

**SIFAT FISIS DAN MEKANIKA, WETABILITAS DAN EMISI FORMALDEHIDA BAMBU
LAMINA YANG DIBUAT DARI BEBERAPA JENIS BAMBU**

***THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES, WETABILITY AND EMISSION
FORMALDEHYDE OF LAMINA BAMBOO MADE BY SOME BAMBOO TYPES***

M. Loiwatu

Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Pattimura Ambon

Jl. Ir.M.Putuhena Kampus Poka Ambon 97237 Telp 085287863334

Penulis korespondensi email : meyche_loiwatu@yahoo.co.id

Diterima : 5 Juni 2018

Disetujui : 18 Juni 2018

Intisari

Teknologi Laminasi adalah satu teknik untuk memanfaatkan potongan bambu menjadi produk komposit yang dapat menggantikan kayu solid. Teknik laminasi bertujuan untuk membuat ukuran asli dari sumberdaya menjadi lebih besar dalam ukuran panjang, lebar dan tebal. Produk laminasi dibuat dengan merekatkan 2 atau lebih lembaran sejajar serat dengan menggunakan perekat dan tekanan untuk meningkatkan kekuatan dan kualitasnya. Penelitian ini bertujuan menentukan komponen kadar air, berat jenis/kerapatan dari bambu yang dilaminasi, untuk menentukan MOE (Modulus Elastisitas), MOR (Modulus Retahan), kekuatan tekan, kekuatan geser dan persentase retak, wetabilitas bambu, pelepasan emisi formaldehida dari bambu yang dilaminasi dengan menggunakan urea formaldehida sebagai bahan pengikat, untuk menentukan jumlah delaminasi dari bambu yang dilaminasi dan ketebalan perekat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan pendahuluan (A) dan pengempaan dingin (C) berpengaruh signifikan terhadap bambu yang dilaminasi walaupun jenis perekat tidak berpengaruh terhadap properti sebagai faktor tunggal. Interaksi factor-faktor seperti AB, AC, BC berpengaruh signifikan terhadap property bambu yang dilaminasi walaupun kombinasi factor seperti ABC tidak berpengaruh signifikan terhadap kerapatan dari bambu yang dilaminasi terbuat dari bambu petung, jawa dan kuning; MOE dari bambu dilaminasi yang terbuat bambu suanggi; kekuatan tekan dari bambu laminasi yang terbuat dari bambu petung dan bambu suanggi. Selain itu, tingkat pengempaan dingin berpengaruh signifikan terhadap MOE dari bambu laminasi yang terbuat dari bambu petung; dan persentase kerusakan bambu laminasi yang terbuat dari bambu petung, jawa dan suanggi.

Kata kunci : Bambu, laminasi, formaldehida, delaminasi.

Abstract

Laminating technology is one of technique to utilize thick pieces of bamboo becoming composite product that might be replace solid wood. Objective laminating technique is to make original size of resources become bigger in term of length, width and thickness. Laminated product was made by binding of two or more pieces plane wood in parallel grain using adhesives and press to increase its strength and quality. Objective of the study was To determine moisture content and specific gravity of laminated bamboo, to determine modulus of elasticity (MOE), modulus of rupture (MOR), compressive strength, shear strength and percentage of rupture of laminated bamboo, To determine wet ability of bamboo, To determine emission of formaldehyde release from laminated bamboo that utilize urea formaldehyde as binding agent, To determine amount of delaminating of laminated bamboo and viscosity of adhesives. Result of the study indicated that preliminary treatment (A), and level of cold press (C) was significant effect to the properties of laminated bamboo, although type of adhesives was not significant effect to the properties as single factor. Interaction factors such as AB, AC and BC was significant effect to the properties of laminated bamboo, although combination factor such as ABC was not significant. Preliminary treatment was significant effect to the specific gravity of laminated bamboo that made of petung, jawa and kuning bamboo; modulus of elasticity (MOE) of laminated bamboo that made of suanggi bamboo; compression strength of laminated bamboo made of petung and suanggi bamboo. Another hand, level of cold press was significant effect to the modulus elasticity (MOE) of laminated bamboo, made of petung bamboo; and percentage of rupture of laminated bamboo made of petung, jawa and suanggi bamboo.

Keywords : *Bamboo, Laminated, formaldehyde, delaminating.*

PENDAHULUAN

Bambu merupakan salah satu hasil hutan non kayu yang dikenal sebagai tanaman sebanguna karena memiliki banyak keunggulan bila dibandingkan dengan tanaman lain. Bambu memiliki batang yang lurus, rata, ringan, keras dan mudah dikerjakan, memberikan kemungkinan pemakaian yang luas untuk bermacam-macam tujuan (Darmono, 2013, hal 50). Bambu dengan bagian tengah yang berlubang, menyebabkan dalam pemanfaatannya memerlukan input teknologi dan rekayasa yang tepat terutama bila bambu akan dimanfaatkan untuk tujuan produk seperti produk-produk berbasis kayu pada umumnya.

Teknologi laminasi merupakan salah satu alternatif cara pengolahan bambu yang relevan untuk mencapai tujuan yang diharapkan. Dalam hal ini penerapan teknologi laminasi lebih memungkinkan diperoleh dimensi baik panjang, lebar maupun tebal yang besar dengan bentuk akhir yang diinginkan. Produk laminasi diperoleh melalui proses merekatkan dua atau lebih papan dengan perekat tertentu secara bersama-sama dengan arah serat yang paralel dengan bantuan tekanan untuk meningkatkan kualitas atau kekuatannya (Moody, *dkk.*, 1999, hal 351). Kualitas produk papan lamina ditentukan

oleh sifat fisika, mekanika dan delaminasi. Kekuatan atau kualitas tersebut dipengaruhi oleh viskositas perekat dan wetabilitas (kemampuan bambu menyerap perekat) masuk ke pori-pori bambu dan membentuk garis-garis perekat (*tendrils*) yang solid. Jenis perekat yang digunakan dalam industri laminasi, ada yang mengandung emisi seperti urea formaldehida, dll. Nilai emisi yang ada di dalam perekat akan menentukan produk yang menggunakan perekat tersebut dapat dikategorikan produk ramah lingkungan atau tidak.

