahwa ketahanan kayu tersebut terhadap rayap bukan karena efek dari boraks melainkan karena metaborat tersebut.

Dilain pihak pengujian terhadap rayap jenis *Coptotermes*, *colloidal silica* maupun campurannya dengan asam borat sangat baik, hal itu ditandai dengan pengurangan berat yang sangat signifikan dibandingkan dengan kontrolnya (12%), bahkan tidak terjadi pengurangan berat sama sekali yang ditandai dengan nilai negatif pada pengurangan berat. Nilai pengurangan berat negatif artinya tidak terjadi serangan rayap dan bahkan terjadi penambahan akibat kemungkinan tanah yang masih menempel pada contoh uji.

Dari pengamatan kedua jenis rayap tersebut dapat dijelaskan bahwa jenis rayap *Macrotermes* dan *Coptotermes* menyukai jenis kayu-kayu tersebut di atas ditandai dengan pengurangan berat yang tinggi. Sedangkan apabila kayu diberi perlakuan dengan *colloidal silica*, dan metaborat dapat tahan terhadap kedua serangan rayap tanah.

Kesimpulan

Kemungkinan dapat membuat perlakuan kayu dengan borat-anorganik, sistem garam logam, *colloidal*

silica dan metaborat dengan metoda *double diffusion*. Pengendapan yang terjadi dalam kayu dari kedua metaborat tersebut menjadi tidak atau sukar larut dalam air sehingga tidak menyebabkan pelunturan. Formasi metaborat di dalam kayu perlakuan dapat menyumbangkan teknik yang sangat baik untuk meningkatkan ketahanan terhadap rayap tanah.

Daftar Pustaka

- Furuno, T.; L. Lin and S. Katoh. 2003. Leachability, Decay, and Termite Resistance of Wood Treated with Methaborates. *J. Wood Sci.*, 49, 344-348
- Hashim R.; R.J. Murphy; D.J. Dickson and J.M. Dinwoodie. 1994. Vapor Boron Treatment of Wood Based Panels: Mechanisms for Effect Upon Impact Resistance. Document no. IRG/WP 94-40036. International Research Group on Wood Preservation. Nusa Dua, Bali, Indonesia, pp 1-26.
- Japanese Industrial Standard (JIS) JIS K 1571-1998
- Kajimoto T.; M. Takagi; T. Hatta and Y. Imamura. 2000. Separation of Components of CCA-treated Wood by Rapid Thermolysis Method (in Japanese). In: Abstracts of the 50th Annual Meeting of the Japan Wood Research Society, Kyoto, Japan, p 706
- Lloyd J.D.; J.L.Fogel and A. Vizek. 2001. The Use of Zirconium as an Inert Fixative in Preservation. Documents no. IRG/WP 01-30256. International Research Group on Wood Preservation. Nara, Japan, pp 1-26.

Manning M.J. and P.E. Laks. 1996. Field Performance of Borate-containing Wood Composites. In: Proceeding of 3rd Pacific Rim Bio-Based Composites Symposium, Kyoto, Japan, pp 535-543
Nicholas D.D.; L. Jin and A.F. Preston. 1990. Immediate Research Needs for Diffusible Boron Preservatives.

Presented at the First Int' Conference on Wood Protection with diffusible Preservatives. Proceeding no 47355. Forest Prod. Res. Society, Madison, WI, USA, pp 121-123

Diterima tanggal 20 Oktober 2004

Sulaeman Yusuf
UPT Balai Litbang Biomaterial – LIPI
(*Research and Development Unit for Biomaterials – Indonesian Institute of Sciences*)
Jl. Raya Bogor Km 46, Cibinong, Bogor, Indonesia.
Tel: 021-87914509
Fax: 021-87914510

Takeshi Furuno
Interdisciplinary Graduate School of Science and Engineering,
Shimane University, Japan
1060, Nishikawatsu, Matsue-shi, 690-8504
Tel: 0852-32-6492
Fax: 0852-32-6499

Pengaruh Sodium Hidroksida dan Hidrogen Peroksida terhadap Rendemen dan Warna Pulp dari Serat Daun Nenas

The Effect of Sodium Hydroxide and Hydrogen Peroxide on the Yield and Color of Pulp from Pineapple Leaf Fiber

Holia Onggo dan Jovita Tri Astuti

Abstract

Chemical pulping process of pineapple leaf fiber with sodium hydroxide (NaOH) and bleaching process of pulp with hydrogen peroxide (H₂O₂) were conducted to see the influence of treatment on the yield and the color of the pulp produced. Raw materials were cayenne type pineapple leaf of 6-7 months old from Subang, West Java. Color was measured with a Portable Color Difference Meter Model CDX-105 with CIE 1976 L*a*b* (CIELAB) method.

