

KARAKTERISTIK *GLULAM* BAMBU APUS (*Gigantochloa Apus*) MENGUNAKAN PEREKAT *STYROFOAM* BERDASARKAN JUMLAH DAN POLA PENYUSUNAN LAPISAN

Rezki Bela Putra¹, Pebriandi², Evi Sribudiani², Sonia Somadona²

Department of Forestry, Faculty of Agriculture, University of Riau

Address Binawidya, Pekanbaru, Riau

Email : rezkibelaputra29@gmail.com

ABSTRACT

Wood was a construction raw material that has long been developed before the advent of concrete and steel technology. The need of wood raw materials for construction was increasingly increasing while the availability of high quality wood was increasingly scarce. Therefore, in order to meet this an effort was needed to produce raw materials to replace wood, its was the development of laminated products or *glulam* made of bamboo apus (*Gigantochloa apus*) as structural and construction materials. Based on this, this study was conducted to determine the quality of *glulam* from *Gigantochloa apus* by using styrofoam adhesives based on number and pattern of layer arrangement. Sample was made of *Gigantochloa apus* with sized 30cm × 10cm arranged with the number and pattern of layer arrangement that have been determined. This study uses a complete randomized design combination with two treatments. Factor A was the number of layers (three layers, four layers and five layers) and factor B was the arrangement pattern (diagonal, horizontal and vertical). The physical and mechanical properties of glued laminated beams of *Gigantochloa apus* were tested based on JAS 234: 2003 Standard. The results showed that the quality of *glulam* met the physical properties of moisture content. While the mechanical properties of MOE and MOR did not meet the standards, so they did not be use as structural materials. Combination with horizontal, diagonal and horizontal lamina arrangement patterns gives the best results on the mechanical properties of *glulam*.

Keywords : *Glulam, bamboo apus, number and pattern of layers*

PENDAHULUAN

Kayu merupakan bahan baku konstruksi yang telah lama berkembang sebelum munculnya teknologi beton dan baja. Kebutuhan bahan baku kayu semakin lama semakin meningkat sedangkan ketersediaan kayu berkualitas tinggi dan berukuran besar semakin langka. Oleh sebab itu untuk memenuhi hal tersebut diperlukan suatu upaya untuk menghasilkan bahan baku pengganti kayu dengan pengembangan produk laminasi sebagai bahan struktural dan konstruksi. Untuk memenuhi ketersediaan komponen struktural dengan dimensi yang tidak bergantung pada diameter kayu, maka dikembangkan bentuk

struktur yang bukan dari kayu utuh melainkan komponen laminasi yang dibuat dengan proses perekatan yang biasa juga disebut balok laminasi atau *glulam* (*glued laminated timber*) yang biasa dimodifikasi untuk meningkatkan sifat kekuatan dan kekakuan kayu yang tersedia.

Produk laminasi atau *glulam* merupakan salah satu jenis produk komposit yang dibuat dari susunan beberapa lapis kayu yang direkatkan satu sama lain secara sempurna menjadi satu kesatuan utuh. Teknologi ini dapat meningkatkan kekuatan kayu inferior sekaligus meningkatkan ukuran dan dimensinya. *Glulam* dapat merubah dan memanfaatkan kayu-kayu kecil menjadi bentuk baru yang kekuatan, dimensi dan besarnya dapat diatur sesuai

¹Mahasiswa Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Riau.

²Dosen Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Riau.

keinginan sehingga dapat digunakan untuk keperluan *furniture* dan struktural yang baik.

Untuk mengurangi penggunaan kayu yang semakin berkurang ketersediaannya di alam, maka salah satu bahan baku alternatif untuk pembuatan *glulam* adalah dari jenis non kayu yaitu bambu. Dengan demikian bambu adalah jenis tanaman yang penting dan memiliki prospek untuk dikembangkan secara intensif yakni dengan sistem teknologi perekatan laminasi (Bahtiar, 2008). Menurut Gunawan (2007) bambu laminasi adalah balok atau papan yang terdiri dari susunan bilah bambu yang melintang dengan diikat oleh perekat tertentu yang dapat membentuk balok sesuai kebutuhan konstruksi. Teknologi laminasi bambu memungkinkan untuk memperoleh bentuk akhir yang diinginkan yang berupa dimensi, baik panjang, lebar, maupun tebal.

Bambu adalah hasil hutan non kayu yang memiliki beberapa kelebihan jika dibandingkan bahan kayu yaitu umur panen yang lebih pendek, antara 2 sampai 5 tahun, selain itu dengan penggunaan teknologi yang tepat bambu dapat dimodifikasi menjadi bahan yang dapat ditingkatkan kekuatan fisik mekaniknya setara dengan kayu dengan teknik perekatan yang tepat (Berlian dan Rahayu, 1995).

Karakteristik struktur balok *glulam* dipengaruhi oleh lamina penyusunnya, dimana lamina-lamina dapat diatur sedemikian rupa sehingga bisa meningkatkan sifat kekuatan bambu yang digunakan. Berbagai jenis bambu dapat digunakan sebagai produk *glulam* selama digunakan teknik perekatan yang sesuai. Salah satu jenis perekat yang dapat digunakan pada balok laminasi diantaranya adalah perekat *polystyrene* yakni berupa *styrofoam*. Menurut Munir (2015) *styrofoam* dapat dijadikan perekat apabila ditambahkan dengan bensin. Penggunaan *styrofoam* yang sulit terurai akan mendukung pengurangan limbah sampah akibat penggunaan *styrofoam* sebagai tempat makanan yang memiliki dampak buruk bagi kesehatan dan lingkungan.

