

# PENGARUH KADAR EKSTENDER DAN WAKTU KEMPA TERHADAP SIFAT FISIS MEKANIS LBV DENGAN PEREKAT PHENOL FORMALDEHIDA

*(The Effect of Extender Content and Pressing Duration on the Physical and Mechanical Properties of the LBV assembled using Phenol Formaldehyde Adhesive)*

Oleh/By :

Adi Santoso<sup>1</sup>, Yusuf Sudo Hadi<sup>2</sup>, & Raudhah Juliati<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Pusat Penelitian dan Pengembangan Keteknikan Kehutanan dan Pengolahan Hasil Hutan, Jln. Gunung Batu No. 5, Bogor Telp. 0251-8633378; Fax.0251-8633413

<sup>2</sup> Fakultas Kehutanan IPB, Bogor

<sup>3</sup> Fakultas Kehutanan IPB, Bogor

Diterima: 8 Januari 2010. ; Disetujui : 3 Nopember 2010

## ABSTRACT

*The application of bamboo for composite-panel product is still limited. The use of bamboo for laminated bamboo-veneer (LBV) is not yet widely known. As an attempt to diversify bamboo products, research has been implemented about "The Effect of Extender Content and Pressing Duration on the Physical and Mechanical Properties of the resulting LBV assembled using Phenol Formaldehyde (PF) Adhesive. This research aimed to obtain LBV products with qualities that would satisfy or correspond to those of currently-popular composite panel-products.*

*This research employed one species of bamboo namely "rope bamboo" as raw material for veneer with size measuring 40 x 2 x 0,1 cm, further assembled LBV using PF adhesive. The treatment factors as implemented comprised addition of extender, being wheat flour in 4 levels (contents) i.e. 0%, 2,5%, 5%, and 10% and hot-pressing duration in two levels i.e. 10 and 20 minutes. The resulting assemblies were layered-LBV in all measuring 40 x 40 x 1,5 cm. The testing on products covered the qualities of PF adhesive and the LBV it self (moisture content and density as physical test, and internal bonding, MOE, MOR and delamination as mechanical test), which referred to consecutively the 1998's and 2000's Indonesian National Standard (SNI) criteria.*

*Results revealed that qualities of PF adhesive as synthesized could comply with the 1998's SNI specification for the corresponding adhesive in the assembling of plywood. Meanwhile, the LBV products assembled from the combined treatment of extender content at 5% and pressing duration for 10 minute could mostly satisfy the 2000's SNI specification. The qualities of those LBV products, equaled those of plywood panels categorized into the special 80E qualities.*

*Keywords: Laminated Bamboo-Veneer, phenol formaldehyde adhesive, pressing duration, extender content.*

## ABSTRAK

Aplikasi bambu sebagai panil komposit masih terbatas. Pemanfaatan bambu untuk Laminated Bamboo-Veneer (LBV) belum banyak ditemukan. Dalam rangka diversifikasi produk bambu maka dilakukan penelitian mengenai pengaruh kadar ekstender dan waktu kempa terhadap sifat fisis mekanis venir bambu lamina dengan perekat phenol formaldehida.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan produk LBV yang kualitasnya memenuhi ataupun setara dengan produk panil komposit yang selama ini telah dikenal.

Penelitian ini menggunakan bambu tali sebagai bahan baku venir berukuran (40 x 2 x 0,1) cm dengan perekat phenol formaldehida. Faktor perlakuan yang dikenakan yakni penambahan ekstender berupa tepung terigu dengan kadar 0%, 2,5%, 5%, 10% , dan waktu pengempaan panas 10 dan 20 menit. Produk yang dihasilkan berupa LBV 15 lapis berukuran (40 x 40 x 1,5) cm. Pengujian produk meliputi kualitas perekat dan LVB, masing-masing mengacu pada SNI (1998) dan SNI (2000).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas perekat PF yang dibuat, memenuhi persyaratan SNI (1998) perekat PF untuk penggunaan kayu lapis. Produk LBV dengan kombinasi perlakuan kadar ekstender 5% dengan waktu kempa 10 menit sebahagian besar memenuhi persyaratan SNI (2000). Kualitas produk LBV tersebut setara dengan panil kayu lapis yang tergolong ke dalam klasifikasi mutu khusus 80E.

Kata kunci : Venir bambu lamina, Phenol Formaldehida, waktu kempa, kadar ekstender.

## I. PENDAHULUAN

Dewasa ini ketersediaan kayu khususnya dari hutan alam untuk memasok keperluan industri semakin langka. Untuk mengatasi hal tersebut berbagai upaya pun dilakukan demi mencari alternatif pengganti kayu. Salah satu bahan yang dapat dijadikan sebagai alternatif pengganti kayu adalah bambu. Bambu memiliki sifat yang tidak jauh berbeda dengan kayu karena keduanya merupakan bahan serat berlignoselulosa, perbedaannya adalah kayu termasuk golongan dikotil sedangkan bamboo termasuk monokotil. Akan tetapi bambu memiliki keunggulan, yaitu relatif lebih mudah dibentuk dan dikerjakan. Kemampuan bambu menggantikan sebagian manfaat kayu tersebut memerlukan pengembangan teknologi untuk meningkatkan nilai tambah dan mengoptimalkan pemanfaatannya. Salah satu teknologi yang perlu dikembangkan adalah pembuatan venir bambu lamina atau *laminated bamboo-veneer* (LBV) dari bambu tali serta faktor pendukung yang diperlukan guna meningkatkan kualitas produk LBV tersebut.

Penggunaan produk LBV khususnya untuk keperluan eksterior, diperlukan perekat yang berkualitas eksterior, salah satunya adalah phenol formaldehida (PF). Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh informasi mengenai pengaruh pemberian ekstender dan waktu kempa terhadap sifat fisis-mekanis venir bambu lamina.