Propinsi Maluku dengan pulau-pulau besar dan kecil memiliki potensi lahan bambu yang cukup luas, tersebar di seluruh wilayah, memiliki keragaman jenis, tumbuh secara alami namun belum dimanfaatkan secara optimal oleh masyarakat (Manuhuwa, 2005). Jenis bambu yang berpeluang untuk dijadikan bahan baku pembuatan balok laminasi yaitu bambu petung, (*Dendrocalamus asper*), bambu jawa (*Gigantchloa atter*) bambu suanggi (*Gigantchloa verticilata*) dan bambu kuning (*Bambusa vulgaris*) karena memiliki dinding batang yang relatif lebih tebal bila dibandingkan dengan jenis bambu lainnya yaitu mencapai 10-15 mm.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kadar air dan berat jenis bamu lamina, mengetahui Keteguhan Lengkung Statik (modulus elastisitas/MOE dan modulus patah/MOR), keteguhan tekan, keteguhan rekat/geser dan persentase kerusakan, mengetahui wetabilitas 4 jenis bambu, mengetahui besarnya emisi dari produk bambu lamina yang menggunakan perekat urea formaldehida, mengetahui besarnya delaminasi dan viskositas perekat yang digunakan untuk laminasi bambu. Manfaat dari penelitian ini yaitu menambah pengetahuan tentang kekuatan bambu lamina dalam kaitannya dengan pemanfaatannya oleh masyarakat dan kemungkinan pengembangannya dimasa depan.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Pembuatan bambu lamina, pembuatan contoh uji dan pengujian sifat fisik dilakukan di Laboratorium Teknologi Hasil Hutan Jurusan Kehutana Faperta Unpatti. Pengujian sifat mekanika dan emisi formaldehida dilakukan di Lab. Mekanika Bahan dan Lab. Kimia Lingkungan, Pusat Antar Universitas (PAU) UGM Yogyakarta sedangkan wetabilitas dilakukan di Lab. Perekatan Kayu, Jurusan Kehutanan UGM.

Penelitian berlangsung dari Bulan Juni – Oktober 2016

Bahan Penelitian

Jenis bambu yang digunakan adalah bambu petung, (*Dendrocalamus asper*), bambu jawa (*Gigantchloa atter*) bambu suanggi (*Gigantchloa verticilata*) dan bambu kuning (*Bambusa vulgaris*) yang diambil dari beberapa Desa di Kec. Amahai, Maluku Tengah. Perekat yang digunakan adalah polyvinyl asetat (PVAc) Merek Lem Fox Produksi PT. Dyno Indria Pasuruan, Urea Formaldehida, air panas dan parafin, larutan asetil aseton amonium asetat (A4), aquades dan lain-lain

Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah gergaji, mesin ketam, timbangan analitik, oven, kaliper, *Universal Testing Machine*, gelas ukur, kapi, clastronik (uji wetabilitas) sedangkan uji emisi (kertas amplas, penjepit kawat, desikator, petri disk, pipet 25 mm, erlemeyer volume 100 ml, water bath, thermometer, spektrofotometer, alat tulis menulis, kalkulator, plastik dan lain-lain

Prosedur Penelitian

Pembuatan Contoh Uji

- a. Bambu ditebang, kemudian dibelah dan dipotong-potong dengan panjang sekitar 35 cm. Bambu tersebut dibuat menjadi papan gergajian ukuran reng

yaitu 35cm (panjang) x 3cm (lebar) x 2cm (tebal).

- b. Papan bambu gergajian tersebut diangin-anginkan (dikeringkan) terlebih dahulu hingga mencapai kadar air kering udara (12-15%).
- c. Setelah kering keping bambu disekap hingga ukuran 35 x 3 x 1 cm. Selanjutnya keping dilaburi perekat dengan jumlah yang telah ditentukan 45#/MSGL atau sebanyak 20 gr/luasan 105 cm² dengan menggunakan perekat PVac atau urea formaldehida.
- d. Keping bambu disusun menjadi balok dengan ukuran 35 x 3 x tebal (2 ± 0,5 cm) terdiri atas 2 lapisan keping dan 1 garis perekat.
- e. Keping bambu yang telah disusun (dirakit) tersebut dipres dengan kempa dingin dengan tekanan yang telah ditetapkan (100 psi, 150 psi dan 200 psi) selama 24 jam. Kemudian dibiarkan selama 1 minggu untuk

dikondisikan agar terbentuk garis perekat yang kokoh.

- f. Papan bambu lamina tersebut kemudian diketam dan diratakan bagian pinggirnya (lebar 2 cm) untuk memenuhi BS-73, (1975)

Pengujian Bambu Lamina

1). Kadar Air

- a. Membuat contoh uji ukuran 2 x 2 x 2 cm sesuai standar uji British 373 dan mengukur berat awal (BA) contoh uji.
- b. Mengeringkan contoh uji dalam oven pada suhu 103±2 °C.
- c. Memasukkan contoh uji ke dalam desikator kemudian menimbanginya dan angka yang diperoleh adalah berat kering tanur (BKt)
- d. Mengulangi langkah (a) dan (b) sampai diperoleh berat kering tanur yang konstan.
- e. Menghitung kadar air menurut Hayangreen dan Bowyer (1986:224) dengan rumus,

$$\text{Kadar Air} = \frac{\text{Berat Air Dalam Bambu}}{\text{BK}_t \text{ Bambu}} \times 100\% = \frac{\text{Ba} - \text{BKt}}{\text{BKt}} \times 100\%$$

Keterangan : Ba = Berat awal BKt = Berat kering tanur

2). Berat Jenis

- a. Membuat contoh uji ukuran 2 x 2 x 2 cm sesuai standar British 373
- b. Mengukur dimensi contoh uji (panjang, lebar dan tebal) dan

dihitung sebagai volume contoh uji

- c. Menghitung berat jenis contoh uji berdasarkan berat kering tanur (BKt) sesuai Hayangreen dan Bowyer (1989:277) dengan rumus,

$$\text{Berat Jenis Bambu} = \frac{\text{Kerapatan bambu}}{\text{Kerapatan air}} = \frac{\text{Berat kering oven}}{\text{Volume bambu}}$$

3). Keteguhan Lengkung Statik

- Membuat contoh uji ukuran 30 x 2 x 2 cm sesuai standar British 373, (1975)
- Melakukan pembebanan dengan *Universal Testing Machine* dan mencatat defleksi untuk setiap interval kenaikan beban tertentu.
- Menghentikan pembebanan setelah beban maksimum dicapai yang diindikasikan oleh tidak

$$\text{MOE} = \frac{\text{PiL}^3}{4\Delta\text{bd}^3} \quad \text{dan} \quad \text{MOR} = \frac{3\text{PL}}{2\text{bd}^2}$$

Keterangan :

MOE = Modulus elastisitas (kg/cm²)

Pi = Beban pada batas proporsi (kg)

L = Bentangan bebas contoh uji (cm)

D = Tinggi contoh uji (cm)

Berat kering oven

Volume bambu meningkatnya jarum penunjuk skala pembebanan.