Dimensi penampang melintang *glulam* yang sama, dapat disusun lamina secara vertikal, diagonal serta horizontal dengan ketebalan yang berbeda sehingga semakin tipis lamina, semakin

banyak jumlah lamina yang digunakan, dan semakin luas pula bidang rekatnya (Sulistiyawati *et al.*, 2008). Dengan alasan tersebut peneliti ingin melakukan pengujian *glulam* berbahan dasar bambu apus menggunakan perekat *styrofoam* berdasarkan variasi jumlah dan pola penyusunan lapisan.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Riau dan Laboratorium Teknologi Hasil Hutan Fakultas Kehutanan Universitas Sumatera Utara. Penelitian dilaksanakan pada bulan Agustus 2019 hingga September 2019.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis bambu apus (*Gigantochloa apus*), yang berasal dari daerah Rumbio, Kabupaten Kampar, serta *Styrofoam* dan pertalite sebagai perekat. Alat yang digunakan adalah kempa dingin, *Universal testing machine* (UTM), oven, gergaji, parang, kalkulator, kamera, laptop, amplas listrik, timbangan digital, *stopwatch*, *caliper* dan alat tulis.

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) kombinasi dengan dua perlakuan, yaitu jumlah lapisan dan pola penyusunan lapisan. Faktor kombinasi perlakuan jumlah lapisan terdiri dari tiga taraf, yaitu :

A1 = Tiga lapis

A2 = Empat lapis

A3 = Lima lapis

Faktor kombinasi perlakuan pola penyusunan lapisan terdiri dari tiga taraf, yaitu :

B1 = Diagonal

B2 = Horizontal

B3 = Vertikal

Penelitian ini menggunakan sembilan kombinasi perlakuan. Setiap kombinasi perlakuan dilakukan tiga kali ulangan, dengan demikian jumlah satuan percobaan yang dibuat adalah 27 sampel uji.

Pelaksanaan Penelitian

a. Persiapan Pengambilan Bahan

Bahan penelitian diambil dari Hutan Adat di Desa Rumbio, Kecamatan Kampar, Kabupaten Kampar, Provinsi Riau. Bahan

¹Mahasiswa Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Riau.

²Dosen Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Riau.

penelitian berupa bambu dengan ukuran panjang awal 4 – 7 m dengan keliling 20 – 23 cm.

b. Pemotongan

Batang bambu yang telah diambil dipotong dengan ukuran masing-masing panjang 30 cm menggunakan gergaji. Bambu yang digunakan adalah batang yang sudah tua atau dengan perkiraan umur 1 – 3 tahun. Bambu yang telah dipotong selanjutnya dibelah yaitu menjadi bilah-bilah dalam arah memanjang. Batang bambu dibelah menggunakan parang kemudian dilakukan pengupasan dengan ukuran ketebalan bambu 0,20 cm dan lebar 1 – 2 cm. Setelah itu dilakukan penyortiran berdasarkan penggunaan.

c. Pengeringan dan Penghalusan Bilah Bambu

Proses pengeringan dilakukan secara alami dengan diangin-anginkan tanpa terkena langsung sinar matahari atau dengan suhu ruangan. Pengeringan dilakukan dengan waktu satu bulan untuk memaksimalkan kering pada bilah bambu. Setelah dikeringkan, dilakukan proses penghalusan dengan menggunakan amplas agar permukaan bambu menjadi halus.

d. Pembuatan Perekat dan Perekatan

Perekat dibuat dengan melarutkan 40% *styrofoam* dan 60% pentalite. Adapun proses pembuatan perekat sebagai berikut:

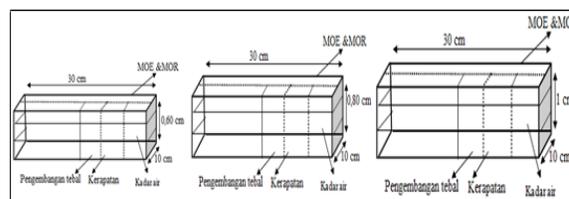
1. Tuang pentalite secukupnya pada wadah yang telah disediakan.
2. Potong *styrofoam* menjadi bagian yang kecil-kecil. Tujuannya yaitu agar mudah ketika dicampur dengan pentalite pada wadah.
3. Campurkan pentalite dan *styrofoam* menggunakan alat pengaduk.
4. Setelah semua tercampur, terbentuk lem berbentuk pasta.

Bilah bambu yang telah dihaluskan kemudian direkatkan dengan perekat *styrofoam* ditimbang sesuai dengan komposisi kebutuhan. Pelaburan perekat dilakukan pada satu permukaan lamina (*single spread*) dengan berat

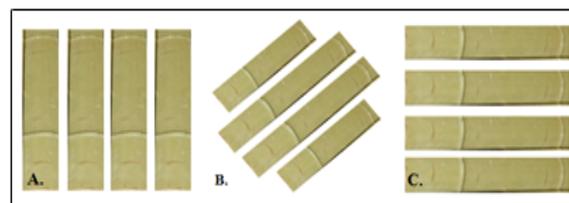
labur 240 gr/cm². Lamina disusun rekatkan sejajar arah serat bambu sesuai pola susunan.

e. Pembuatan Balok Laminasi

Lembaran-lembaran bilah bambu yang telah diberi perekat disusun dengan ukuran 30 cm × 10 cm, susun menggunakan tiga pola susunan yakni diagonal, horizontal dan vertikal dengan jumlah lapisan : tiga lapis, empat lapis dan dengan lima lapis. Selanjutnya bilah bambu dikeringkan hingga memperoleh nilai kadar air (KA) yang sesuai dengan standar JAS 234:2003 yakni sebesar 15%. Kemudian dikempa dengan menggunakan alat sekrup ulir selama 24 jam. Ukuran lamina yang dibuat adalah :



Gambar 1. Contoh ukuran ujian



Gambar 2. Pola susunan: A) Vertikal, B) Diagonal dan C) Horizontal

f. Pengkondisian dan Finishing

Balok laminasi yang telah selesai dikempa dikondisikan selama satu minggu di tempat terbuka sebelum dilakukan pengujian. Hal ini bertujuan untuk menyesuaikan kondisi glulam dengan kondisi lingkungan. Finishing dilakukan dengan membersihkan perekat sisa dari pengempaan dan merapikan pemotongan.

g. Pengujian Sifat Fisis dan Mekanis Balok Laminasi

Pengujian sifat fisis yang diuji adalah uji kadar air, kerapatan dan pengembangan tebal.

¹Mahasiswa Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Riau.

²Dosen Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Riau.