## II. BAHAN DAN METODE

### A. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah buluh bambu tali (*Gigantochloa apus* (J.A & J.H. Schulthes) Kurz) asal Bogor, Jawa Barat. Perekat yang digunakan berupa perekat phenol formaldehida (PF) dan tepung terigu sebagai ekstender.

Alat yang digunakan adalah gelas ukur, labu *Erlenmeyer*, gelas piala, timbangan elektronik, spatula, *moisture meter*, oven, pH meter, *visco tester*, *picnometer*, tabung kaca, kuas, alat kempa,

lempengan besi, kaliper, meteran, *Universal Testing Machine* merk *Lobmann*, *pH meter*, mesin gergaji *band saw*, alat tulis, dan alat hitung.

## B. Metode

### 1. Persiapan Bahan

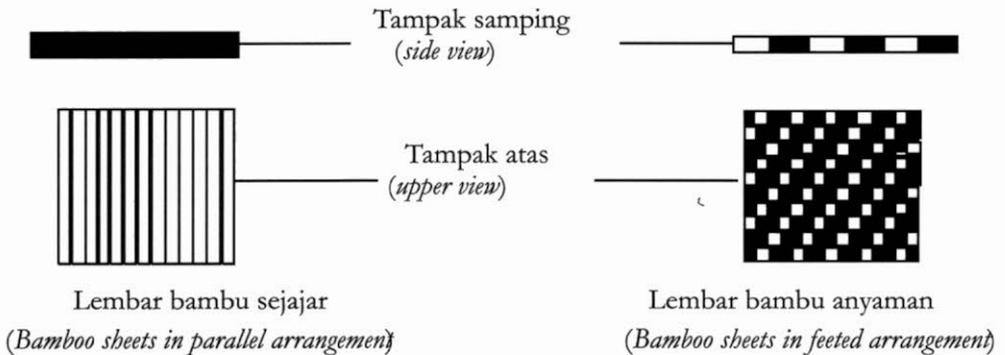
Buluh bambu dikupas dan dihilangkan kulit luarnya, dibuat venir dengan ketebalan 0,1 cm, selanjutnya venir dijemur atau disimpan dalam ruangan di bawah atap, dikeringkan hingga mencapai kadar air kering udara.

### 2. Pembuatan perekat phenol formadehida (PF)

Perekat PF dibuat dengan mereaksikan phenol (P) dengan formaldehida (F) dengan perbandingan P : F = (1 : 2) mol atau (94 : 162) gram, menggunakan NaOH sebagai katalisnya. Reaksi pencampuran dilakukan pada suhu 90°C selama 1 jam (Memed *et al.*, 1990; Stevens, 2007). Selanjutnya ke dalam perekat PF tersebut ditambahkan ekstender dengan kadar yang bervariasi, yaitu 0%, 2,5%, 5%, dan 10%. Sifat fisis dan kimia perekat (PF berikut ekstender) yang meliputi kekentalan, pH, bahan asing, bahan yang tidak menguap, waktu gelatinasi, dan keadaan secara visual, ditetapkan berdasarkan Standar Nasional Indonesia (Anonim, 1998).

### 3. Pembuatan venir bambu lamina (LBV)

Venir bambu lamina dibuat dalam dua bentuk yakni bentuk anyaman dan rangkaian sejajar (Gambar 1). LBV disusun sebanyak 15 lapisan dengan komposisi 14 venir sejajar dan 1 venir anyaman.



**Gambar 1. Pola penyusunan lembaran bambu**  
**Figure 1. Pattern of arranging bamboo sheets into veneer**

Pola penyusunan venir bambu lamina secara vertikal terdiri atas venir bambu sejajar dan bambu anyaman (Gambar 2). Masing-masing venir bambu tersebut (baik sejajar ataupun anyaman) berukuran 40cm (panjang) x 40cm (lebar) x 1,5cm (tebal). Dengan demikian, masing-masing venir tersebut memiliki luas permukaan sebesar 40cm x 40cm atau 1600 cm<sup>2</sup>. Bambu sejajar disusun dengan arah sejajar serat dari lembaran 1 menuju ke arah bawah hingga 7, sedangkan bambu anyaman diletakkan pada lembaran 8 (bagian tengah), selanjutnya pada lembaran 9 menuju ke arah bawah hingga 15 kembali disusun lembaran bambu sejajar yang disusun arah sejajar serat.



**Gambar 2. Pola penyusunan venir bambu lamina**  
*Figure 2. Pattern of assembling laminated bamboo-veneer*

Perekat PF yang telah dicampurkan dengan variasi kadar ekstender 0; 2,5; 5; dan 10% dilaburkan secara merata ke venir bambu lamina yang telah tersusun dengan bobot labur 170 gram per luas permukaan lembar venir bambu lamina ( $1600 \text{ cm}^2$ ). Namun, dalam pencampuran digunakan bobot labur 200gram per luas permukaan guna mengantisipasi berkurangnya bobot labur akibat adanya perekat yang menempel pada alat pelabur. Teknik pelaburan menggunakan sistem *single layer* (satu permukaan).

Perlakuan selanjutnya adalah pengempaan panas, menggunakan alat kempa panas pada suhu  $140^\circ\text{C}$ , tekanan  $20 \text{ kg/cm}^2$  selama 10 dan 20 menit. Tujuan pengempaan panas adalah untuk mematangkan perekat dan menyempurnakan kontak permukaan antara bahan perekat (PF) dan bahan yang direkat (venir bambu) sekaligus memperkokoh ikatan antara perekat dengan sirekat (bahan yang direkat tersebut).