The result showed that NaOH and H₂O₂ can be used for bleached pulp making. The pulp yield of the treatment decreased but their lightness of the color increased. The optimum pulp properties were obtained by using 10% NaOH at 100°C and solid to liquid ratio 1:20 at 1 hour cooking time. The yield was 73% and value of L* around 84.6. By using 2% H₂O₂, the yield decreased 7.6% but the value of L* increased to 92.2. The color of the pulp was white. Value of the different color (ΔE^*_{ab}) compare to the white standard is 8.7. Decreasing of its yield caused by dissolving of lignin, non fiber and pigment.

Key words: pineapple leaf fiber, sodium hydroxide, hydrogen peroxide, yield, color

Pendahuluan

Indonesia kaya akan sumber daya alam hayati termasuk serat alam dan salah satu serat alam yang masih berpotensi untuk dikembangkan pemanfaatannya adalah serat daun Nenas. Kemajuan teknik budidaya tanaman Nenas disatu sisi dapat meningkatkan produksi buah, tetapi disisi lain berdampak pada semakin banyaknya limbah daun Nenas. Dengan teknologi penggunaan hormon/*ethrel* dapat dilakukan proses pemuahan secara serentak dalam satu areal tanaman Nenas sehingga panenya pun diharapkan secara serentak. Penyemprotan hormon biasanya dilakukan pada tanaman berumur 6-7 bulan (Rukmana 1996). Sebelumnya dilakukan pemangkasan daun bagian bawah yang telah tua dan disisakan daun bagian atas yang masih muda sebanyak 25 lembar. Kabupaten Subang, merupakan salah satu kabupaten yang mempunyai areal tanaman Nenas terluas di Jawa Barat. Pada tahun 1998 tercatat ada sekitar 55,246,349 tanaman (5524.6 hektar dengan 10,000 tanaman Nenas per hektar) di daerah tersebut. Jika dari setiap tanaman Nenas rata-rata menghasilkan limbah daun pangkasan sekitar 1.4 kg, maka Subang akan menghasilkan sekitar 77,336 ton limbah daun Nenas yang perlu dipertimbangkan pemanfaatannya. Salah satu pemanfaatan daun Nenas yang potensial untuk dikembangkan adalah sebagai bahan baku industri pulp untuk produk kertas.

Sebagaimana serat-serat alam yang berasal dari tanaman, serat Nenas merupakan bundel dari serat elementer yang ujungnya menumpuk membentuk

benang kontinyu yang disebut serat teknik. Secara struktur serat disusun dari berbagai komponen kimia yaitu selulosa, hemiselulosa, lignin, pektin, lilin dan lemak, serta zat-zat lain yang bersifat larut dalam air. Antara serat elementer yang satu dengan lainnya direkatkan menjadi satu membentuk serat teknik oleh getah, lignin dan lilin (Soeprijono 1974). Lignin merupakan sekelompok zat yang berada dalam lamela tengah dan dinding sel tumbuhan yang berfungsi sebagai perekat antar sel, merupakan senyawa aromatik berbentuk amorf, bersifat kurang menyerap air jika dibanding dengan hemiselulosa (Joedodibroto 1995). Adanya lignin dalam serat akan meningkatkan kepekaan selulosa terhadap kerusakan oleh matahari. Hemiselulosa lebih higroskopis daripada selulosa, bersifat larut dalam larutan alkali encer membentuk larutan kental. Pektin, lemak, lilin, protein bersifat mudah dihilangkan dari serat melalui ekstraksi menggunakan pelarut organik dan larutan alkali (Fengel dan Wegener 1984).

Prinsip pembuatan pulp dan kertas dari serat tanaman adalah proses ekstraksi selulosa serat. Tahapan proses pembuatan kertas dari daun Nenas meliputi pemisahan serat dari daun, *pulping*, penggilingan, pencampuran, pencetakan, dan pengeringan. Pemisahan serat dapat dilakukan secara mekanik menggunakan alat dekortikator mini. *Pulping* merupakan proses ekstraksi selulosa yang dapat dilakukan secara mekanis, khemis, biologis, maupun kombinasinya. Namun proses *pulping* yang optimal untuk serat tanaman non kayu seperti serat daun Nenas adalah proses alkali menggunakan NaOH. Selulosa

bersifat tidak larut dalam alkali NaOH, sedangkan lignin, hemiselulosa, pectin dan komponen serat lainnya bersifat larut. Dari proses *pulping* akan diperoleh pulp atau bubur kertas.