- Berdasarkan hasil pengukuran yang diperoleh, dibuat grafik hubungan pembebanan dan pelengkungan (defleksi) yang terjadi dan menentukan batas proporsinya.
- Menghitung Modulus elastisitas (MOE) dan Modulus patah (MOR) menurut Hayangreen dan Bowyer (1989 : 314-316) dengan rumus,

MOR= Modulus patah (kg/cm²)

P = Beban pada batas patah/maksimum (kg)

b = Lebar contoh uji

Δ = Defleksi (cm)

4). Keteguhan Tekan Sejajar Serat

- Membuat contoh uji ukuran 8 x 2 x 2 cm sesuai standar uji British 373
- Melakukan pembebanan dengan alat *Universal Testing Machine*

- Menghentikan pembebanan setelah tercapai beban maksimum
- Menghitung keteguhan rekat tekan sejajar serat, dengan rumus,

$$\text{Keteguhan Tekan (kg/cm}^2\text{)} = \frac{\text{Pmax}}{\text{A}}$$

Keterangan : Pmax = Beban maksimum (kg)

A= Luas penampang contoh uji papan bambu lamina

5). Keteguhan Rekat Geser

- Membuat contoh uji ukuran 2 x 2 x 1,75 cm sesuai standar ASTM D-905-49 (1981)

- Melakukan pembebanan contoh uji dengan *Universal Testing Machine*
- Menghentikan pembebanan setelah tercapai beban maksimum

d. Menghitung keteguhan rekat geser, dengan rumus,

$$\text{Keteguhan rekat geser (Kg/cm}^2\text{)} = \frac{\mathbf{P\ max}}{\mathbf{A}}$$

Keterangan : Pmax = Beban maksimum (kg)
A = Luas penampang papan bambu lamina (cm²)

6). Persentase Kerusakan Bambu Lamina

Persen kerusakan dihitung dengan cara :

- a. Memproyeksikan luasan bidang rekat yang rusak (mengandung serat kayu) pada kertas kalkir
- b. Luasan bidang rekat yang rusak kemudian dihitung dengan

$$\% \text{ Kerusakan Bambu Lamina} = \frac{\text{Luas kerusakan bidang geser (cm}^2\text{)}}{\text{Luas bidang geser (cm}^2\text{)}} \times 100\%$$

menggunakan kertas millimeter blok atau transparan dot grid

- c. Luas bidang geser dihitung dengan menggunakan kertas milimeter blok/transparan dot grid
- d. Persen kerusakan dihitung dengan menggunakan rumus :

7). Pengujian Wetabilitas

Pengujian wetabilitas dilakukan dengan menggunakan metode CWAH (*Corrected Water Absorbed Height*). Pada pengujian ini serbuk dimasukkan ke dalam tabung gelas (clastronik) yang salah ujungnya ditutup dengan menggunakan kertas saring. Diameter dalam tabung harus sama

$$\text{CWAH} = \frac{h_1 d^2 \pi h_2}{4 w s}$$

Di mana : CWAH = *Corrected Water Absorbed Height*

h₁ = tinggi absorpsi (mm) h₂ = tinggi serbuk dalam tabung
w = Berat serbuk kering tanur d = diameter dalam tabung (cm)
π = 3,1415 s = Volume specsipik air (gram/cm³)

dengan kepadatan serbuk. Serbuk yang digunakan pada pengujian ini adalah serbuk berukuran -140/+60 mesh. Pengujian dilakukan dengan mencelupkan ujung tabung kaca ke dalam air dengan kedalaman pencelupan yang sama, selanjutnya diukur pembasahan serbuk menurut waktu (Bodig, 1962).

8). Pengujian Emisi Formaldehida (JAS, 2003)

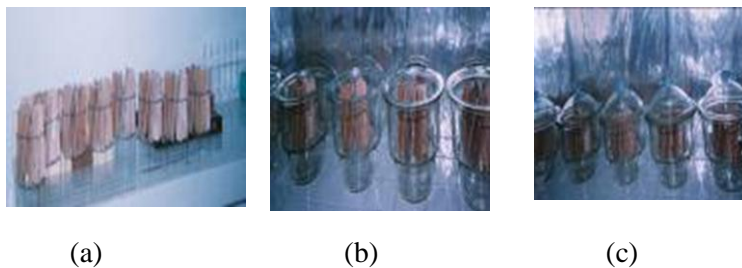
Pengujian emisi formaldehida dilakukan berdasarkan Standar Jepang (JAS, 2003) sebagai berikut :

Tahap I :

1. Siapkan contoh uji ukuran $15 \times 2 \times 2 \pm 0.5$ cm sebanyak 10 contoh uji.
2. Bersihkan sisa-sisa potongan yang menempel dengan menggunakan kertas amplas.
3. Susun contoh uji-contoh uji tersebut di dalam penjepit kawat (gambar 1a)
4. Siapkan petri disk, tinggi ± 8 cm, diameter 18 cm kemudian

masukkan air murni sebanyak 300 cc.

5. Masukkan petri disk ke dalam desikator yang berisi air dan letakkan contoh uji yang telah dijepit dengan kawat atau logam (gambar 1b).
6. Desikator ditutup (gambar 5c), catat waktu awal desikator ditutup. Biarkan desikator tertutup selama 24 jam di dalam ruang pendingin dengan temperatur $20 \pm 1^\circ\text{C}$ (gambar 1).

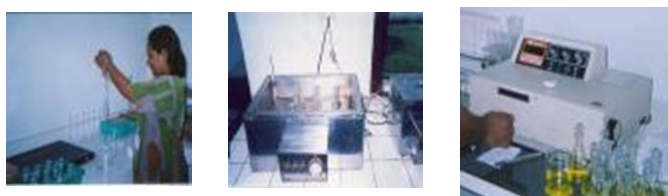


Gambar 1. Pengujian emisi formaldehida tahap I

Tahap II :

1. Setelah 24 jam, desikator dibuka dan ambil *petri disk* yang berisi air tersebut.
2. Ambil air dalam petri disk tersebut sebanyak 25 ml, masukkan dalam erlemeyer yang volumenya 100 ml.
3. Tambahkan larutan asetil aseton amonium asetat (A4) sebanyak 25 ml lalu diaduk hingga merata dan ditutup (gambar 2a).

4. Panaskan dalam *water bath* larutan yang ada dalam erlemeyer tersebut selama 10 menit dengan temperatur air $65 \pm 2^\circ\text{C}$ (gambar 2b).
5. Larutan dalam erlemeyer di keluarkan dan di dinginkan. Pengujian emisi formaldehida menggunakan alat spektrofotometer (gambar 2c).