Sedangkan pada sifat mekanis yang diuji meliputi MOE dan MOR. Pengujian sifat fisis dan mekanis balok laminasi mengacu pada standar JAS 234:2003.

Tabel 1. Standar balok laminasi JAS 234:2003

Sifat fisis dan mekanis	Standar JAS 234:2003
Kadar air	15 %
Kerapatan	-
Pengembangan Tebal	-
<i>Modulus of Elasticity</i> (MOE)	$75 \times 10^3 \text{ kg/cm}^2$
<i>Modulus of Rupture</i> (MOR)	300 kg/cm^2

Pengamatan

a. Kadar Air

Contoh uji berukuran $5 \text{ cm} \times 5 \text{ cm}$ dipotong pada bagian balok laminasi, selanjutnya potongan tersebut ditimbang pada kondisi kering udara untuk mengetahui berat awal (BA). Kemudian dikeringkan dalam oven dengan suhu $103 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ selama 24 jam dan ditimbang kembali sehingga diperoleh berat kering tanur (BKT). Nilai kadar air dihitung dengan persamaan :

$$\text{Kadar air \%} = \frac{\text{Berat awal (BA)} - \text{Berat kering tanur (BKT)}}{\text{Berat kering tanur (BKT)}} \times 100\%$$

b. Kerapatan

Kerapatan balok laminasi ditentukan dengan menggunakan contoh uji yang sama dengan kadar air. Kerapatan adalah perbandingan antara massa kayu dengan volume dalam kondisi kering udara (Bowyer *et al.*, 2007). Contoh uji ditimbang beratnya (kondisi kering udara) dan dilakukan pengukuran dimensinya (panjang, tebal, dan lebar) untuk mendapatkan nilai volumenya. Besar nilai kerapatan ditentukan dengan perhitungan :

$$\text{Kerapatan} = \frac{\text{Berat Kering Udara (gr)}}{\text{Volume kering udara (cm}^3\text{)}}$$

c. Pengembangan Tebal

Pengembangan tebal didasarkan pada tebal sebelum dan setelah perendaman. Contoh uji dengan ukuran $5 \text{ cm} \times 5 \text{ cm}$ direndam dalam air 24 jam. Nilai pengembangan tebal dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Pengembangan Tebal} = \frac{T_t (\text{cm}) - T_a (\text{cm})}{T_a} \times 100\%$$

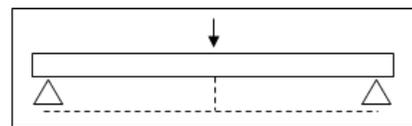
Keterangan :

T_a = Tebal awal sebelum perendaman

T_t = Tebal setelah perendaman

d. Keteguhan Lentur (*Modulus of Elasticity*)

Pengujian dilakukan dengan menggunakan mesin *Universal Testing Machine* (UTM) Tensilon pada suhu ruangan. Contoh uji yang digunakan berukuran $30 \text{ cm} \times 5 \text{ cm}$ dengan standar pengujian berdasarkan JAS 234: 2003. Besar nilai MOE menandakan bahwa suatu bahan bersifat kaku atau susah dilenturkan.



Gambar 3. Proses uji keteguhan lengkung

Nilai MOE dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\text{MOE} = \frac{\Delta p l^3}{4 \Delta y b h^3}$$

MOE = Kekakuan lentur (kg.cm^{-2})
 Δp = beda tekanan (kg)
 Δy = defleksi (cm)
 l = panjang bentang uji (cm)
 b = lebar contoh uji (cm)
 h = tebal contoh uji (cm)

e. Kekakuan Patah (*Modulus of Rupture*)

Pengujian untuk mendapatkan nilai MOE dilakukan bersamaan dengan pengujian MOR. Nilai MOR dihitung dengan persamaan:

$$\text{MOR} = \frac{3 p l}{2 b h^2}$$

MOR = Keteguhan lengkung (kg.cm^{-2})
 P = tekanan maksimum (kg)
 l = panjang bentang (cm)
 b = lebar contoh uji (cm)
 h = tebal contoh uji (cm)

Analisis Data

Data yang diperoleh dari hasil penelitian dianalisis secara statistik menggunakan *Analisis of Variance* (ANOVA) dan dilakukan analisis lebih lanjut jika terdapat pengaruh yang nyata menggunakan uji *Duncan's Multiple Range Test* (DNRT) pada taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

¹Mahasiswa Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Riau.

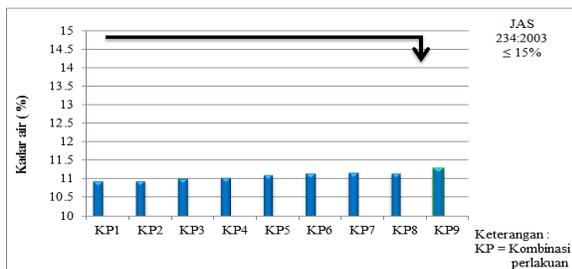
²Dosen Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Riau.

1. Sifat Fisis *Glulam* Bambu Apus

Sifat fisis *glulam* pada dasarnya dipengaruhi oleh sifat fisis lamina pembentuknya. Pengujian sifat fisis yang dilakukan pada penelitian ini adalah kadar air, kerapatan dan pengembangan tebal dengan menggunakan standar JAS 234:2003. Berikut ini adalah rangkuman nilai rata-rata sifat fisis balok laminasi.

a. Kadar air

Berdasarkan hasil pengujian kadar air diperoleh nilai 10,94% sampai dengan 11,28%. Hasil sidik ragam bahwa kombinasi jumlah dan pola penyusunan lamina tidak berpengaruh nyata terhadap kadar air *glulam* (Lampiran 3). Diagram hasil uji kadar air *glulam* dapat dilihat pada Gambar 4, sedangkan nilai rata-rata kadar air dapat dilihat pada Tabel 2.