Serat Nenas hasil pemisahan daun segar berwarna putih kehijauan, setelah kering berwarna kuning kecoklatan. Warna hijau berasal dari klorofil. Klorofil peka terhadap panas dan mudah terurai menjadi feofitin sehingga warna hijau akan berubah menjadi kuning kecoklatan. Perubahan warna serat juga dapat disebabkan oleh proses *browning* sehingga warna serat menjadi kecoklatan. Proses *browning* antara lain disebabkan oleh reaksi oksidasi senyawa fenolik (tannin); oleh udara maupun reaksi antara gugus aldehid dari gula dan gugus amina protein akibat panas (Winarno 1997).

Pada pemanfaatan serat Nenas untuk kertas seni, selain proses pengolahannya yang khusus (*handmade*) dan tekstur, warna merupakan faktor penting yang dapat meningkatkan nilai artistik dan nilai komersial produk kertas seni (Onggo dan Triastuti 2000). Untuk mendapatkan kertas seni dengan warna yang baik diperlukan bahan *pulp* yang telah diputihkan sehingga dengan jenis, dosis dan cara pemakaian bahan pewarna tertentu secara konsisten akan diperoleh pula kertas berwarna yang relatif seragam dari waktu ke waktu. Salah satu bahan pemutih (*bleaching agent*) atau pengelantang yang relatif aman bagi lingkungan adalah H₂O₂ (Joedodibroto dan Pangalila 1977).

Pulping dan pengelantangan serat Nenas menggunakan NaOH dan H₂O₂ bertujuan untuk mengamati pengaruh NaOH dan H₂O₂ terhadap rendemen dan warna pulp serat Nenas dengan cara mengamati sifat fisik bahan, mengukur rendemen serat, dan perubahan warna pulp. Hasil penelitian diharapkan dapat diperoleh suatu kondisi proses optimum untuk menghasilkan pulp putih sehingga selain dapat menjadi alternatif pemanfaatan limbah juga menjadi masukan bagi industri kertas seni untuk meningkatkan kualitas produknya melalui pencelupan.

Bahan dan Metode

Bahan yang digunakan adalah limbah daun Nenas (*Ananas comosus*) jenis *Cayenne* yang berumur diatas 6 bulan yang berasal dari Kabupaten Subang, Jawa Barat. Daun Nenas diambil seratnya secara mekanik dengan menggunakan alat dekortikator mini (dekortikasi), kemudian dikeringkan (Onggo dan Triastuti 2004). Kondisi serat yang diperoleh dari proses penyeratan ini relatif masih kotor, berwarna kuning kecoklatan dan tidak seragam. Secara kimiawi serat daun Nenas hasil dekortikasi yang digunakan dalam percobaan ini mempunyai komposisi seperti tercantum dalam Tabel 1 (Onggo dan Triastuti 2003). Penampang membujur dan melintang dari serat daun Nenas hasil dekortikasi seperti terlihat pada Gambar 1 (Onggo *et al.* 2004).

Table 1. Chemical composition of decorticated Pineapple leaf fiber from Subang-West Java.

Parameter	Composition (%)
Moisture content	8.95
Ash	3.02
Solubility in cold water	12.00
Solubility in hot water	12.00
Solubility in alcohol-benzene	3.26
Solubility in 1% NaOH	30.20
Lignin	9.61
α cellulose	59.49

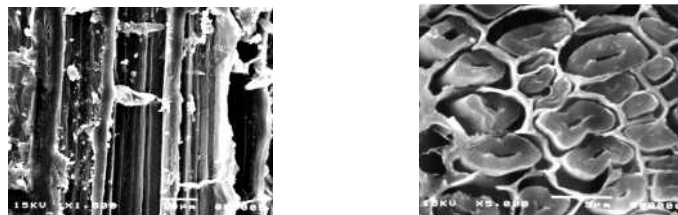


Figure 1. Tangential (left) and cross section (right) view of decorticated Pineapple leaf fiber