(a) (b) (c)
Gambar 2. Pengujian emisi formaldehida tahap II

Untuk menghitung nilai emisi formaldehida menggunakan rumus (Anonim, 2003) sebagai berikut :

$$\text{Konsentrasi emisi formaldehida} = \frac{\text{Nilai absorban} - 0,0007}{0,0023}$$

Rancangan Penelitian

Rancangan yang akan digunakan dalam penelitian adalah pola rancangan acak lengkap (*Completely Randomized Design*) dengan percobaan faktorial, Gasper, (1989). Parameter yang diteliti adalah perlakuan permukaan, jenis perekat dan tekanan kempa terhadap bambu

lamina dari 4 jenis yaitu bambu petong, jawa, suanggi dan kuning. Masing-masing akan mendapat 3 ulangan. Parameter diatas dihitung sebagai variable bergantung pada percobaan faktorial yang terdiri dari 3 perlakuan dengan model dasar aditif liniernya sebagai berikut :

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + C_k + (AB)_{ij} + (AC)_{ik} + (BC)_{jk} + (ABC)_{ijk} + \sum_{ijk}$$

HASIL PENELITIAN

Kadar Air Bambu Lamina

Nilai rata-rata kadar air bambu lamina empat jenis bambu berkisar antara 9,93%-10,82%. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa perlakuan rendaman air panas (a1) lebih besar nilai kadar air jika dibandingkan dengan rendaman air (a2) dingin dan control (a3) baik pada bambu lamina patong, jawa, suanggi dan kuning. Hal tersebut sesuai

yang melaporkan kisaran kadar air bambu lamina 9,57% - 11,27%) untuk bambu lamina dengan jumlah lapisan sebanyak 2-5 lapisan. Sulastiningsih dkk (1996, hal 366-373) tersebut menunjukkan semakin banyak jumlah lapisan bambu lamina (semakin banyak garis perekat atau semakin banyak perekat yang digunakan) maka kecenderungan semakin banyak menambah kadar airnya atau sebaliknya. Perekat PVAc merupakan salah satu jenis perekat yang mengeras dengan cara melepaskan kandungan airnya (Anonim, 1989, hal 9-16). Kemungkinan terjadi dengan penggunaan perekat tersebut akan menambah kadar air bahan direkat melalui

dengan hasil penelitian bambu lamina petung dengan perekat urea formaldehida oleh Sulastiningsih dkk (1996, hal 369)

proses pembasahan terutama disekitar garis perekat dan akar-akar perekat.

Fenomena tersebut dijelaskan oleh Anonim (1989, hal 9-14) bahwa setelah proses perekatan maka bahan direkat terutama di sekitar garis perekat akan menyerap air bahan perekat dan dapat menyebabkan pengembangan (*swelling*) sehingga semakin semakin banyak jumlah perekat yang masuk ke dalam pori-pori kayu (penetrasi) semakin banyak kadar airnya.

Hal tersebut juga diterangkan oleh Plath (1951) dalam Kollmann dkk (1975, hal 17) bahwa pada produk kayu laminasi yang menggunakan pengempaan dingin akan terjadi pembasahan bahan direkat (kayu/bambu) di dekat garis perekat. Lebih lanjut Vick (1999, hal 9-15) mengatakan jenis perekat, perlakuan pendahuluan, ketebalan lamina, jumlah lapisan lamina, berat labur, berat jenis bambu, kandungan air perekat dan prosedur yang digunakan dalam proses perekatan (pengempaan panas dan dingin) merupakan faktor-faktor yang menentukan kadar air akhir suatu produk laminasi.

Berat Jenis Bambu Lamina

Nilai rata-rata berat jenis berkisar antara 0,84-0,87. Hasil penelitian menunjukkan pelaminasian akan menambah berat jenis dengan terbentuknya garis perekat dan semakin banyak perekat/garis

perekat maka berat jenis akan semakin meningkat. Dipihak lain, pengempaan dan pada proses perekatan bertujuan untuk menekan perekat agar mengalir sisi (*flow*) dan meresap ke dalam bahan direkat (*penetration*), Brown dkk, 1952, hal 195). Selanjutnya Vick (1999, hal 9-7) mengatakan tekanan yang terlalu tinggi terutama pada bahan yang berporus akan menyebabkan penetrasi yang berlebihan dan perekat keluar dari garis rekat (*squeeze out*) sehingga garis perekat mengalami kekurangan perekat (*starved joint*) yang mengakibatkan kekuatan rekatnya menurun.

Keteguhan Lengkung Bambu Lamina (MOE dan MOR)

Nilai rata-rata modulus elastisitas (MOE) yaitu sebesar 30728.84 kg/cm²-66054.13 kg/cm² sedangkan modulus patah (MOR) adalah 811.20 kg/cm² - 999.57 kg/cm². Hal ini dapat dibuktikan dengan hasil pengujian kekuatan rekat dan persentase kerusakan, dimana nilai kekuatan rekat dan persen kerusakannya meningkat seiring dengan meningkatnya tekanan kempa. Terbentuknya ikatan yang kuat antara bilah dengan perekat akan meningkatkan kekuatan rekat antar lamina dan meningkatkan kekompakan antara bilah dengan perekat dalam menahan gaya-gaya dari luar secara bersama-sama

sehingga nilai MOE, MOR, Keteguhan rekat dan pesren kerusakan juga akan meningkat. Menurut Janssen (1980, hal 176), patah yang terjadi pada bambu dalam pengujian *bending* bukan ditentukan oleh kekuatan tarik seratnya tetapi sudah tidak ada lagi gaya kohesi antar serat dimana serat-serat pada bambu diikat oleh pectin. Kekuatan rekat bambu yang diikat oleh pectin lebih kompak dibandingkan dengan molekul garis perekat pada balok laminasi sehingga modulus patah balok laminasi menjadi rendah dibandingkan dengan bambu utuh.

Keteguhan Tekan Bambu Lamina

Nilai rata-rata keteguhan tekan bambu laminasi berkisar antara 740.62 kg/cm²-875.75 kg/cm² lebih tinggi jika dibandingkan dengan kekuatan tekan bambu petung sebelum dilaminasi (575,829 kg/cm²). Sutigno dan Masano (1986, hal 23) melakukan penelitian laminasi kayu meranti dimana nilai rata-rata kekuatan tekan laminasi kayu meranti meningkat secara signifikan dibandingkan kayu meranti murni (tanpa laminasi) yaitu 280,82 kg/cm² menjadi 332,145 kg/cm² atau mengalami peningkatan sebesar 18,28%. Hal ini dapat dimengerti karena perlakuan pelaminasian akan menambah garis perekat yang dapat menambah berat jenisnya sehingga kekuatan tekannya menjadi meningkat.

Keteguhan Rekat/Geser Bambu Lamina

Nilai rata-rata keteguhan rekat/geser berkisar antara 70,80 gr/cm² - 78.65 kg/cm². Peningkatan nilai keteguhan rekat seiring dengan terjadinya penetrasi bahan perekat ke dalam pori-pori kayu yang semakin besar. Menurut Prayitno (1996, hal.7) dimungkinkan karena pengaruh dominan oleh gaya kohesi perekat sehingga adhesi perekat dengan bahan direkat meningkat seiring dengan kenaikan perekat labur dan tekanan kempa.

Persentase Kerusakan Bambu Lamina

Nilai rata-rata persentase kerusakan bambu lamina berkisar antara 48,98% - 65.83%. Nilai persen kerusakan balok laminasi diatas 50% dikategorikan tinggi. Persen kerusakan yang tinggi terjadi karena kekuatan adhesi perekat dan bambu adalah sama atau lebih tinggi dari kekuatan kohesi bambu, kondisi ini menunjukkan perekatan yang berhasil. Nilai persentase kerusakan yang rendah berarti daya kohesi bambu jauh lebih tinggi daripada kekuatan adhesi perekat dengan bambu dan kondisi ini menunjukkan kegagalan perekat. Persentase kerusakan bambu lamina merupakan nilai penunjang dalam analisis keteguhan rekat dan tidak dapat berdiri sendiri sebagai tolok ukur perekatan, sehingga harus menyertai nilai keteguhan rekat seperti yang tercantum dalam

standarisasi kekuatan perekatan di Indonesia (Anonymous, 1975 dalam Prayitno, 1987 : 28).