Panil LBV yang telah dikempa panas selanjutnya dibiarkan dalam ruang terbuka di bawah atap selama satu minggu untuk menghilangkan tegangan internal di dalam bahan setelah reaksi pengempaan serta untuk menyeimbangkan kadar air dalam panil. Selanjutnya dilakukan pengujian sifat fisis mekanis panil bambu yang meliputi: kadar air, kerapatan, keteguhan rekat, keteguhan lentur, keteguhan patah, dan delaminasi mengacu pada standar SNI (Anonim, 2000).

### C. Analisis Data

Dalam penelitian ini digunakan model rancangan acak lengkap dengan percobaan faktorial dengan model tetap, pengulangan yang dilakukan sebanyak 3 (tiga) kali. Faktor perlakuan pada penelitian ini berupa waktu kempa dan kadar ekstender perekat. Perlakuan lamanya waktu kempa terdiri atas 2 (dua) taraf, yaitu 10 menit dan 20 menit, sedangkan kadar ekstender terdiri atas 4 (empat) taraf, yaitu 0%; 2.5%; 5%; dan 10%.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Sifat Perekat Phenol Formaldehida (PF)

Perekat PF yang dihasilkan berbentuk cairan berwarna merah kecokelatan berbau khas fenol. Hasil pengujian karakteristik perekat PF terlihat dalam Tabel 1. Tidak semua sifat yang

diuji memenuhi persyaratan SNI karena terdapat nilai yang berada di luar batas persyaratan SNI tersebut.

Dari Tabel 1 dapat dijelaskan bahwa berat jenis (BJ) perekat PF dengan kadar ekstender 0% memenuhi standar yakni sebesar 1,2; sedangkan perekat dengan penambahan kadar ekstender 2,5%, 5%, dan 10% memiliki BJ yang lebih tinggi dan cenderung semakin banyak ekstender yang ditambahkan semakin tinggi BJ.

Derajat keasaman atau pH perekat yang digunakan ternyata tidak berbeda untuk keseluruhan penambahan kadar ekstender, yaitu 11. Nilai ini memenuhi standar yang ditetapkan antara 10,0-13,0. Hal ini menunjukkan bahwa perekat yang digunakan memiliki sifat basa.

**Tabel 1 Karakteristik perekat phenol formaldehida**  
*Table 1. Characteristic of phenol formaldehyde adhesive*

Parameter (Parameters)	Ekstender (Extender) %	Nilai (Value)	
		Hasil (Result)	SNI
Berat jenis (Specific gravity)	0	1,20	1,165 – 1,2
	2,5	1,21	
	5	1,22	
	10	1,24	
Derajat keasaman (pH)	0	11	10,0 – 13,0
	2,5	11	
	5	11	
	10	11	
Kekentalan (Viscosity), poise	0	3,20*	1,3 – 3,0
	2,5	4,40*	
	5	7,80*	
	10	11,50*	
Kadar padatan (Solid content), %	0	48,99	40 - 45
	2,5	49,50	
	5	52,39	
	10	57,46	

\*) Tidak memenuhi syarat (Not available)

Nilai kekentalan perekat semakin meningkat dengan penambahan ekstender. Nilai yang diperoleh berkisar antara 3,20 - 11,50 poise. Perekat PF (0% ekstender) memiliki nilai kekentalan terendah, sedangkan nilai kekentalan tertinggi dicapai pada pemakaian ekstender 10%. Kecenderungan kenaikan kekentalan (y) akibat pemakaian ekstender (x) dapat dinyatakan dengan persamaan regresi  $y = 2,713x$  ( $R^2 = 0,956$ ).

Fenomena ini sejalan dengan hasil penelitian terdahulu yang menyatakan makin banyak kadar ekstender yang ditambahkan maka kekentalan perekat akan semakin tinggi (Memed *et al.*,

1990). Kenaikan ini disinyalir akibat kandungan protein dan amilose yang terdapat di dalam tepung terigu yang berperan sebagai ekstender (Memed dan Santoso, 1990). Namun ramuan perekat PF yang menggunakan ekstender tersebut tidak perlu diberi penambahan air karena kekentalannya di bawah 15 poise (Kliwon dan Iskandar, 2008).

Perekat PF yang digunakan memiliki kadar padatan berkisar antara 48,99 - 57,46% dengan rata-rata 52,09%. Semakin banyak ekstender yang ditambahkan ke dalam perekat akan semakin meningkatkan kadar padatan pada perekat tersebut. Kliwon dan Iskandar (2008) menyebutkan bahwa standar kadar padatan dari perekat jenis PF berkisar antara 40 - 45%. Dengan demikian perekat PF yang diteliti memiliki nilai kadar padatan yang lebih tinggi, yang mengindikasikan bahwa monomer P dan monomer F yang digunakan terpolimerisasi sempurna membentuk polimer PF.