Gambar 4. Diagram kadar air *glulam*

Tabel 2. Rata-rata nilai pada kadar air (%)

Kombinasi perlakuan	Kadar air
KP1 B ₁ B ₃ B ₁	10,94
KP2 B ₂ B ₁ B ₂	10,95
KP3 B ₃ B ₂ B ₃	11,00
KP4 B ₁ B ₃ B ₃ B ₁	11,03
KP5 B ₂ B ₁ B ₁ B ₂	11,10
KP8 B ₂ B ₁ B ₂ B ₁ B ₂	11,14
KP6 B ₃ B ₂ B ₂ B ₃	11,15
KP7 B ₁ B ₃ B ₁ B ₃ B ₁	11,17
KP9 B ₃ B ₂ B ₃ B ₂ B ₃	11,28

Gambar 4 dapat dilihat bahwa kombinasi perlakuan jumlah dan pola penyusunan lapisan memberikan nilai yang berbeda terhadap setiap kombinasi perlakuan. Kadar air terendah yaitu 10,94% yang terdapat pada KP1 laminasi dengan jumlah tiga lapis lamina menggunakan pola

diagonal, vertikal dan diagonal. Kadar air tertinggi terdapat pada KP9 dengan jumlah lima lapis lamina dengan nilai 11,28 % menggunakan pola vertikal, horizontal, vertikal, horizontal dan vertikal. Hal ini diduga oleh jumlah lapisan memberi pengaruh yang berbeda terhadap kadar air. Semakin banyak jumlah lapisan, maka semakin tinggi kadar air yang dihasilkan. Hal tersebut dapat dilihat pada Tabel 2, dimana rata-rata laminasi dengan menggunakan lapisan yang lebih banyak akan mengalami peningkatan nilai kadar air.

Kadar air dipengaruhi oleh kemampuan bahan material dalam menyerap air. Jumlah kadar air pada setiap perlakuan tidak terjadi perbedaan yang besar diduga karena pengaruh proses pengeringan bahan baku, kesamaan perekat, jumlah dan pola penyusunan pada laminasi bambu. Proses pengeringan bahan baku bambu yang digunakan mempengaruhi kadar air pada laminasi, apabila pengeringan berlangsung pada kondisi di bawah titik jenuh serat kelembaban akan diambil dari dinding sel dan akan menyebabkan pengerutan, pengerasan dan pengkakuan pada serat. Akibatnya, kekerasan dan kekenyalan dinding sel akan naik diikuti dengan kenaikan kekuatannya (Agustin, 2005).

Perekat *styrofoam* tergolong kedalam perekat polistirena yang tidak memiliki pelarut air seperti perekat isosianat dan perekat urea formaldehida (UF) melainkan pelarutnya adalah pertalite yang mudah menguap. Selain itu kandungan polistirena pada perekat *styrofoam* memiliki sifat yang tidak mengikat uap air. Sesuai pernyataan Syarief (1989) bahwa salah satu sifat *styrofoam* adalah tahan terhadap air, alkohol dan bahan kimia non organik.

Penggunaan jumlah dan pola penyusunan lapisan memberikan pengaruh terhadap kadar air, dimana kombinasi perlakuan lima lapis dengan pola penyusunan vertikal, horizontal, vertikal, horizontal dan vertikal memiliki nilai kadar air yang tinggi sehingga menyebabkan turunnya kualitas laminasi dan mempengaruhi sifat mekanis material. Hal ini sesuai dengan Diana (2011) dalam Siregar (2014) semakin tinggi nilai yang dihasilkan kadar air maka kekuatan material papan akan semakin rendah.

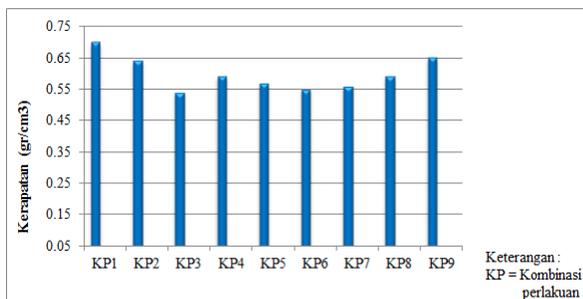
¹Mahasiswa Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Riau.

²Dosen Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Riau.

Nilai kadar air laminasi rata-rata dihasilkan antara 10,94% sampai 11,28% sehingga berdasarkan nilai tersebut maka seluruh perlakuan kombinasi jumlah dan pola penyusunan laminasi dapat digunakan sebagai bahan struktural karena nilainya kurang dari 15%. Menurut JAS 234:2003, kadar air laminasi dianggap lulus uji apabila kadar air rata-ratanya tidak lebih dari 15%.

b. Kerapatan

Sifat fisis kerapatan adalah perbandingan antara massa atau berat benda terhadap volume. Hasil pengujian kerapatan *glulam* diperoleh nilai kerapatan yang berbeda pada tiap kombinasi perlakuan, dimana rata-rata nilai berkisar antara 0,54 gr/cm³ sampai dengan 0,70 gr/cm³. Berdasarkan hasil sidik ragam, jumlah dan pola penyusunan lapisan lamina berpengaruh nyata terhadap kerapatan *glulam* yang dihasilkan (Lampiran 3). Diagram hasil uji kerapatan dapat dilihat pada Gambar 5, serta uji lanjut DNMRT pada taraf 5% masing-masing kombinasi perlakuan dapat dilihat pada Tabel 3.



Gambar 5. Diagram kerapatan *glulam*

Tabel 3. Hasil uji lanjut DNMRT pada kerapatan (gr/cm³)

Kombinasi perlakuan	Kerapatan (gr/cm ³)
KP1 B ₁ B ₃ B ₁	0,70 ^a
KP9 B ₃ B ₂ B ₃ B ₂ B ₃	0,65 ^{ab}
KP2 B ₂ B ₁ B ₂	0,64 ^{abc}
KP4 B ₁ B ₃ B ₃ B ₁	0,59 ^{bc}
KP8 B ₂ B ₁ B ₂ B ₁ B ₂	0,59 ^{bc}
KP5 B ₂ B ₁ B ₁ B ₂	0,57 ^{bc}
KP7 B ₁ B ₃ B ₁ B ₃ B ₁	0,56 ^{bc}

KP6	B ₃ B ₂ B ₂ B ₃	0,55 ^{bc}
KP3	B ₃ B ₂ B ₃	0,54 ^c

Keterangan : Setiap perlakuan dengan notasi yang sama menunjukkan perlakuan tidak berbeda nyata

Gambar 5 menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan jumlah dan pola penyusunan lapisan laminasi tiga lapis pada KP3 memiliki nilai kerapatan terendah yaitu 0,54 gr/cm³ dan nilai tertinggi terdapat pada KP1 laminasi tiga lapis dengan nilai kerapatan 0,70 gr/cm³. Kerapatan laminasi empat lapis memiliki nilai berkisar antara 0,55 gr/cm³, 0,57 gr/cm³ dan 0,059 gr/cm³. Sedangkan kerapatan laminasi lima lapis memiliki nilai 0,56 gr/cm³, 0,59 gr/cm³ dan 0,65 gr/cm³.