Wetabilitas

Nilai wetabilitas rata-rata tertinggi terdapat pada jenis bambu petung sebesar 1242,798; diikuti oleh jenis bambu suanggi sebesar 1125,248; bambu jawa sebesar 1077,413 dan terendah pada jenis bambu kuning 1044,295. Wetabilitas dipengaruhi oleh kerapatan atau berat jenis. Menurut Sushardi (2001), kenaikan kerapatan akan diikuti oleh penurunan wetabilitas. Kerapatan berhubungan langsung dengan porositas yaitu proposi volume rongga (dalam hal ini adalah proposi pembuluh). Bambu dengan porositas tinggi (proporsi pembuluh besar) memiliki kerapatan yang rendah, hal ini berlaku sebaliknya. Wetabilitas di pengaruhi oleh jenis perakat meliputi tegangan permukaan, suhu dan viskositas perekat serta faktor bahan direkat meliputi kerapatan, porositas dan ekstraktif (Tsoumis, 1991, hal 329).

Emisi Formaldehida

Nilai emisi yang dikandung dalam perekat urea formaldehida memperlihatkan bahwa nilai rata-rata tertinggi pada bambu kuning sebesar 0,393 ppm; diikuti oleh jenis bambu jawa sebesar 0,374 dan bambu suanggi sebesar 0,365

ppm dan terendah pada jenis bambu patong sebesar 0,343. Namun nilai emisi dari masing-masing jenis bambu tidak mencolok satu sama lainnya. Nilai emisi laminasi bambu hasil penelitian belum memenuhi standar IHPA yaitu sebesar 0,1-0,2 ppm. Emisi yang tinggi pada perekat perlu ditambahkan bahan penangkap berupa urea, melamin atau phenol untuk mengurangi nilai emisi tersebut. Hyun, *et al* (1981), penambahan bahan penangkap urea sebesar 0,025 mol sampai dengan 0,100 menghasilkan produk laminasi yang keteguhan rekatnya cenderung semakin menurun dengan bertambahnya mol.

Penambahan bahan penangkap urea di dalam campuran perekat dapat memperbaiki kualitas ikatan rekat dan ketahanannya terhadap air sampai pada batas tertentu. Kehadiran urea did alam campuran perekat juga dapat mengikat formaldehida bebas baik pada saat pencampuran maupun pada saat pengempaan membentuk urea formaldehida, sehingga dapat memperkuat ikatan rekat. Akan tetapi jumlah urea yang ditambahkan ke dalam campuran perekat berlebihan maka akan menghambat laju kesempurnaan polimerisasi perekat dan pembentukan rantai silang. Tentunya hal ini dapat menyebabkan menurunnya keteguhan rekat produk laminasi.

Emisi formaldehida terjadi karena pemancaran gas formaldehida yang berasal dari perekat yang digunakan dalam pembuatan suatu produk dalam hal ini, papan tiruan atau bahan komposit di mana perekat tersebut mengandung formaldehida dalam komposisinya. Formaldehida termasuk bahan kimia yang penting dan banyak digunakan dalam industri hasil hutan, misalnya dalam perekat untuk kayu/bambu lapis dan papan partikel sebagai bahan untuk penahan api dan sebagai bahan yang menambah ketahanan terhadap api (Gollob, 1980 *dalam* Arguyabi munda, 1989).

Emisi formaldehida dari produk bahan komposit adalah keluarnya sebagian formaldehida bebas dari perekat sedangkan bagian lainnya diikat oleh selulosa kayu (anonymous, 1981 *dalam* arguyabi munda, 1989). Formaldehida yang diikat selulosa tidak berlangsung lama karena formladehida tersebut akan dibebaskan akibat hidrolisis. Ada beberapa faktor hal yang mempengaruhi besarnya emisi formaldehida dari produk kayu antara lain : tipe resin, kadar perekat, laju pematangan, waktu/lama kempa, suhu kempa dan kelembaban relative (Pizzi, 1983 *dalam* arguyabi munda, 1989). Selanjutnya nilai perbandingan molar antara urea dengan formaldehida juga sangat berpengaruh terhadap emisi formaldehida.

Menurut Christensen (1981 *dalam* arguyabi munda, 1989), di samping perbandingan molar, kandungan formaldehida bebas dalam perekat dan porositas kayu juga sangat berpengaruh terhadap emisi.

Emisi formaldehida mempengaruhi kesehatan manusia. Gas formladehida menyebabkan peradangan selaput lender mata, hidung, tenggorokan dan menurunkan penciuman serta mengganggu sirkulasi oksigen pada pernafasan. Hal tersebut dapat terjadi karena formaldehida bebas dan formladehida yang dihasilkan dari hidrolisa ikatan aminoplastik, sangat reaktif dan mudah bergabung dengan protein dalam tubuh manusia. Salah satu usaha untuk mengurangi emisi formladehida dari kayu lapis atau produk laminasi adalah dengan menggunakan bahan penangkap emisi formaldehida (anonymous, 1982 *dalam* Munda, 1989).

Delaminasi Bambu Lamina

Nilai delaminasi dari produk bambu lamina hasil penelitian menunjukan bahwa panjang bagian yang mengelupas lebih dari 5 cm yang diklasifikasikan sebagai rusak tidak melebihi dari 70-100%. Bagian yang mengalami delaminasi di sebabkan karena kekuatan ikatan yang terbentuk antara perekat dengan bahan direkat sangat lemah sehingga bagian tersebut sewaktu dikenai perlakuan

perendaman dengan air panas maka bagian yang lemah tersebut akan lepas dan tidak terbentuk kekuatan ikatan disekitar areal tersebut. Hasil penelitian memenuhi standar JAS, 1973.

Viskositas Perekat

Viskositas perekat erat hubungannya dengan proses pengaliran (*flow*), pemindahan (*transfer*), penembusan (*penetrasi*), pembasahan (*wett*) dan pengerasan (*curr*). Salah satu dari kelima faktor diatas mengalami kegagalan maka kekuatan mekanika yang dihasilkan dari proses perekatan menjadi lemah. Perekat yang terlalu kental akan sukar mengalir, sedangkan perekat yang terlalu encer akan menyebabkan penetrasi yang berlebihan. Pada pembuatan perekat campuran untuk bambu lapis (laminasi bambu) atau kayu lapis, viskositas memegang perana penting dalam hubungannya dengan proses pelaburan perekat terhadap bahan direkat (stik bambu

atau finir bambu) karena viskositas, (Munda, 1989)

Analisis Keragaman Parameter Yang Diteliti dan Hubungan Antar Parameter Yang Berpengaruh

Hasil analisis keragaman pada Tabel 1 menunjukkan bahwa perlakuan pendahulun berpengaruh nyata terhadap berat jenis (bambu patong, jawa dan kuning) dan keteguhan tekan (bambu patong dan suanggi) serta MOE (bambu suanggi). Tekanan kempa berpengaruh terhadap MOE (bambu patong). Semakin besar tekanan pengempaan maka tahapan flow juga akan semakin berlebihan (semakin banyak perekat yang keluar dari garis perekat) sehingga garis perekat yang terbentuk semakin tipis atau jumlah perekat pada garis rekat semakin sedikit sehingga berat jenis, keteguhan rekat dan persentase kerusakan akan semakin rendah.