## **B. Sifat Fisis Mekanis Venir Bambu Lamina (LBV)**

Panil venir bambu lamina yang dihasilkan memiliki dimensi panjang dan lebar 400 mm serta tebal antara 8,7 mm-11 mm. Ringkasan hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 2. Sesuai dengan sifat bambu yang higroskopis, maka bambu dapat dengan mudah menyesuaikan kadar air dengan lingkungannya. Kadar air pada venir bambu lamina dengan lama kempa 10 menit berkisar 5,64-7,34% dengan rata-rata 6,87%. Sementara itu, kadar air venir bambu lamina pengempaan 20 menit berkisar antara 4,69-8,70% dengan rata-rata 7,0%. Diduga perlakuan pengempaan panas yang lebih lama memicu semakin banyak terbentuknya gugus OH bebas pada struktur bambu lamina tersebut sehingga sifat higroskopisnya (daya menarik air) meningkat. Gejala adanya pengaruh lama pengempaan terhadap kadar air bambu lamina diperkuat dari hasil analisis keragaman (Tabel 3), di mana interaksi lama pengempaan tersebut dengan kadar ekstender berpengaruh nyata. Nyatanya pengaruh interaksi tersebut menunjukkan bahwa pola perubahan kadar air venir bambu lamina akibat perubahan kadar ekstender pada lama pengempaan 10 menit tak sama dengan pola lama pengempaan 20 menit. Pada lama pengempaan 10 menit, nampaknya tidak ada perubahan kadar air yang berarti atau kecenderungan yang jelas dengan perubahan kadar ekstender. Sebaliknya pada lama pengempaan 20 menit, kadar air cenderung meningkat dengan makin banyak kadar ekstender (Gambar 3). Hal ini dapat dijelaskan bahwa gugus OH bebas yang terbentuk pada lama pengempaan tersebut berinteraksi dengan sifat higroskopis ekstender (polimer pati dalam tepung terigu) sehingga meningkatkan kadar air venir bambu lamina (Haygreen dan Bowyer, 1996).

Standar Nasional Indonesia (Anonim, 2000) menetapkan nilai kadar air produk panil kayu < 14%. Dengan demikian semua panil venir bambu lamina yang diteliti memenuhi standar yang ditetapkan.

Berdasarkan uji Duncan diketahui dengan tidak memperhatikan kadar ekstender, ternyata kadar air venir bambu lamina dengan waktu kempa 20 menit tidak berbeda nyata dengan waktu kempa 10 menit. Sebaliknya, dengan tidak menghiraukan waktu kempa, untuk venir bambu lamina dengan kadar ekstender 10% dan 5% berbeda nyata dengan kadar ekstender 2,5% dan 0%.

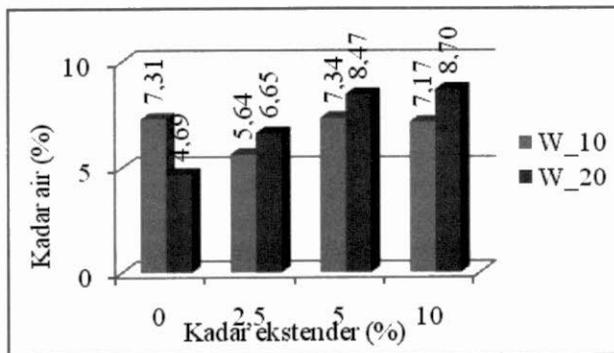
**Tabel 2. Sifat fisis mekanis venir bambu lamina (LBV)**

**Table 2. Physical mechanical properties of laminated bamboo-veneer (LBV)**

Waktu pengempaan (pressing duration), minute s	Ekstender (extender), %	Sifat (properties)						
		KA (%)	$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	MOE (kg/cm <sup>2</sup> )	MOR (kg/cm <sup>2</sup> )	BS-K (kg/cm <sup>2</sup> )	BS-B (kg/cm <sup>2</sup> )	D (cm)
10	0	7,31	0,79	65710	534	30,82	10,83	0
	2,5	5,64	0,85	86460	606	43,55	18,63	0
	5	7,34	0,81	83994	665	44,44	22,60	0
	10	7,17	0,82	38825	464	25,68	12,16	0
20	0	4,70	0,88	17647	926	113,07	91,07	0
	2,5	6,64	0,86	13085	945	94,93	72,40	0
	5	8,47	0,86	15899	1128	90,27	101,33	0
	10	8,70	0,90	15951	990	133,73	92,27	0

Keterangan (Remarks) :

- KA = Kadar air (Moisture content)
- $\rho$  = Kerapatan (Density)
- MOE = Modulus lentur (Modulus of elasticity)
- MOR = Modulus patah (Modulus of rupture)
- BS-K = Keteguhan rekat sampel kering (Bonding strength, in dry condition)
- BS-B = Keteguhan rekat sampel basah (Bonding strength, in wet condition)
- D = Delaminasi (Delamination)



**Gambar 3. Histogram kadar air LBV**  
**Figure 3. Histogram of LBV's moisture content**

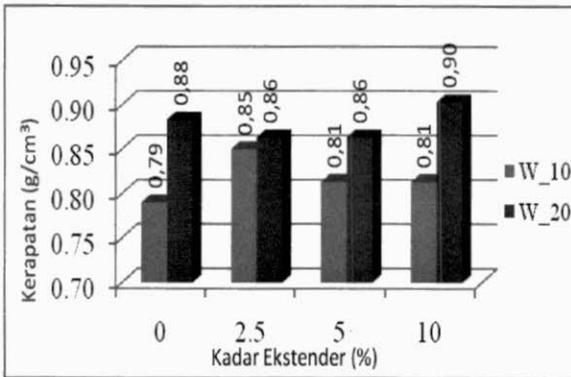
**Tabel 3 Analisis ragam terhadap kadar air dan kerapatan venir bambu lamina**  
**Table 3 Analysis of variance on moisture content and density of LBV**

Sumber Keragaman (Source of variation)	F hitung (F calc)	
	Kadar air (Moisture content)	Kerapatan (Density)
Waktu kempa (Pressing time), W	0,39	44,52**
Ekstender (Extender), E	6,51**	1,57
Interaksi (Interaction), W-E	5,30**	4,17*

Keterangan (Remarks): \* :Nyata (Significant) \*\* :Sangat nyata (Highly significant)

Berdasarkan uji lanjut pengaruh interaksi (Tabel 3) kedua faktor perlakuan (W-E) terhadap kadar air panil ternyata dengan waktu kempa 20 menit dan kadar ekstender 10% adalah yang tertinggi dan memenuhi persyaratan standar SNI (Anonim, 2000) untuk produk LVL, dan berbeda nyata dengan panil yang dikempa dalam waktu 20 menit pada kadar ekstender 2,5% dan 0%.