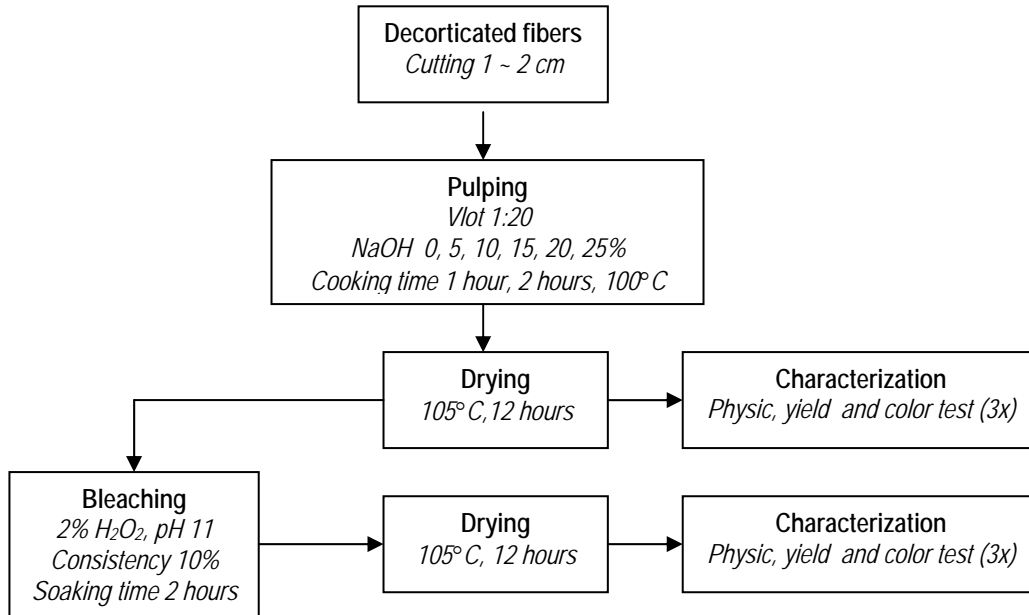


Figure 2. Diagram of pulping and bleaching process of decorticated Pineapple leaf fiber

Pada proses *pulping*, serat dipotong dengan panjang 1–2 cm, ditimbang 40 g, kemudian dimasak dalam larutan NaOH pada konsentrasi bervariasi (0, 5, 10, 15, 20 dan 25%), vlot 1:20 (40 g serat dalam 800 ml larutan NaOH) dan dimasak pada suhu mendidih (sekitar 100°C) selama 1 dan 2 jam. Hasilnya di cuci dengan air sampai netral, lalu dikeringkan dalam oven 105°C selama 12 jam. Pengelantangan dengan merendam pulp kering oven dalam larutan 2% H₂O₂ dengan konsistensi 10% (10 gram pulp kering oven dalam 90 gram larutan 2% H₂O₂) selama 2 jam pada suhu ruang. Diagram proses percobaan pembuatan pulp dan pengelantangan pulp serat daun Nenas tertera pada Gambar 2.

Sifat fisik, uji rendemen dan warna dilakukan terhadap pulp kering oven (*unbleached pulp*) dan pulp putih (*bleached pulp*). Sifat fisik yang diamati adalah bentuk visual; rendemen yang diukur dengan cara penimbangan berat; dan warna yang diukur dengan *Portable Color Difference Meter model CDX-105* sistem CIE 1976 L*, a*, b* (CIELAB) (Billmeyer dan Saltzman 1981). Besaran L*, a*, b*, h*, C*_{ab} dan ΔE*_{ab} diperoleh dari pembacaan alat. Standar warna yang digunakan berupa material keramik khusus yang berwarna hitam dan putih. Pengukuran warna dilakukan dengan tiga kali ulangan.

Hasil dan Pembahasan

Pemakaian konsentrasi NaOH pada 0% dan 5% dalam proses pulping serat daun Nenas hanya sedikit melunakkan serat sehingga serat masih tampak kaku. Hal ini diduga karena jumlah lignin yang dapat dilarutkan dalam alkali pada konsentrasi tersebut sangat rendah

sehingga ikatan antar serat elementernya masih kuat. Warna serat kuning kecoklatan berasal dari feofitin, yaitu hasil perubahan khlorofil akibat proses pemanasan (Onggo dan Triastuti 2003). Pada konsentrasi NaOH 10, 15, 20 dan 25% serat sudah berubah menjadi pulp dengan warna putih kusam (*off-white*). Selain melarutkan dan melunakkan lignin, pemasakan dan penetrasi NaOH menyebabkan ikatan antar serat melemah. Warna kuning serat sudah tidak nampak.