Tabel. 1. Hasil Analisis Keragaman Sifat Fisik dan Mekanika Bambu Lamina dari Perlakuan dan Interaksi Yang Nyata

Parameter	B. Patong	B. Jawa	B. Suanggi	B. Kuning
KA	tn	tn	tn	tn
BJ	A* AC*	A*	tn	A* AC**
MOE	C* BC**	tn	A*	tn
MOR	-	-	-	-
K. Tekan	A*	AB**	A*	AB**
K.Rekat	tn	AC**	tn	tn
%Kerusakan	C*	C*	C*	tn

Keterangan : tn = tidak nyata * = nyata dan ** = sangat nyata

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan awal, jenis perekat dan

tekanan kempa tidak berpengaruh terhadap kadar air bambu lamina yang dibuat dari

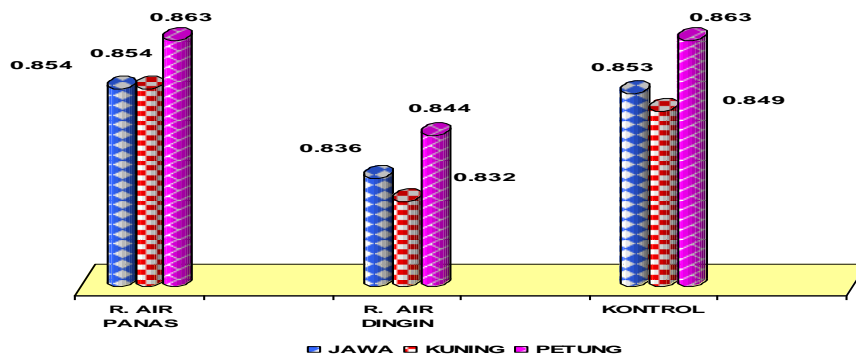
jenis bambu yang berbeda. Demikian pula halnya, Jenis perekat dan tekanan kempa tidak berpengaruh terhadap berat jenis bambu lamina.

Jenis perekat dan tekanan kempa tidak berpengaruh terhadap berat jenis bambu lamina patong, jawa dan kuning sedangkan untuk bambu lamina suanggi tidak. Kombinasi perlakuan awal dan tekanan kempa mempengaruhi berat jenis bambu lamina yang dibuat dari bambu petung dan bambu kuning. Hal ini dapat terjadi karena pengaruh tunggal perlakuan awal yang dominan menyebabkan kombinasi perlakuan tersebut dapat terjadi.

Perlakuan awal tidak berpengaruh terhadap sifat mekanik bambu lamina, kecuali pada beberapa sifat mekanik dan bambu lamina dari jenis bambu tertentu. Demikian pula halnya jenis bahan perekat tidak berpengaruh terhadap sifat mekanik bambu lamina yang dibuat dari jenis bambu yang berbeda. Pada tekanan kempa 150 psi, MOE bambu lamina yang dibuat dari bambu petung meningkat dibandingkan terhadap tekanan kempa 100 psi (kg/cm^2), kemudian menurun pada tekanan kempa 200 psi (kg/cm^2). hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang menunjukkan makin besar tekanan kempa, maka MOE berkurang. Perlakuan awal

tidak berpengaruh terhadap MOE bambu lamina kecuali pada bambu suanggi. Perlakuan awal tidak berpengaruh terhadap keteguhan tekan sejajar serat bambu lamina kecuali pada bambu lamina yang dibuat dari bambu petung dan bambu suanggi. Perlakuan awal, jenis perekat, dan tekanan kempa tidak berpengaruh terhadap keteguhan rekat bambu lamina yang dibuat dari jenis bambu yang berbeda. Namun kombinasi perlakuan awal dan tekanan kempa mempengaruhi keteguhan rekat (geser) bambu lamina yang dibuat dari bambu jawa.

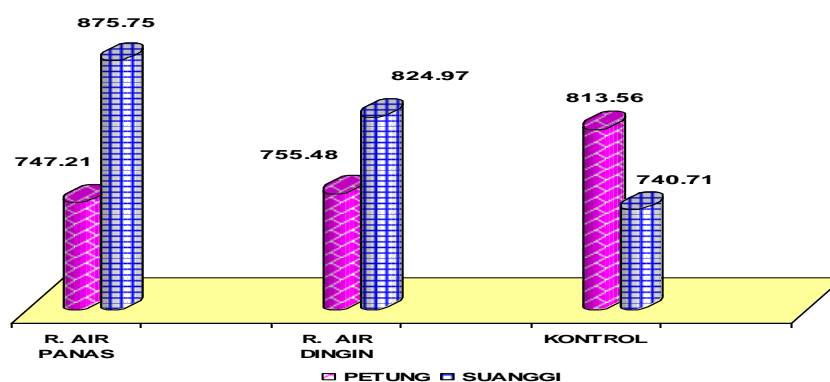
Perlakuan awal dengan rendaman air panas terhadap bambu produk lamina berpengaruh signifikan pada bambu lamina patong, jawa dan kuning. Berat jenis bambu lamina jawa (0,85), kuning (0,85), patong (0,86) lebih besar dibandingkan terhadap perlakuan air dingin (0,84; 0,83; 0,84) terlihat pada Gambar 3. Berat jenis bambu lamina dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain tekanan kempa, bahan perekat serta berat jenis bahan itu sendiri. Ekstraktif yang larut air panas mengurangi berat jenis beberapa bambu lamina tersebut diatas dibandingkan terhadap ekstraktif larut air dingin.



Gambar 3. Perbandingan Berat Jenis Bambu Lamina Berdasarkan Perlakuan Awal

Pengaruh yang signifikan dari ekstraktif larut air panas terhadap MOE bambu lamina. MOE bambu lamina suanggi lebih meningkat ($57328,04 \text{ kg/cm}^2$), sedangkan ekstraktif larut air dingin ($34344,48 \text{ kg/cm}^2$) menyebabkan MOE bambu lamina tersebut menurun dibandingkan kontrol atau tanpa perlakuan ($35092,60 \text{ kg/cm}^2$), terlihat pada Gambar 4. Pengaruh zat ekstraktif dapat meningkatkan MOE atau menurunkan

tergantungan jenis zat ekstraktif tersebut. Zat ekstraktif yang larut dalam air panas menyebabkan MOE meningkat, mengindikasikan pengaruh negative ekstraktif tersebut terhadap keteguhan bambu lamina. Sedangkan zat ekstraktif yang larut dalam air dingin menyebabkan MOE bambu lamina suanggi menurun, mengindikasikan pengaruh positif. Dengan kata lain, bila zat ekstraktif tersebut tidak dikeluarkan maka MOE bambu lamina tetap tinggi nilainya.