Kerapatan venir bambu lamina bergantung pada faktor kerapatan venir yang menyusunnya, jenis perekat dan besarnya kadar air (Sylviani *et al.* 2002). Berdasarkan hasil pengujian, nilai kerapatan venir bambu lamina berkisar antara 0,79 - 0,90 g/cm<sup>3</sup> dengan rata-ran 0,85 g/cm<sup>3</sup> (Tabel 2, Gambar 4).

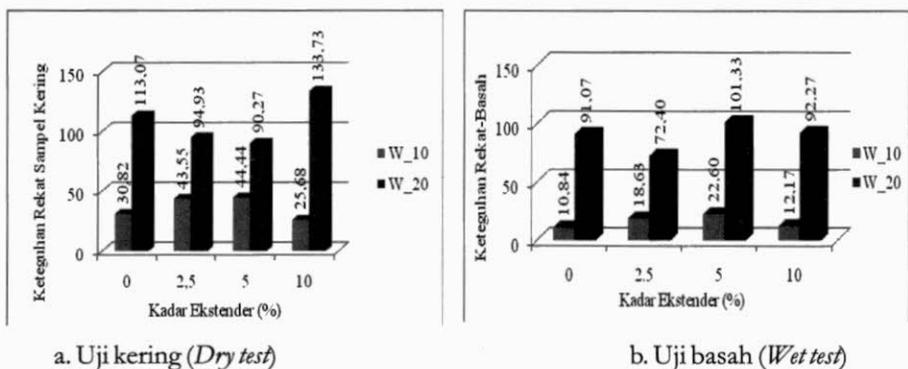


**Gambar 4. Histogram kerapatan LBV**  
**Figure 4. Histogram of LBV's density**

Nilai kerapatan terkecil diperoleh dari kombinasi waktu kempa 10 menit dan kadar ekstender 0%, sedangkan kerapatan terbesar pada waktu kempa 20 menit dan kadar ekstender 10%. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa waktu kempa berpengaruh sangat nyata terhadap kerapatan venir bambu lamina, berbeda halnya dengan kadar ekstender yang justru tidak berpengaruh nyata terhadap kerapatan venir bambu lamina. Namun, interaksi dari kedua variabel menunjukkan pengaruh yang nyata terhadap kerapatan venir bambu lamina (Tabel 3).

Berdasarkan hasil uji lanjut Duncan diketahui bahwa venir bambu lamina dengan waktu kempa 20 menit berbeda nyata dengan waktu kempa 10 menit. Venir bambu lamina dengan waktu kempa 20 menit memiliki kerapatan terbesar. Hal ini mengindikasikan bahwa semakin lama waktu kempa maka ikatan yang terjadi antara perekat dengan venir bambu lamina akan semakin kuat. Di pihak lain dapat dilihat bahwa venir bambu lamina dengan waktu pengempaan 20 menit dengan kadar 10% dan 5% memiliki nilai rata-rata kerapatan yang tidak berbeda nyata serta memiliki nilai kerapatan terbesar dibanding yang lainnya, namun berbeda nyata dengan waktu kempa 10 menit berkadar ekstender 2,5% dan 5%. Sutigno (2000) menyebutkan bahwa penambahan ekstender ke dalam perekat akan mengurangi jumlah perekat persatuan luasnya, karena fungsi penggunaan ekstender hingga batas tertentu adalah untuk menekan biaya pemakaian bahan perekat dengan tidak mengurangi efektifitas perekat tersebut. Berdasarkan hal itu, maka penggunaan venir bambu lamina dengan waktu kempa 20 menit dengan kadar ekstender 10% disarankan untuk pemanfaatan selanjutnya karena memiliki nilai kerapatan tertinggi dan hemat dalam penggunaan perekat.

Keteguhan rekat venir bambu lamina (uji kering) berkisar antara 25,68 - 133,73 kg/cm<sup>2</sup> dengan rata-rata 72,06 kg/cm<sup>2</sup> (Tabel 2, Gambar 5a).



**Gambar 5. Histogram keteguhan rekat LBV**  
**Figure 5. Histogram of LBV's bonding strenght**

Nilai keteguhan rekat terkecil diperoleh dari kombinasi waktu kempa 10 menit dengan kadar ekstender 10%, sedangkan keteguhan rekat terbesar diperoleh pada produk yang dibuat dengan waktu kempa 20 menit dengan kadar ekstender 10%. Nilai keteguhan rekat ini lebih rendah dibandingkan nilai pada LBV tali hasil penelitian Sulastiningsih *et al.* (1996; 1998), yang berkisar 90,27 - 133,73 kg/cm<sup>2</sup>. Bila dibandingkan dengan produk panil jenis kayu lamina hasil penelitian Sylviani *et al.* (2002) dengan perekat PF sebesar 20,51 kg/cm<sup>2</sup>, produk hasil penelitian ini memiliki keteguhan rekat yang jauh lebih besar. Berdasarkan pertimbangan ekonomis, keteguhan rekat yang masih memenuhi standar SNI (Anonim, 2000) dicapai pada bambu lamina dengan waktu 10 menit dengan kadar ekstender 5% yang memiliki nilai keteguhan rekat 44,44 kg/cm<sup>2</sup>.