Hasil uji lanjut Duncan yang dilakukan pada kombinasi perlakuan jumlah dan pola penyusunan lapisan, laminasi KP1 berbeda nyata dengan laminasi KP4, KP8, KP5, KP7, KP6 dan KP3. Laminasi KP9 tidak berbeda nyata dengan KP2 tetapi berbeda nyata dengan laminasi KP4, KP8, KP5, KP7, KP6 dan KP3. Sedangkan, pada laminasi KP2, KP4, KP8, KP5, KP7, KP6 dan KP3 tidak memberi pengaruh yang berbeda nyata.

Berdasarkan hasil yang diperoleh, laminasi dengan kombinasi perlakuan tiga lapis lamina menggunakan pola diagonal, horizontal dan vertikal memiliki kerapatan yang lebih baik, hal ini diduga oleh pola yang digunakan sehingga kerapatan lebih proporsi terhadap rongga pada saat penyusunan lamina. Kerapatan pada dasarnya dipengaruhi oleh berat jenis dan kerapatan bahan baku yang pada akhirnya akan mempengaruhi sifat-sifat fisis dan mekanis yang lain (Tsoumis, 1991)

Laminasi dengan kerapatan yang tinggi biasanya lebih kuat karena semakin tinggi kerapatan maka semakin besar pula berat jenisnya. Berdasarkan kelas kuat yang diatur dalam PKKI (1961), maka *glulam* bambu apus ini masuk kedalam kelas kuat II dan III. Kerapatan merupakan suatu ukuran kekompakan suatu partikel dalam lembaran. Nilai kerapatan bambu akan bertambah dengan bertambah usianya dan akan mencapai nilai maksimum apabila bambu telah tua. Nilai kerapatan bambu

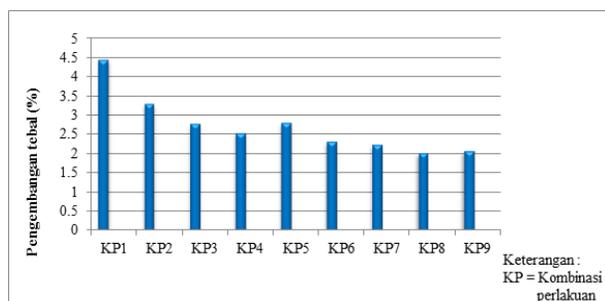
¹Mahasiswa Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Riau.

²Dosen Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Riau.

tergantung pada struktur anatomisnya seperti distribusi dan kuantitas serat di sekitar bundel vaskuler. Kerapatan bambu meningkat dari dalam keluar buluh (Sekhar dan Bhartari, 1960). Kerapatan bambu juga meningkat dari pangkal ke bagian ujung bambu. Kabir *et al.* (1993), menyatakan kerapatan maksimum diperoleh ketika bambu berumur sekitar tiga tahun. Sejalan dengan pernyataan tersebut, penelitian ini rata-rata bambu yang digunakan berumur dua sampai dengan tiga tahun. Terdapat dua faktor paling penting yang mempengaruhi kerapatan akhir laminasi yaitu kerapatan bahan baku dan kekompakan lembaran yang dibentuk saat proses pengempaan.

c. Pengembangan Tebal

Berdasarkan hasil pengujian pengembangan tebal *glulam* setelah perendaman 24 jam diperoleh nilai yang berbeda pada tiap kombinasi perlakuan. Pengembangan tebal laminasi bambu menunjukkan nilai berkisar antara 2,00% sampai dengan 4,43%. Hasil sidik ragam bahwa kombinasi jumlah dan pola penyusunan lamina bambu apus tidak berpengaruh nyata terhadap pengembangan tebal *glulam* (Lampiran 3). Diagram hasil uji dapat dilihat pada Gambar 6, sedangkan nilai rata-rata pengembangan tebal dapat dilihat pada Tabel 4.



Gambar 6. Diagram pengembangan tebal *glulam*

Tabel 4. Rata-rata nilai pada pengembangan tebal (%)

Kombinasi perlakuan	Pengembangan tebal (%)
KP8 B ₂ B ₁ B ₂ B ₁ B ₂	2,00
KP9 B ₃ B ₂ B ₃ B ₂ B ₃	2,06
KP7 B ₁ B ₃ B ₁ B ₃ B ₁	2,23

KP6	B ₃ B ₂ B ₂ B ₃	2,30
KP4	B ₁ B ₃ B ₃ B ₁	2,53
KP3	B ₃ B ₂ B ₃	2,76
KP5	B ₂ B ₁ B ₁ B ₂	2,79
KP2	B ₂ B ₁ B ₂	3,29
KP1	B ₁ B ₃ B ₁	4,43

Gambar 6 menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan antara jumlah dan pola penyusunan lapisan laminasi memberikan peningkatan pengembangan tebal di setiap lapisannya. Pada perlakuan lima lapis memiliki nilai terendah berkisar antara 2,00% - 2,23%. Sedangkan nilai pengembangan tebal tertinggi terdapat pada perlakuan tiga lapis berkisar antara 2,76% sampai dengan 4,43%.