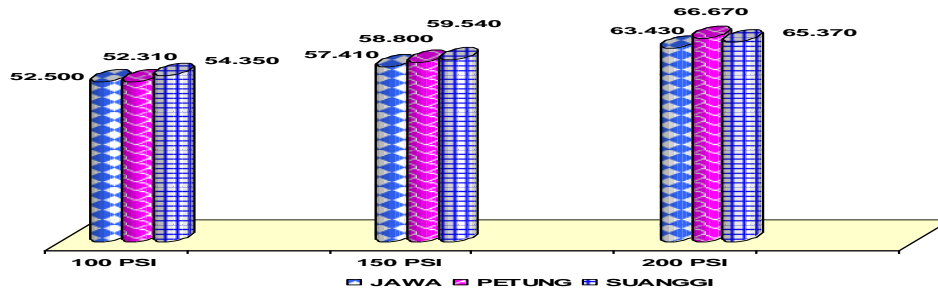
Gambar 4. Perbandingan Keteguhan Tekan Sejajar Serat (kg/cm^2) Bambu Lamina Berdasarkan Perlakuan Awal

Pengaruh ekstraktif yang larut dalam air panas dan larut dalam air dingin menyebabkan keteguhan tekan sejajar serat menurun pada bambu petung masing-

masing ($747,21 \text{ kg/cm}^2$ dan $755,48 \text{ kg/cm}^2$), dibandingkan terhadap kontrol ($813,56 \text{ kg/cm}^2$), terlihat pada Gambar 5. Dengan kata lain, ekstraktif tersebut

berperan positif dalam perekatan bambu lamina. Bila zat ekstraktif tersebut dikeluarkan maka ketegahan sejajar serat bambu lamina petung menjadi berkurang, dipihak lain pengaruh ekstraktif air panas

dan air dingin terhadap bambu lamina suanggi meningkat yaitu pada perlakuan air panas sebesar 875,75 kg/cm² dan air dingin sebesar 824,97 kg/cm² di bandingkan control 740,71 kg/cm².



Gambar 5. Perbandingan Persen Kerusakan Bambu Lamina Berdasarkan Tekanan Kempa

Pengaruh tekanan kempa terhadap kerusakan bambu lamina nyata pada bambu lamina yang dibuat dari jawa, petung dan suanggi. Makin besar tekanan kempa makin besar pula persen kerusakan bambu lamina. Hal tersebut dipengaruhi oleh kekuatan masing masing jenis bambu. Kekuatan bambu lamina yang dibuat dari bambu suanggi relative lebih besar persen kerusakannya dibandingkan terhadap bambu jawa dan petung. Sebaliknya bambu lamina yang dibuat dari bambu jawa relatif lebih tahan tekanan dibandingkan bambu petung dan suanggi.

Uji Beda Nyata Parameter Yang Berpengaruh.

Hasil Uji Beda Nyata menunjukkan bahwa masing-masing faktor yaitu perlakuan pendahuluan (rendaman air dingin/*a1*; rendaman air panas/*a2* dan

tanpa rendaman/*a3*), factor jenis perekat (polivenol asetat/*b1* dan urea formaldehida/*b2*) dan tekanan kempa (100 psi/*c1*; 150 psi/*c2* dan 200 psi/*c3*) menunjukkan hubungan yang saling berpengaruh baik terhadap beberapa sifat fisik maupun sifat mekanika dari bambu lamina.

Perlakuan pendahuluan (faktor A) berpengaruh terhadap kemampuan merekat permukaan bambu yang telah diberikan perlakuan dengan jenis perekat dan tekanan kempa. Kemampuan permukaan bahan direkat untuk meresap perekat masuk ke dalam pori-pori bahan direkat dipengaruhi juga oleh tekanan kempa. Tekanan kempa yang terlalu tinggi akan menyebabkan perekat keluar dari garis rekat sehingga perekat yang

membentuk ikatan rekat antara bahan direkat menjadi sedikit dan menyebabkan kekuatan rekat yang dihasilkan semakin rendah dan sebaliknya.

Jenis perekat sangat berkaitan dengan kekentalan perekat (viskositas) dimana viskositas yang tinggi menyebabkan perekat sukar menembus pori-pori bambu dan berpenetrasi dengan komposisi kimia perekat maupun kimia bambu. Kekuatan ikatan yang dibentuk akan semakin rendah ketika tidak terjadi ikatan yang saling mencengkran antara perekat dengan bahan direkat untuk membentuk ikatan perekatan kimia, ikatan perekatan spesifik dan ikatan perekatan mekanik. Ikatan perekatan mekanis yaitu masuknya cairan perekat ke dalam pori benda yang direkat dan mengeras; ikatan perekatan spesifik yaitu gaya tarik menarik antara molekul perekat dengan molekul bahan direkat; sedangkan ikatan perekatan kimia antara perekat dengan kayu dimana perekat dan kayu saling interaksi untuk saling mengikat dan mengreas didalam pori-pori bahan direkat.

Tekanan kempa yang semakin besar diikuti dengan viskositas yang tinggi akan menurunkan keteguhan rekat. Pengempaan pada sadarnya ditujukan untuk menghasilkan garis perekat yang setipis mungkin bahkan mendekati ketebalan molekul perekat yang digunakan

(Selbo, 1975 dalam Prayitno, 1996, hal 24) Pengempaan ini mengakibatkan penekanan perekat agar mengalir sisi (*flow*) dan meresap ke dalam bahan direkat (*penetration*), (Brown dkk, 1952, hal 195). Vick (1999, hal 9-17), mengatakan tekanan yang tinggi pada bahan direkat yang berporus akan menyebabkan penetrasi yang berlebihan dan tahap *flow* yang berlebihan, perekat keluar dari garis perekat (*squeeze out*) dengan nilai berat jenis balok laminasi yang menunjukkan penurunan berat jenis seiring dengan peningkatan tekanan pengempaan.