Hasil analisis ragam (Tabel 5) menunjukkan bahwa perlakuan waktu kempa berpengaruh sangat nyata terhadap keteguhan rekat venir bambu lamina, sedangkan kadar

ekstender tidak memberikan pengaruh yang nyata, namun interaksi antara kedua perlakuan tersebut memberikan pengaruh yang nyata. Selanjutnya, menurut uji lanjut Duncan, interaksi antara kedua perlakuan di atas menunjukkan panil (LBV) yang dikempa dengan waktu 20 menit dengan kadar ekstender 10% berbeda nyata dengan produk yang dikempa 10 menit dan berkadar ekstender 5% serta 10%, dengan nilai keteguhan rekat berturut-turut 133,73 kg/cm<sup>2</sup>, 44,44 kg/cm<sup>2</sup>, dan 25,68 kg/cm<sup>2</sup>.

**Tabel 4. Analisis ragam keteguhan rekat venir bambu lamina**  
**Table 4. Analysis of variance on the bonding strength of LBV**

Sumber Keragaman (Source of variation)	F <sub>hitung</sub> (F <sub>calc</sub> )	
	Kering (Dry)	Basah (Wet)
Waktu kempa (Pressing duration), W	81,71**	74,11**
Ekstender (Extender), E	0,47	0,65
Interaksi (Interaction), W-E	3,31*	0,58

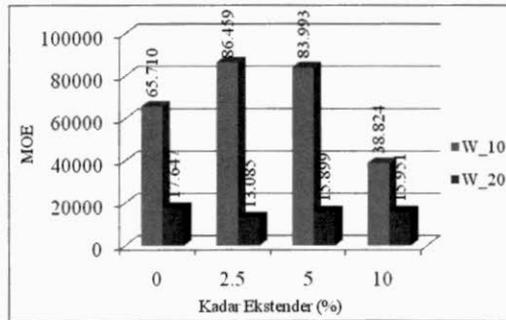
Keterangan (Remarks): \* :Nyata (Significant) \*\* :Sangat nyata (Highly significant)

Keteguhan rekat venir bambu lamina yang diuji dalam kondisi basah berkisar antara 10,84 - 101,33 kg/cm<sup>2</sup> dengan rata-rata 52,66 kg/cm<sup>2</sup> (Tabel 2, Gambar 5b). Nilai keteguhan rekat terkecil diperoleh dari kombinasi waktu kempa 10 menit dan kadar ekstender 0%, sedangkan keteguhan rekat terbesar diperoleh pada waktu kempa 20 menit dengan kadar ekstender 5%.

Pemakaian ekstender dalam ramuan perekat PF sampai batas tertentu akan meningkatkan keteguhan rekat LBV yang diuji dalam kondisi basah. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Perry (1947) dalam Iskandar dan Santoso (2001) serta hasil penelitian Syilviani *et al.* (2002). Menurunnya keteguhan rekat LBV yang menggunakan ekstender sebanyak 10% menunjukkan semakin besarnya sifat higroskopis LBV akibat meningkatnya kadar ekstender yang banyak mengandung gugus OH, sehingga akan meningkatkan sifat kembang susut bambu dan memperlemah ikatan antara perekat dengan bambu. Dengan demikian, penggunaan ekstender lebih dari 5% tidak dianjurkan karena menurunkan keteguhan rekat LBV keadaan basah. Bila dikaitkan dengan hasil penelitian bambu lamina dari jenis bambu andong 3 lapis bagian pangkal dan bambu betung yang masing-masing nilai keteguhan rekatnya rata-rata 33,49 kg/cm<sup>2</sup> dan 57,26 kg/cm<sup>2</sup> (Sulastiningsih *et al.* 1996, 1998) maka nilai penelitian tersebut lebih rendah dari LBV tali pengempaan 20 menit (72,4 - 101,33 kg/cm<sup>2</sup>).

Berdasarkan Tabel 4 di atas dapat dilihat bahwa waktu kempa berpengaruh sangat nyata terhadap keteguhan rekat venir bambu lamina dalam kondisi basah. Kadar ekstender dan interaksi dari kedua faktor perlakuan tidak berpengaruh nyata terhadap keteguhan rekat venir bambu lamina. Selanjutnya berdasarkan uji Duncan diketahui bahwa keteguhan rekat venir bambu lamina dengan waktu kempa 20 menit berbeda nyata (lebih tinggi) dari keteguhan rekat venir bambu lamina yang dikempa pada waktu 10 menit. Kualitas venir bambu lamina terbaik terdapat pada panil yang dibuat dengan waktu kempa 20 menit dan kadar ekstender 5%.

Keteguhan lentur (MOE) venir bambu lamina berkisar antara 15.899-86.459 kg/cm<sup>2</sup> dengan rata-rata 42.197 kg/cm<sup>2</sup> (Tabel 2, Gambar 6). Bila dibandingkan dengan hasil penelitian bambu lamina 3 lapis dari jenis bambu andong bagian pangkal dan bambu betung yang masing-masing nilai MOE nya rata-rata 133.615 kg/cm<sup>2</sup> dan 188.650 kg/cm<sup>2</sup> (Sulastiningsih *et al.* 1996 dan 1998) maka MOE hasil penelitian tersebut lebih tinggi dari LVB tali untuk semua perlakuan. Namun bila dibandingkan dengan produk panil jenis kayu lamina hasil penelitian Sylviani *et al.* (2002) dengan perekat PF sebesar 84.281 kg/cm<sup>2</sup>, produk hasil penelitian ini memiliki MOE yang lebih besar. Venir bambu lamina dengan waktu 10 menit dan kadar ekstender 2,5% memiliki nilai MOE terbesar dibanding nilai venir bambu lamina pada waktu kempa dan kadar ekstender lainnya.