Pada pengelantangan dengan H₂O₂ terjadi pengembangan dan buih selama proses berlangsung yang disebabkan karena terbentuknya gas O₂ pada reaksi oksidasi zat warna alam. Hasil pengamatan sifat fisik serat Nenas pada proses pengelantangan memperlihatkan bahwa untuk pulp hasil perlakuan NaOH 0% dan 5% yang dikelantang sedikit mengurangi warna pigmen dari kuning kecoklatan menjadi kuning muda. Sisa-sisa daun yang menempel pada serat masih nampak. Untuk perlakuan NaOH 10, 15, 20 dan 25%, serat sudah bersih dari pengotor. Warna pigmen serat sama sekali tidak nampak. Perubahan warna yang terlihat secara visual adalah pulp yang tadinya berwarna putih kusam menjadi putih. Hasil pengamatan sifat fisik pulp serat daun Nenas akibat perlakuan disajikan pada Tabel 2.

Uji Rendemen

Data pengamatan menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi NaOH maupun lama pemasakan berpengaruh sangat nyata terhadap rendemen proses. Nilai rendemen berbanding terbalik dengan konsentrasi NaOH yang digunakan. Penggunaan konsentrasi NaOH yang semakin tinggi berakibat pada penurunan nilai

rendemen. Demikian pula dengan perlakuan lama pemasakan. Perbandingan nilai rendemen akibat pengaruh perlakuan konsentrasi NaOH dan lama pemasakan dapat dilihat pada Tabel 3. Terlihat bahwa rendemen serat hasil proses pulping berkisar antara 56.3–87.2%. Untuk kelas pulp kimia, rendemen pulp serat Nenas termasuk tinggi yaitu diatas 55%.

Rendemen proses semakin kecil dengan meningkatnya konsentrasi NaOH. Pemasakan 2 jam menghasilkan rendemen yang lebih kecil daripada pemasakan 1 jam. Penurunan rendemen pada proses *pulping* disebabkan adanya pemasakan dan penetrasi NaOH dalam serat Nenas yang mengakibatkan sebagian komponen-komponen dalam serat seperti garam-garam organik, garam anorganik, lemak, pigmen dan sebagian lignin yang terdegradasi sedangkan penurunan rendemen pada proses pengelantangan disebabkan terjadinya reaksi oksidasi H₂O₂ dengan pigmen yang terdapat pada serat. Untuk rendemen pulp kering oven hasil pemasakan 1 dan 2 jam pada berbagai konsentrasi NaOH yang dikelantang menggunakan 2% H₂O₂ disajikan pada Tabel 4. Terlihat rendemen berkisar

88.8–92.9%, dan akibat proses pengelantangan terjadi penurunan rendemen sebesar 7.1–11.2%.

Hasil Pengukuran Warna dengan *Color Difference Meter*

Data pengukuran L*, a*, b*, h*_{ab}, C*_{ab} dan ΔE*_{ab} dari pulp kering oven hasil proses *pulping* dengan lama pemasakan 1 dan 2 jam pada berbagai variasi konsentrasi NaOH menggunakan *Color Difference Meter* model CDX-105 dapat dilihat pada Tabel 5. Dari Tabel tersebut terlihat bahwa pulp kering oven hasil pemasakan 1 dan 2 jam pada umumnya mempunyai nilai daerah warna merah (a*) kecil yaitu antara 0 sampai 2.3 dan nilai posisi ruang warna kuning (b*) antara 14 ~ 21. Nilai kecerahan atau daerah terang (L*) cukup tinggi yaitu antara 68.3–84.6. Nilai hue (h*_{ab}) mendekati warna kuning yaitu antara 81.4 ~ 90.1 dengan nilai chrome (C*_{ab}) antara 14.4–21.2. Perbedaan warna (ΔE*_{ab}) antara 16–31.1. Dari data diketahui lama pemasakan dan konsentrasi NaOH mempengaruhi nilai L* dan E*_{ab}.

Table 2. Physical properties of pulp from Pineapple leaf fiber

Concentration of NaOH (%)	Physical properties			
	Unbleached pulp		Bleached pulp	
	Form	Color	Form	Color
0	Fibers	Yellow brownish	Fibers	Yellowish
5	Fibers	Yellow brownish	Fibers	Yellowish
10	Pulp	Off-white	Pulp	White
15	Pulp	Off-white	Pulp	White
20	Pulp	Off-white	Pulp	White
25	Pulp	Off-white	Pulp	White