Nilai pengembangan tebal terendah yaitu 2,00% terdapat pada kombinasi perlakuan (KP8) lima lapis yang menggunakan pola penyusunan horizontal, diagonal, horizontal, diagonal dan horizontal. Pengembangan tebal tertinggi yaitu 4,43% yang menggunakan tiga lapis lamina dengan pola penyusunan diagonal, vertikal dan diagonal (KP1). Nilai pengembangan tebal pada KP1 lebih besar diduga karena pori-pori yang lebih sedikit tertutup akibat adanya pelaburan perekat yang kurang merata dibandingkan dengan KP8 yang memiliki jumlah tumpukan lima lapis sehingga sulitnya air menembus pori-pori dan meratanya pelaburan perekat pada saat perekatan lamina. Semakin rendah kadar perekat, maka semakin tinggi pengembangan tebal laminasi. Akibat jumlah pelaburan perekat yang digunakan kurang merata, maka ikatan antara strand tidak kompak sehingga mudah untuk menembusnya. Menurut Aini *et al.* (2009) bahwa pori-pori lamina bambu yang membuka sehingga bambu laminasi yang dihasilkan mempunyai kemampuan yang lebih tinggi untuk menyerap kelembaban udara.

Pengembangan tebal merupakan penambahan dimensi tebal contoh uji setelah perendaman yang dinyatakan dalam persen terhadap tebal awalnya. Jika pengembangan tebal tinggi akan mengakibatkan stabilitas dimensinya rendah sehingga tidak dapat digunakan untuk produk eksterior atau untuk jangka waktu yang lama, karena sifat mekanis

¹Mahasiswa Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Riau.

²Dosen Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Riau.

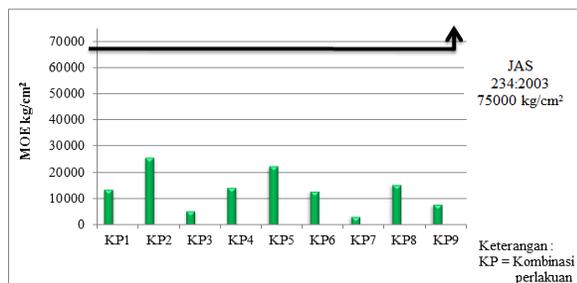
akan segera menurun secara drastis dalam waktu yang tidak lama (Massijaya *et al.*, 2005).

2. Sifat Mekanis *Glulam* Bambu Apus

Sifat mekanis merupakan sifat yang berhubungan dengan ukuran kemampuan laminasi untuk menahan gaya luar yang bekerja padanya. Sifat mekanis yang diuji dalam penelitian ini adalah sifat kekakuan lentur (MOE) dan keteguhan patah (MOR). Pengujian sifat mekanis ini dilakukan dengan menggunakan standar JAS 234:2003. Berikut ini adalah hasil pengujian sifat fisis mekanis balok laminasi.

a. Keteguhan Lentur (*Modulus of Elasticity*)

Hasil pengujian yang dilakukan menunjukkan bahwa rata-rata nilai MOE yang diperoleh yaitu 3308,98 kg/cm² sampai 25675,30 kg/cm². Berdasarkan hasil sidik ragam bahwa kombinasi jumlah dan pola penyusunan lamina bambu apus berpengaruh nyata terhadap keteguhan lentur *glulam* (Lampiran 3). Diagram hasil uji MOE dapat dilihat pada Gambar 7 dan hasil uji DNMRT pada taraf 5% tiap kombinasi perlakuan dapat dilihat pada Tabel 5.



Gambar 7. Diagram MOE *glulam*

Tabel 5. Hasil uji lanjut DNMRT pada MOE (kg/cm²)

Kombinasi perlakuan		MOE (kg/cm ²)
KP2	B ₂ B ₁ B ₂	2,00
KP5	B ₂ B ₁ B ₁ B ₂	2,06
KP8	B ₂ B ₁ B ₂ B ₁ B ₂	2,23
KP4	B ₁ B ₃ B ₃ B ₁	2,30
KP1	B ₁ B ₃ B ₁	2,53
KP6	B ₃ B ₂ B ₂ B ₃	2,76
KP9	B ₃ B ₂ B ₃ B ₂ B ₃	2,79

KP3	B ₃ B ₂ B ₃	3,29
KP7	B ₁ B ₃ B ₁ B ₃ B ₁	4,43

Keterangan : Setiap perlakuan dengan notasi yang sama menunjukkan perlakuan tidak berbeda nyata

Gambar 7 dapat dilihat bahwa kombinasi perlakuan jumlah dan pola penyusunan lapisan memberikan nilai yang berbeda terhadap setiap perlakuan. Hasil pengujian yang dilakukan menunjukkan bahwa rata-rata nilai MOE laminasi yaitu 25675,55 kg/cm² sampai dengan 3308,98 kg/cm². Nilai MOE terendah yaitu 3308,98 kg/cm² yang terdapat pada KP7 laminasi dengan jumlah lima lapis lamina. Nilai MOE tertinggi terdapat pada KP2 dengan jumlah tiga lapis lamina dengan nilai 25675,30 kg/cm². Sedangkan pada KP5 jumlah empat lapis lamina hanya memiliki nilai MOE tertinggi yaitu 22296,76 kg/cm². Nilai MOE yang tinggi berarti ketahanan balok laminasi terhadap perubahan bentuk adalah besar. Nilai keteguhan lentur balok laminasi ini lebih besar apabila dibandingkan dengan nilai keteguhan lentur masing-masing penyusunnya (sirekat).

Hasil uji DNMRT diketahui bahwa laminasi KP2 berbeda nyata dengan laminasi KP3 dan KP7. Laminasi KP5 memberi pengaruh yang berbeda nyata dengan laminasi KP3 dan KP7. Hal ini diduga karena pengaruh kombinasi jumlah dan pola pada penyusunan. Laminasi KP2 dan KP5 terdiri dari pola penyusunan yang hampir sama yaitu dengan menggunakan pola horizontal, diagonal dan horizontal hanya saja terdapat perbedaan antara jumlah lapisan lamina. Pola penyusunan laminasi seperti saling menyilang antar lapisan membuat balok laminasi menjadi lebih kaku sehingga menghasilkan nilai MOE yang lebih tinggi. Hal ini sesuai dengan pernyataan Herawati *et al.* (2008) yang menyatakan pola penyusunan lamina juga memberikan kontribusi terhadap nilai MOE balok laminasi, yaitu semakin kaku balok laminasi maka nilai MOE yang dihasilkan akan semakin tinggi.