**Gambar 6. Histogram keteguhan lentur LBV**  
*Figure 6. Histogram of LBV 's modulus of elasticity*

Hasil analisis ragam (Tabel 5) menunjukkan bahwa waktu kempa memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap MOE venir bambu lamina, sedangkan kadar ekstender justru sebaliknya yakni tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap MOE venir bambu lamina. Namun, berbeda halnya dengan interaksi dari kedua variabel yang menunjukkan pengaruh nyata terhadap MOE venir bambu lamina.

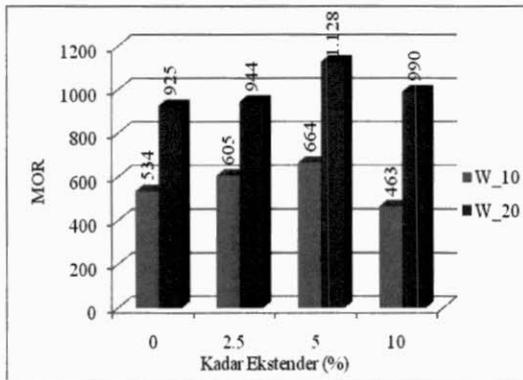
Uji lanjut Duncan menunjukkan MOE venir bambu lamina dengan waktu kempa 10 menit berbeda nyata dengan waktu kempa 20 menit. Sedangkan pengaruh kadar ekstender MOE tersebut tidak berbeda nyata antar kadar yang satu dengan yang lainnya. Interaksi dari waktu kempa dan kadar ekstender memberikan pengaruh yang nyata di mana venir bambu lamina dengan waktu kempa 10 menit dan kadar ekstender 2,5% (MOE = 86.459 kg/cm<sup>2</sup>) berbeda nyata dengan venir bambu lamina pada waktu kempa 20 menit dengan jumlah kadar yang sama (MOE = 13.085 kg/cm<sup>2</sup>). Bila berpedoman pada ketentuan SNI (Anonim, 2000), MOE venir bambu lamina dengan waktu kempa 10 menit dan kadar ekstender 2,5% dan 5% setara dengan MOE LVL (Laminated Veneer Lumber) berdasarkan klasifikasi 80E menurut SNI (Anonim, 2000) karena memiliki nilai rata-rata 80.000 kg/cm<sup>2</sup> dengan nilai minimum 70.000 kg/cm<sup>2</sup>.

**Tabel 5 Analisis ragam MOE dan MOR venir bambu lamina**  
**Table 5 Analysis of variance on the MOE and MOR of LBV's**

Sumber keragaman ( <i>Source of variation</i> )	F hitung ( $F_{calc}$ )	
	MOE	MOR
Waktu kempa ( <i>Pressing duration</i> ), W	60,50**	82,28**
Ekstender ( <i>Extender</i> ), E	2,41	2,8
Interaksi ( <i>Interaction</i> ), W-E	3,29*	0,75

Keterangan (*Remarks*): \* :Nyata (*Significant*) \*\* :Sangat nyata (*Highly significant*)

Keteguhan patah (MOR) venir bambu lamina berkisar antara 463-1.128 kg/cm<sup>2</sup> dengan rata-rata 782 kg/cm<sup>2</sup> (Tabel 2, Gambar 7). Nilai MOR terkecil diperoleh dari kombinasi waktu kempa 10 menit dan kadar ekstender 10%, sedangkan MOR terbesar diperoleh pada produk yang menggunakan waktu kempa 20 menit dengan kadar ekstender 5%.



**Gambar 7. Histogram keteguhan patah LBV**  
**Figure 7. Histogram of LBV's modulus of rupture**

Dibandingkan dengan hasil penelitian bambu lamina 3 lapis dari jenis bambu andong bagian pangkalnya dan bambu betung yang masing-masing nilai MOR nya rata-rata 1.111 kg/cm<sup>2</sup> dan 1.031 kg/cm<sup>2</sup> (Sulastiningsih *et al.* 1996 dan 1998), MOR produk LBV yang menggunakan kadar ekstender 5% dan waktu kempa 20 menit setara dengan produk bambu lamina 3 lapis tersebut di atas (MOR = 1.128 kg/cm<sup>2</sup>). Bila dibandingkan dengan MOR produk panil jenis kayu lamina hasil penelitian Sylviani *et al.* (2008) dengan perekat PF sebesar 838,8 kg/cm<sup>2</sup>, maka panil venir bambu lamina hasil penelitian dengan waktu kempa 20 menit memiliki nilai MOR yang jauh lebih besar (925 - 1.128 kg/cm<sup>2</sup>).

Hasil analisis ragam (Tabel 5) menunjukkan bahwa waktu kempa memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap nilai MOR bambu lamina. Pengaruh yang tidak nyata justru terlihat dari faktor kadar ekstender dan interaksi antara waktu kempa dengan ekstendernya. Hasil uji lanjut Duncan menunjukkan produk yang dibuat dengan waktu kempa 20 menit berbeda nyata dengan waktu kempa 10 menit. Bila berpedoman kepada SNI

(Anonim, 2000) maka produk venir bambu lamina hasil penelitian ini termasuk ke dalam klasifikasi mutu khusus karena rata-rata MOR  $> 300 \text{ kg/cm}^2$ .

Hasil pengujian delaminasi yang diuji dengan cara merebus bambu lamina menunjukkan nilai 0% untuk semua perlakuan. Menurut SNI (Anonim, 2000), venir lamina dianggap lulus uji delaminasi apabila nisbah delaminasi rata-rata tidak lebih dari 10% dan panjang delaminasi rata-rata dari 1 garis rekat tidak lebih dari 1/3 panjang garis rekat pada setiap sisi. Dengan demikian semua produk panil hasil penelitian ini memenuhi persyaratan tersebut.