Table 3. Yield of unbleached pulp

NaOH (%)	Cooking time 1 hour		Cooking time 2 hours	
	Yield (%)	Weight loss (%)	Yield (%)	Weight loss (%)
0	87.2	12.8	83.3	16.7
5	79.6	20.4	73.4	26.6
10	73.0	27.0	68.1	31.9
15	71.1	28.9	64.7	35.3
20	69.7	30.3	63.8	36.2
25	62.7	37.3	56.3	43.7

Table 4. Yield of bleached pulp at 2% H₂O₂, consistency 10% and pH 11, for 2 hours

NaOH (%)	Cooking time 1 hour + 2% H ₂ O ₂		Cooking time 2 hours + 2% H ₂ O ₂	
	Yield (%)	Weight loss (%)	Yield (%)	Weight loss (%)
0	88.8	11.2	91.4	8.6
5	90.0	10.0	90.9	9.1
10	92.4	7.6	92.6	7.4
15	91.9	8.1	91.8	8.2
20	92.9	7.1	91.8	8.2
25	92.8	7.2	92.6	7.4

Table 5. Color measurement of unbleached pulps

NaOH (%)	Cooking time at 100°C (hours)	L*	a*	b*	h* _{ab}	C* _{ab}	ΔE* _{ab}
0	1	71.3	0.0	20.8	90.1	20.8	29.8
	2	68.3	1.0	19.0	87.1	19.0	31.1
5	1	72.3	1.7	21.1	85.3	21.2	29.3
	2	68.8	1.4	19.4	86.0	19.5	31.0
10	1	84.6	1.7	14.3	83.0	14.4	16.0
	2	79.6	1.4	15.3	84.6	15.3	20.0
15	1	83.1	1.0	15.7	86.3	15.7	18.0
	2	80.3	1.3	15.7	85.3	15.7	19.8
20	1	82.5	1.4	16.0	84.8	16.0	18.6
	2	80.7	0.7	14.5	87.3	14.5	18.6
25	1	82.3	2.3	15.2	81.3	15.4	18.2
	2	79.8	1.4	15.6	84.8	15.6	20.1

Notes:

- L* : psychometric lightness based on L*a*b* color system
- a* : psychometric redness-greenness coordinate based on L*a*b* color system
- b* : psychometric yellowness-blueness coordinate based on L*a*b* color system
- h_{ab}* : Hue angle
- C_{ab}* : metric chrome
- ΔE*_{ab} : color difference based on L*a*b* color system

Table 6. Color measurement of bleached and unbleached pulp

NaOH (%)	Treatment	L*	a*	b*	h* _{ab}	C* _{ab}	ΔE* _{ab}
0	Unbleached pulp	68.3	1.0	19.0	87.1	19.0	31.1
	Bleached pulp	79.5	-0.1	19.1	90.6	19.1	22.8
5	Unbleached pulp	68.8	1.4	19.4	86.0	19.5	31.0
	Bleached pulp	83.7	-0.6	16.1	92.6	16.1	18.3
10	Unbleached pulp	79.6	1.4	15.3	84.6	15.3	20.0
	Bleached pulp	90.9	0.8	11.2	86.1	11.3	10.2
15	Unbleached pulp	80.3	1.3	15.7	85.3	15.7	19.8
	Bleached pulp	91.8	1.0	10.9	84.5	10.9	10.1
20	Unbleached pulp	80.7	0.7	14.5	87.3	14.5	18.6
	Bleached pulp	91.8	1.4	11.0	82.9	11.1	10.2
25	Unbleached pulp	79.8	1.4	15.6	84.8	15.6	20.1
	Bleached pulp	92.3	0.7	10.0	85.7	10.0	8.7
Standard	White ceramic	93.9	0.5	1.3	68.5	1.4	

Note:

- Unbleached pulp : pineapple fibers pulping at varying NaOH (0, 5, 10, 15, 20, 25%), vlot 1:20, 100°C , for 2 hours
- Bleached pulp : unbleached pulp bleaching at 2% H₂O₂, consistency 10% and pH 11, for 2 hours
- White ceramic : Instruction manual (Anonym)

Pada Tabel 6 dapat dilihat bahwa proses pengelantangan menggunakan 2% H₂O₂ meningkatkan nilai L*, menurunkan nilai b* (3-9 satuan) dan memperkecil nilai ΔE*_{ab} terhadap standar (8-12 satuan). Dibandingkan dengan standar alat, nilai L* pulp putih (konsentrasi 10, 15, 20 dan 25% NaOH) sudah mendekati nilai standar (93.9).