KESIMPULAN

1. Perlakuan awal terhadap bambu berpengaruh sangat nyata terhadap berat jenis bambu lamina yang dibuat dari Jawa, bambu Kuning dan Bambu Petung; berpengaruh nyata terhadap keteguhan tekan sejajar serat bambu lamina yang dibuat dari bambu Petung dan bambu Suanggi serta berpengaruh sangat nyata terhadap modulus elastisitas (MOE) bambu lamina yang dibuat dari bambu Suanggi.
2. Kadar air bambu lamina yang dibuat dari Petung berkisar antara 10,35%-10,82%; bambu Jawa 10,31%-10,74%; bambu Suanggi 10,20%-10,76% dan bambu Kuning 9,93%-10,48%. Berat jenis bambu lamina yang dibuat dari

- bambu Petung berkisar antara 0,84-0,87; bambu Jawa 0,84-0,85; bambu Suanggi 0,85-0,86 dan bambu Kuning 0,83-0,85.
3. Modulus elastisitas (MOE) bambu lamina yang dibuat dari bambu Petung berkisar antara 32356,66 – 66054,13 kg/cm²; bambu Jawa 50874,50 – 55302,74 kg/cm²; bambu Suanggi 34344,48 – 58087,96 kg/cm² ; dan bambu Kuning 30728,84 – 35689,83 kg/cm².
 4. Keteguhan patah (MOR) bambu lamina yang dibuat dari bambu Petung berkisar antara 879,99 – 999,57 kg/cm² ; bambu Jawa 839,83 – 952,06 kg/cm²; bambu Suanggi 775,93 – 906,67 kg/cm²; dan bambu Kuning 818,09 – 848,24 kg/cm².
 5. Keteguhan tekan sejajar serat bambu lamina yang dibuat dari bambu Petung berkisar antara 747,21 – 813,56 kg/cm² ; bambu Jawa 746,05 – 791,04 kg/cm² ; bambu Suanggi 740,71 – 875,75 kg/cm²; dan bambu Kuning 740,62 – 798,85 kg/cm².
 6. Keteguhan rekat bambu lamina yang dibuat dari bambu Petung berkisar antara 71,16 – 76,83 kg/cm²; bambu Jawa 71,17 – 78,65 kg/cm² ; bambu Suanggi 71,78 -78,62 kg/cm² ; dan bambu Kuning 70,80 – 75,99 kg/cm².
 7. Persen kerusakan bambu lamina yang dibuat dari bambu Petung berkisar antara 52,31 – 65,85%; bambu Jawa 52,50 – 63,43%; bambu Suanggi 54,35 – 65,37%; dan bambu Kuning 48,98 – 62,87%.
 8. Wetabilitas bambu petung sebesar 1242,798; bambu suanggi sebesar 1125,248; bambu jawa sebesar 1077,413 dan bambu kuning 1044,295 sedangkan emisi formaldehida bambu kuning sebesar 0,393 ppm; bambu jawa sebesar 0,374; bambu suanggi sebesar 0,365 ppm dan bambu patong sebesar 0,343.
 9. Emisi formaldehida yang dihasilkan dari bambu lamina relatif lebih besar (0.343 – 0,393 ppm) dari harapan yaitu 0,1 – 0,2 ppm (standar IHPA).
 10. Delaminasi yang dihasilkan dapat memenuhi standar JAS 1973.
 11. Viskositas perekat polivenol asetat berkisar antara 3,3 – 3,6 poise sedangkan perekat urea formaldehida berkisar antara 2,0-3,3 poise.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim 1989. Handbook of Wood Based Materials for Engineers, Architects, and Builders. Forest Product Laboratory

Forest Service USDA. emisphere Publishing Corporation. New York.

Bodig, J., 1962. *Wettability Related to Gluability of Five Philipines*

- Mahaganies*. Forest Product Journal 9 (12) : 451-458.
- Brown, H.P., A.J. Panshin dan C.C. Forsaith, 1952. *Textbook of wood Technology Vol II*. Mc. Graw. Dill Book Company, New York.
- Darmono, 2013. Penanaman Bambu. Duta Rimba Vol. IXI (157-158): 50-53 Jakarta.
- Gaspersz, V, 1989. Metoda Perancangan Percobaan. Untuk Ilmu-Ilmu Pertanian, Ilmu-Ilmu Teknik dan Biologi. Penerbit ARMICO. Hayangreen, J.G dan J.L. Bowyer, 1996. *Hasil Hutan dan Ilmu Kayu, Suatu Pengantar*. Terjemahan Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Hayangreen, J.G dan J.L. Bowyer, 1996. *Hasil Hutan dan Ilmu Kayu, Suatu Pengantar*. Terjemahan Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Hyun Jung Ihn., Yeon Heung Chung, Yong Dae Lee and Jae Myeong Jo., 1981. Eliminating Odor of Formaldehyde Emission From Formaldehyde Adhesive Plywood. The Research Report of The Forest Research Institute, Number 28. Forest Research Institute Office of Forest. Seoul, Korea.
- Janssen, J., 1980. The Mechanical Properties of Bamboo Used in Construction. In : Lassard G., and Chounard, A., (Editors). *Bamboo Research in Asia : Proceeding of a Workshop Held in Singapore 28-30 May 1980*. IDRC. Ottawa. 228 halaman.
- Loiwatu, M., 2005. *Pengaruh Posisi Radial Kayu Bawang (Dysoxylum sp), Jenis Filler dan Derajat Kelembutannya Terhadap Keteguhan Rekat*. Thesis, Universitas Gadjah Mada. Tidak Dipublikasikan.
- Manuhua, E., 2005. *Assesment Potensi Bambu dan Pemberdayaannya di Pulau Seram*. Workshop Bambu, Kerjasama United Nation Industry Development Organization (UNIDO) dengan PEMDA Maluku. (Laporan Hasil Penelitian)
- Moody, R.C, 1999. Glue Structural Members in Wood Handbook : Wood as an Engineering Material. Forest Product Laboratory USDA Forest Service. Madison Wisconsin. 463 Halaman.
- Munda A., 1989. *Pengaruh Penambahan Penangkapan Pada Perakat Urea Formaldehida Terhadap Emisi Formaldehida dan Keteguhan Rekat Kayu Lapis Meranti Merah (Shorea spp)*. Skripsi Jurusan THH Kehutanan, IPB. (Tidak dipublikasikan).
- Prayitno, 1987. Perilaku Tolok Ukur Perekatan Kayu. Duta Rimba XII (73-73) : 27-31.
- Prayitno, T.A., 1996. *Perekatan Kayu*. Bagian Penerbitan Fakultas Kehutanan UGM.
- Sushardi, 2001. *Sifat Perekatan dan Emisi Formaldehida Empat Jenis Kayu*. Tesis. Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada (Tidak Dipublikasikan).
- Sutigno P., dan dan Masano, 1986. Pengaruh Banyaknya Lapisan Terhadap Sifat Kayu Lamina Meranti. Duta Rimba, Volume. XII (73-73), Edisi Januari-Februari) : 22-29, Jakarta.
- The Japan Plywood, 1973. *Japanese Agriculture Standard for Common Plywood and Its Commentary*. The Japan Plywood Manufactures Association.
- Tsoumis, G., 1991. Science and Technology of Wood Structure, Properties, tilization. Von Nostrand Reinhold, New York.
- Vick, C.B, 1999. Wood Handbook, *Wood as an Engineering Material*, Chapter 9 US. Department of Agriculture Forest. Service Forest Product Laboratory, Madiso