Bila produk panil hasil penelitian ini dibandingkan dengan kayu lapis dari kayu meranti merah dengan ketebalan 8,1 mm-12,4 mm dengan jumlah lapisan 5 (Hartadi, 1989) menunjukkan bahwa nilai MOR venir bambu lamina (925,76 - 1128,03  $\text{kg/cm}^2$ ) hampir 2 kali lebih tinggi daripada nilai kayu lapis (650 - 723  $\text{kg/cm}^2$ ).

Hasil penelitian ini juga sesuai dengan hasil penelitian venir lamina sengon dengan MOR rata-rata 775  $\text{kg/cm}^2$  (kelas kuat II) (Pratomo, Widarmana, dan Sutigno, 1991 dalam Sylviani *et al.* 2002). Bila dibandingkan terhadap kayu komersil di Indonesia, produk LBV ini sekelas dengan kayu Jati (berat jenis: 0,62-0,75, MOR: 1.031  $\text{kg/cm}^2$ ), mahoni (berat jenis: 0,56-0,72, keteguhan patah: 623  $\text{kg/cm}^2$ ), sonokeling (berat jenis: 0,77-0,86, MOR: 1.162  $\text{kg/cm}^2$ ) (Martawijaya *et al.* 2005).

Berdasarkan uraian di atas, dapat dikemukakan bahwa perekat PF hasil penelitian yang digunakan pada pembuatan LBV secara keseluruhan memenuhi persyaratan SNI perekat PF untuk penggunaan kayu lapis. Aplikasi perekat tersebut pada venir bambu lamina dengan komposisi waktu kempa 10 menit dan kadar ekstender 5% menghasilkan produk terbaik yang tergolong ke dalam klasifikasi mutu khusus 80E (Anonim, 2000).

#### IV. KESIMPULAN

Aplikasi perekat PF pada pembuatan venir bambu lamina (LBV) dengan variasi kadar ekstender dan waktu kempa menghasilkan produk LBV dengan karakteristik yang berbeda satu sama lain. Faktor perlakuan waktu kempa memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap parameter sifat fisis dan mekanis yang diukur kecuali terhadap nilai kadar air. Sedangkan penambahan kadar ekstender menunjukkan hal sebaliknya, yakni memberikan pengaruh yang tidak nyata untuk semua parameter yang diukur kecuali pada nilai kadar air. Interaksi dari kedua faktor perlakuan (waktu kempa dan kadar ekstender) berpengaruh sangat nyata terhadap nilai kadar air panil LBV, nilai kerapatan, keteguhan rekat sampel LBV kering, dan MOE panil, akan tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap nilai MOR dan keteguhan rekat (uji basah) panil LBV tersebut.

Aplikasi perekat tersebut pada venir bambu lamina (LBV) dengan komposisi waktu kempa 10 menit dan kadar ekstender 5% menghasilkan produk terbaik yang memenuhi persyaratan SNI (2000) dan tergolong ke dalam klasifikasi mutu khusus 80E. Berdasarkan klasifikasi kelas kuat kayu, produk LBV ini direkomendasikan sebagai pengganti kayu gergajian berupa papan yang penggunaannya antara lain untuk kusen pintu, kusen jendela, dan bingkai jendela.

## DAFTAR PUSTAKA

- Haygreen, J.G dan Bowyer, J.L. 1996. Hasil Hutan dan Ilmu Kayu: Suatu Pengantar (terjemahan). Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Iskandar, M.I dan A. Santoso. 2001. Pembuatan venir lamina mahoni dengan perekat bangunan kelautan. Makalah Utama pada Seminar Teori dan Aplikasi Teknologi Kelautan. 7 November 2001. Surabaya.
- Kliwon, S dan M.I. Iskandar. 2008. Teknologi kayu lapis dan produk sekundernya. Pusat Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. Bogor.
- Martawijaya, A., I. Kartasujana, K. Kadir dan S.A. Prawira. 2005. Atlas kayu Indonesia Jilid III. Pusat Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. Bogor.
- Memed, R., A. Santoso dan P. Sutigno. 1990. Pengaruh fenol formaldehida terhadap keteguhan rekat kayu lapis sengon. Jurnal Penelitian Hasil Hutan. Vol. 8(3):105-108. Badan Litbang Kehutanan. Bogor.
- Stevens, M.P. 2007. Kimia polimer. Terjemahan Iis Sopyan. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Sulastiningsih, I.M., Nurwati dan P. Sutigno. 1996. Pengaruh jumlah lapisan terhadap sifat bambu lamina. Buletin Penelitian Hasil Hutan 14 (9): 366-373. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan & Sosial Ekonomi Kehutanan. Bogor.
- Sulastiningsih, I.M., Nurwati dan T. Yuwono. 1998. Effect of position along the culm and number of preservative brushings on physical and mechanical properties of laminated bamboo. Proceedings of Pacific Rim Bio-Based Composites Symposium. November 2-5, 1998. Bogor. Indonesia.
- Sutigno, P. 2000. Perekat dan perekatan. Pusat Penelitian Hasil Hutan. Bogor.
- Anonim. 1998. Fenol formaldehida cair untuk perekat kayu lapis. Badan Standardisasi Nasional. (SNI) 06-4567-1998. Standar Nasional Indonesia. Jakarta.
- Anonim. 2000. Kayu lapis penggunaan umum. Badan Standardisasi Nasional. (SNI) 01-5008.2-2000. Standar Nasional Indonesia. Jakarta.
- Sylviani, A. Santoso dan P. Sutigno. 2002. Profil sebuah pabrik venir lamina di Jambi. Info Hasil Hutan 9(1):1-11.