Perubahan Kecerahan

Secara visual, pulp yang dikelantang dengan H₂O₂ menghasilkan warna yang lebih cerah dibanding dengan pulp kering oven (tanpa pengelantang). Ini ditunjukkan dengan adanya perbedaan nilai L* yang diperoleh pada pengukuran warna menggunakan *Color Difference Meter*. Tabel 7 menunjukkan pengaruh H₂O₂ terhadap perubahan nilai L* pulp kering oven hasil pemasakan 1 jam dan 2 jam. Terlihat bahwa nilai L* pulp putih selalu

lebih besar dibanding dengan pulp kering oven. Ini menandakan bahwa proses pengelantangan dengan H₂O₂ selalu meningkatkan kecerahan. Pulp kering oven memiliki nilai L* mulai dari 68.3-84.6 dan untuk pulp putih mulai 79.5-92.7. Tanpa proses pengelantangan, pulp serat Nenas sudah berada pada daerah warna terang (L* > 50). Perubahan kecerahan karena pengelantangan berkisar antara 7.6-14.9. Perubahan kecerahan tertinggi dijumpai pada pulp hasil pulping 5% NaOH dengan pemasakan 2 jam yang dikelantang dengan H₂O₂. Nilai perubahan kecerahan (ΔL^*) sebesar 14.9.

Nilai L* pulp kering oven hasil pemasakan 1 dan 2 jam tanpa dan dengan pengelantangan menunjukkan kecenderungan meningkat tajam pada konsentrasi NaOH 0-10%. Pada konsentrasi NaOH diatas 10% tidak memberi perbedaan hasil secara nyata. Nilai perubahan

kecerahan antara pemasakan 1 jam dan 2 jam memberikan hasil yang tidak jauh berbeda.

Perubahan Ruang Warna

Tabel 8 menunjukkan pengaruh proses pengelantangan dengan H₂O₂ terhadap perubahan warna (ΔE_{ab}) pulp kering oven. Terlihat bahwa sebelum pengelantangan nilai ΔE_{ab1}^* pulp oven1 antara 29.8-16.0, untuk pulp oven2 antara 31.1-18.6 (dibandingkan dengan warna standar). Perlakuan 2% H₂O₂ memperkecil nilai perbedaan warna antara 6.6-10 satuan untuk pulp dengan pemasakan 1 jam dan antara 8.3-12.7 satuan untuk pulp dengan pemasakan 2 jam. Dibandingkan dengan perbedaan warna yang diakibatkan lama pemasakan pulp dimana perubahan warna antara 0-4 satuan (Tabel 5), perlakuan H₂O₂ memberi pengaruh yang cukup signifikan.

Table 7. Effect of H₂O₂-bleaching treatment on lightness changes

NaOH (%)	Treatment	L* ₁	Lightness changes ΔL^*_{1}	L* ₂	Lightness changes ΔL^*_{2}
0	Unbleached pulp	71.3	8.8	68.3	11.2
	Bleached pulp	80.1		79.5	
5	Unbleached	72.3	10.9	68.8	14.9
	Bleached	83.2		83.7	
10	Unbleached	84.6	7.6	79.6	11.3
	Bleached	92.2		90.9	
15	Unbleached	83.1	8.6	80.3	11.5
	Bleached	91.7		91.8	
20	Unbleached	82.5	9.7	80.7	11.1
	Bleached	92.2		91.8	
25	Unbleached	82.3	10.4	79.8	12.5
	Bleached	92.7		92.3	

Notes:

L*₁ : lightness value of pulp was made at 1 hour cooking time.

L*₂ : lightness value of pulp was made at 2 hours cooking time.

Table 8. Effect of bleaching treatment on the unbleached pulp color changes

NaOH (%)	Treatment	ΔE_{ab1}^*	Color changes	ΔE_{ab2}^*	Color changes
0	Unbleached pulp	29.8	6.6	31.1	8.3
	Bleached pulp	23.2		22.8	
5	Unbleached pulp	29.3	10	31.0	12.7
	Bleached pulp	19.3		18.3	
10	Unbleached pulp	16.0	7.3	20.0	9.8
	Bleached pulp	8.7		10.2	
15	Unbleached pulp	18.0	7.1	19.8	9.7
	Bleached pulp	10.9		10.1	
20	Unbleached pulp	18.6	8.6	18.6	8.4
	Bleached pulp	10.0		10.2	
25	Unbleached pulp	18.2	8.3	20.1	11.4
	Bleached pulp	9.9		8.7	

Dari data terlihat nilai ΔE^*_{ab} pulp kering oven dan pulp putih menunjukkan kecenderungan turun dengan tajam pada konsentrasi NaOH 0% - 10%, diatas NaOH 10% cenderung memberikan hasil yang tidak jauh berbeda.