Mengacu pada standar JAS 234:2003 nilai MOE minimum adalah sebesar 75000 kg/cm², maka seluruh balok laminasi bambu apus dengan perekat *styrofoam* tidak memenuhi standar yang

¹Mahasiswa Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Riau.

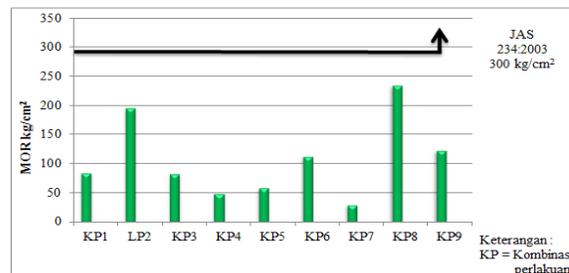
²Dosen Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Riau.

telah ditetapkan. Hal ini diduga oleh penyusunan laminasi dengan beberapa pola kombinasi diagonal, horizontal dan vertikal serta jumlah lapisan membuat papan laminasi lebih kaku sehingga menghasilkan nilai MOE yang tertinggi hanya 25675,30 kg/cm², akan tetapi nilai tersebut tidak memenuhi standar yang telah dipersyaratkan.

Pengempaan pada saat pembuatan laminasi dapat mempengaruhi nilai MOE, dimana kempa yang digunakan merupakan kempa sederhana yang telah dimodifikasi sedemikian rupa sehingga tekanan yang diberikan tidak kuat dan bisa mengakibatkan perekatan pada laminasi tidak maksimal. Kekuatan nilai MOE *glulam* juga ditentukan dari sistem perekatan dan proses pembuatannya. Perekat yang digunakan pada balok laminasi ini menggunakan perekat *polystyrene* yakni berupa *styrofoam* yang memiliki bentuk tekstur kental, oleh sebab itu dapat menyebabkan sulitnya perekat masuk kedalam pori-pori lamina yang menyebabkan daya ikat antar lamina menjadi tidak kuat serta menurunnya nilai MOE yang didapatkan. Selain itu nilai kerapatan yang rendah menyebabkan balok laminasi yang dihasilkan tidak mampu menahan gaya tarik dan tekan yang terjadi pada permukaan balok mengakibatkan rendahnya nilai MOE pada balok laminasi saat dilakukan pengujian. Herawati (2007) menyatakan bahwa tebalnya dinding sel dan kecilnya volume rongga sel mengakibatkan perekat tidak dapat melakukan penetrasi dengan mudah sehingga *interlocking* hanya terjadi pada kedalaman yang terbatas.

b. Keteguhan Patah (*Modulus of Rupture*)

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan rata-rata nilai MOR yaitu 234,67 kg/cm² sampai 29,75 kg/cm². Hasil sidik ragam bahwa kombinasi jumlah dan pola penyusunan lamina bambu apus tidak berpengaruh nyata terhadap keteguhan patah *glulam* (Lampiran 3). Diagram hasil uji MOR dapat dilihat pada Gambar 8, sedangkan nilai rata-rata MOR dapat dilihat pada Tabel 6.



Gambar 8. Diagram MOR *glulam*

Tabel 6. Rata-rata nilai pada MOR (kg/cm²)

Kombinasi perlakuan	MOR (kg/cm ²)
KP8 B2B1B2B1B2	234,67
KP2 B2B1 B2	195,53
KP9 B3B2B3B2B3	122,44
KP6 B3B2B2B3	112,46
KP1 B1B3B1	84,45
KP3 B3B2B3	83,21
KP5 B2B1B1B2	58,25
KP4 B1B3B3B1	49,21
KP7 B1B3B1B3B1	29,75

Gambar 8 menunjukkan bahwa rata-rata nilai MOR laminasi yaitu 234,67 kg/cm² sampai dengan 29,75 kg/cm². Nilai MOR terendah yaitu 29,75 kg/cm² yang terdapat pada KP7 laminasi dengan jumlah lima lapis lamina. Sedangkan nilai MOR tertinggi 234,67 kg/cm² terdapat pada KP8 dengan jumlah lima lapis lamina. Sedangkan pada perlakuan jumlah empat lapis lamina yang memiliki nilai MOR tertinggi KP6 yaitu 112,46 kg/cm².

Nilai MOR pada KP8 laminasi dengan pola horizontal, diagonal, horizontal, diagonal dan horizontal lebih kuat diantara kombinasi perlakuan lainnya karena jumlah susunan yang dibuat saling menyilang antara lapisan dengan lapisan yang lain sehingga kekuatannya tersebar merata dalam menahan beban yang diberikan. Hasil MOR tersebut sesuai dengan pernyataan Risani (2008) dalam Siregar (2013), yaitu keistimewaan *polywood* terletak pada susunan lapisan finirnya yang membentuk konstruksi silang sehingga dengan konstruksi yang demikian kekuatan kayu yang secara alamiah hanya terletak searah dengan serat saja dirubah kekuatannya menjadi tersebar merata hingga panel-panel yang relatif tipis memungkinkan

¹Mahasiswa Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Riau.

²Dosen Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Riau.

memikul beban yang sama dengan kayu solid yang jauh lebih tebal. Hasil penelitian serupa oleh Supardiono dan Munasir (2004) dalam Siregar (2013) juga menunjukkan bahwa dengan pemasangan vinir bersilang menyebabkan kayu lapis menjadi kuat dan tahan geseran ke segala arah.