Dari data yang diuraikan di atas, diketahui bahwa kondisi optimum diperoleh pada perlakuan 10% NaOH, vlot 1:20 dan pemasakan pada suhu 100°C selama 1 jam dimana dihasilkan rendemen 73% (Tabel 3) dan kecerahan (L^*) 84.6 (Tabel 7). Pengelantangan dengan 2% H_2O_2 menyebabkan rendemen menurun 7.6% (Tabel 4) tetapi kecerahan meningkat menjadi 92.2 (Tabel 7). Pulp berwarna putih dengan perbedaan warna (ΔE^*_{ab}) terhadap warna putih standar adalah 8.7 satuan (Tabel 8).

Kesimpulan

Serat daun Nenas dapat dibuat pulp putih dengan menggunakan NaOH dan H_2O_2 . Perlakuan NaOH dan H_2O_2 meningkatkan kecerahan pulp namun mengurangi rendemen serat. Pulping dengan 10% NaOH, vlot 1:20 dengan pemasakan pada suhu mendidih selama 1 jam dan pengelantangan dengan 2% H_2O_2 pada suhu ruang selama 2 jam pada pH 11, konsistensi 10% menghasilkan pulp putih dengan perbedaan warna (ΔE^*_{ab}) terhadap warna putih standar adalah 8.7 satuan.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini dibiayai dari Tolok Ukur Pemanfaatan Serat Alam Bagian Proyek Penelitian dan Pengembangan Otomotif, Transportasi, dan Energi LIPI, Tahun Anggaran 2004. Terima kasih kepada sdr Jimat, sdr Kinanti, dan sdr. Rahmat atas bantuannya dalam pelaksanaan penelitian ini.

Diterima tanggal 18 September 2004

Holia Onggo, Jovita Triastuti
Pusat Penelitian Fisika – Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI)
(*Research Centre for Physics, Indonesian Institute of Sciences*)
Jl. Sangkuriang kompleks LIPI
Bandung 40135
Telpon : 022-2507773
Fax : 022-2503050
Email : holi001@lipi.go.id

Daftar Pustaka

- Anonym. Portable Color Difference Meter Model CDX-105. Instruction Manual. Mukarami Color Research Laboratory.
- Billmeyer and Saltzman 1981. Principles of Color Technology. Wiley Interscience. New York: 59, 67, 112d.
- Fengel, D. and G. Wegener. 1984. Wood: Chemistry, Ultrastructure, Reaction. WdeG. Berlin. Germany. p:296-303.415.
- Joedodibroto, R. 1995. Prospek Pemanfaatan Lignoselulosa Sebagai Bahan Polimer. Symposium Nasional Himpunan Polimer Indonesia: 188-194.
- Joedodibroto, R. dan W.T. Pangalila. 1977. Pulp Rendemen Tinggi Albazzia Falcataria dan Pemutihannya dengan Hidrogen Peroksida. Berita Selulosa/Desember. Vol.XIII. No.4.
- Onggo H. dan J. Triastuti. 2000. Pengaruh Perlakuan Proses Pulping terhadap Warna Kertas Seni dari Alang-alang (*Imperata cylindrica*). Telaah, Jilid XXI(1-2): 20-28.
- Onggo H. dan J. Triastuti. 2003. Penelaahan Proses Degumming Serat Nenas. Prosiding Seminar Nasional Kejuangan Teknik Kimia. ISBN:979-96137-3-6 :D25.
- Onggo H. dan J. Triastuti. 2004. Teknik Pemisahan Serat Daun Nenas Menggunakan Dekortikator Mini. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia. Teknologi Tepat Guna Berbasis Sumber Daya Alam Indonesia. ISBN:979-98465-0-1 : A-10
- Onggo H.; E. Rahimi dan J. Triastuti. 2004. Pengaruh Perlakuan NaOH terhadap Perubahan Morfologi Serat Nenas dan Serat Eceng Gondok. Prosiding Seminar Nasional Perkembangan Riset dan Teknologi di Bidang Industri. ISBN:979-8541-29-4 : IV-47-51.
- Rukmana R. 1996. Nenas Budidaya dan Pascapanen. Kanisius. ISBN 979-497-314-9.
- Soeprijono P. 1974. Pengetahuan Serat-Serat Tekstil. ITT Bandung.
- Winarno F.G. 1997. Kimia Pangan dan Gizi. PT.Gramedia Pusaka Utama.