Nilai MOR dari keseluruhan kombinasi perlakuan balok laminasi dengan menggunakan perekat *styrofoam* ini tidak memenuhi standar JAS 234:2003 dimana nilai minimum MOR balok laminasi adalah 300 kg/cm². Hal ini diduga kecenderungan pada penggunaan perekat serta penggunaan alat kempa sederhana. Pada penggunaan perekat semakin tinggi kualitas perekat yang digunakan maka semakin kuat ikatan lamina dengan perekat sehingga balok laminasi yang dihasilkan akan semakin kuat, sebaliknya jika kualitas perekat rendah maka akan menurunkan nilai MOR. Nugraha (2000) menjelaskan bahwa kualitas perekat memegang peranan penting pada konstruksi balok laminasi, karena baik buruknya perekatan tergantung pada kekuatan perekat yang akan menunjang keberhasilan perekatan dalam memperoleh kekuatan balok laminasi yang baik.

Penggunaan alat pengempaan sederhana pada penelitian ini juga mempengaruhi nilai MOR, dimana alat kempa sederhana yang digunakan pada saat proses pengempaan mengakibatkan penyebaran tekanan yang diberikan tidak merata sehingga memberikan hasil MOR yang tidak maksimal. Adapun jika beban yang diberikan pada balok laminasi bertambah besar maka ikatan rekat akan semakin lemah sehingga geseran yang terjadi pada ikatan rekat akan semakin lemah maka defleksi yang terjadi juga akan semakin besar.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan adalah :

1. Kualitas *glulam* dari bambu apus dengan menggunakan perekat *styrofoam* memiliki sifat fisis yaitu kadar air yang memenuhi standar JAS 234:2003, sedangkan untuk

kerapatan dan pengembangan tebal laminasi bambu apus tidak dipersyaratkan.

2. Sifat mekanis MOE dan MOR laminasi bambu apus tidak memenuhi standar JAS 234:2003 sehingga tidak bisa digunakan sebagai bahan struktural.
3. Kombinasi dengan menggunakan pola penyusunan lamina horizontal, diagonal dan horizontal memberikan hasil terbaik terhadap sifat mekanis *glulam*.

Pada penelitian selanjutnya, dapat dilakukan dengan mengganti jenis perekat serta penggunaan lamina yang lebih tebal mengingat bambu apus memiliki kualitas yang baik untuk dijadikan bahan struktural dan konstruksi.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustin N.J. 2005. Keteguhan Lentur Balok Laminasi Mekanis Tiga Jenis Kayu Menurut Berbagai Ketebalan Lamina. Skripsi (Tidak dipublikasikan). Bogor. Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Aini, N., Morisco dan Anita. 2009. Pengaruh Pengawetan Terhadap Kekuatan dan Keawetan Produk Laminasi Bambu. Forum Teknik Sipil Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.
- Bahtiar, E.T. 2008. Modulus Elastisitas dan Kekuatan Tekan Glulam. Di dalam: Proceeding Seminar Masyarakat Peneliti Kayu Indonesia (MAPEKI XI). Universitas Palangkaraya. (A17): 71-89
- Berlian, N dan Rahayu. E. 1995. Bambu Budidaya dan Prospek Bisnis. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Bowyer JL, Haygreen JG. 2007. *Forest Product and Wood Science an Introduction*. 5th Edition. Iowa: Iowa State University Press/Ames.
- Gunawan, P. 2007. Pengaruh Jenis Perekat Terhadap Keruntuhan Geser Balok Laminasi Galar dan Bilah Vertikal Bambu Petung. Gema Teknik. Jurusan Teknik Sipil

¹Mahasiswa Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Riau.

²Dosen Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Riau.

- FT. Universitas Sebelas Maret Surakarta. 2(5): 1-12
- Herawati, E. 2007. Karakteristik balok laminasi dari kayu cepat tumbuh berdiameter kecil. Tesis (Tidak dipublikasikan). Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Herawati, E., M.Y. Massijaya dan N. Nugroho, 2008. Karakteristik Balok Laminasi Dari Kayu Mangium (Acacia mangium Willd.) *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Hutan*. 1(1): 1-8
- [JAS] Japanese Agricultural Standard. 2003. *Glued Laminated Timber*. JAS 234: 2003. Tokyo (JP): Ministry of Agriculture, Forestry, and Fisheries.
- Kabir, M.F. Bhattacharjee, D.K.; Sattar, M.A. 1993. Effect of age and height on strength properties of *Dendrocalamus longispatus*. *Bamboo Information Centre India Bulletin*. 3(1): 11-15
- Massijaya MY, YS Hadi, HM Marsiah. 2005. Pemanfaatan Limbah Kayu dan Karton Sebagai Bahan Baku Papan Komposit. Laporan Eksekutif Hibah Bersaing XIII Perguruan Tinggi. Lembaga Peneliti dan Pemberdayaan Masyarakat IPB. Bogor.
- Munir, M and Dzulkifli. 2015 Pemanfaatan *Flux* pada *Styrofoam* Sebagai Bahan Dasa Peredam Suara dengan Metode Tabung Impendansi. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia*. 4 (3): 41-47
- Nugraha, S. 2000. Studi Hubungan Sifat Kekakuan Bahan dan Kekuatan Lentur Balok Laminasi Kayu Damar (*Agathis loranthifolia* Salisb.) Pada Berbagai Ketebalan Lamina. Skripsi (Tidak dipublikasikan). Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Siregar, Yusmanita. 2013. Sifat Fisik dan Mekanis Laminasi Bambu Apus (*Gigantochloa apus*) Menggunakan Tiga Pola. Skripsi (Tidak dipublikasikan). Universitas Sriwijaya. Palembang.
- Sekhar, A.C. Bhartari, R.K. 1960. *Studies of strength of bamboo*. A note on its mechanical behavior. *Indian Forester*. 86(5): 296-301
- Sulistiyawati I, Nugroho N, Surjokusumo S, Hadi YS. 2008. Kekakuan dan Kekuatan Lentur Maksimum Balok Glulam dan Utuh Kayu Mangium. *Jurnal Teknik Sipil. Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil Institut Teknologi Bandung (ITB)*. 15 (3): 113-119
- Syarief, R. 1989. Teknologi pengemasan pangan, Laboratorium Rekayasa Proses Pangan Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Tsoumis G. 1991. *Science and Technology of Wood (Structure, Properties, Utilization)*. New York : Van Nostrand Reinhold.

¹Mahasiswa Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Riau.

²Dosen Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Riau.