

**PENGARUH WAKTU KEMPA DAN KADAR EKSTENDER  
TERHADAP SIFAT FISIS MEKANIS VENIR BAMBU  
LAMINA DENGAN PEREKAT FENOL FORMALDEHIDA**

**RAUDHAH JULIATI**



**DEPARTEMEN HASIL HUTAN  
FAKULTAS KEHUTANAN  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR**

**2009**

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



## RINGKASAN

**RAUDHAH JULIATI.** Pengaruh Waktu Kempa dan Kadar Ekstender terhadap Sifat Fisis Mekanis Venir Bambu Lamina dengan Perekat Fenol Formaldehida. Di bawah bimbingan **Prof. Dr. Ir. Yusuf Sudo Hadi, M.Agr** dan **Dr. Drs. Adi Santoso, M.Si**

Dewasa ini ketersediaan kayu di alam semakin menipis sementara kebutuhan industri kayu relatif meningkat, guna memenuhi kebutuhan bahan baku kayu salah satu alternatifnya adalah bambu. Aplikasi bambu sebagai panil komposit masih terbatas, antara lain bambu lapis dan bambu lamina dengan menggunakan perekat PVAc, Urea Formaldehida, dan Tanin Formaldehida. Pemanfaatan bambu untuk Laminated Veneer Bamboo (LVB) belum ditemukan. Dalam rangka diversifikasi produk bambu maka dilakukan penelitian mengenai Pengaruh Waktu Kempa dan Kadar Ekstender terhadap Sifat Fisis Mekanis Venir Bambu Lamina dengan Perekat Fenol Formaldehida. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan produk LVB 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 Fenol Formaldehida (PF). 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 LVB 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 LVB dengan kombinasi perlakuan kadar ekstender 5% dengan waktu kempa 10 menit sebahagian besar memenuhi persyaratan SNI (2000). Kualitas produk LVB tersebut setara dengan panil kayu lapis yang tergolong ke dalam klasifikasi mutu khusus 80E.

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



## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi berjudul Pengaruh Waktu Kempa dan Kadar Ekstender terhadap Sifat Fisis Mekanis Venir Bambu Lamina dengan Perekat Fenol Formaldehida adalah benar-benar hasil karya saya sendiri dengan bimbingan dosen pembimbing dan belum pernah digunakan sebagai karya ilmiah pada perguruan tinggi atau lembaga manapun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Bogor, Agustus 2009

Raudhah Juliati

NRP E24053378

**PENGARUH WAKTU KEMPA DAN KADAR EKSTENDER  
TERHADAP SIFAT FISIS MEKANIS VENIR BAMBU  
LAMINA DENGAN PEREKAT FENOL FORMALDEHIDA**

**Raudhah Juliati**

**E24053378**

*Skripsi*

*Sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Kehutanan  
pada Fakultas Kehutanan  
Institut Pertanian Bogor*

**DEPARTEMEN HASIL HUTAN  
FAKULTAS KEHUTANAN  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR**

**2009**



Judul Skripsi : Pengaruh Waktu Kempa dan Kadar Ekstender terhadap Sifat Fisis Mekanis Venir Bambu Lamina dengan Perekat Fenol Formaldehida

Nama : Raudhah Juliati

NRP : E24053378

Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

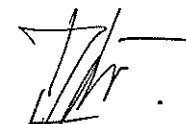
Menyetujui:  
Komisi Pembimbing,

Ketua,



Prof. Dr. Ir. Yusuf Sudo Hadi, M.Agr  
NIP. 130 687 459


Anggota,



Dr. Drs. Adi Santoso, M.Si  
NIP. 19580705 198903 1 007

Mengetahui:

Dekan, Fakultas Kehutanan IPB,



Dr. Ir. Hendrayanto, M.Agr  
NIP. 19611126 198601 1 001

Tanggal Lulus : 11 AUG 2009



## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Pekanbaru, Riau pada tanggal 25 Juli 1987 sebagai anak keempat dari empat bersaudara pasangan AKBP (Purn.) H. M. Saleh dan Hj. Suryati.

Pada tahun 2005 penulis lulus dari SMU Negeri 5 Pekanbaru dan pada tahun yang sama lulus seleksi masuk IPB melalui jalur Seleksi Penerimaan Mahasiswa Baru. Penulis memilih Program Studi Teknologi Hasil Hutan, Departemen Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan. Pada tahun 2006 penulis mengambil Sub-Program Studi Pengolahan Hasil Hutan dan pada tahun 2008 memilih Bio-Komposit sebagai bidang keahlian.

Selama menuntut ilmu di IPB, penulis aktif di sejumlah organisasi kemahasiswaan yakni sebagai staf Kesekretariatan Himpunan Mahasiswa Hasil Hutan 2006-2007, koordinator bidang Kaderisasi dan Pembinaan Anggota Ikatan Pelajar Mahasiswa Riau Bogor 2007-2008, staf Departemen Internal Himpunan Mahasiswa Hasil Hutan 2007-2008. Penulis juga pernah melaksanakan Praktek Pengenalan Ekosistem Hutan (PPEH) di Linggarjati dan Indramayu, melaksanakan Praktek Pengelolaan Hutan di Hutan Pendidikan Gunung Walat Sukabumi. Selain itu, penulis juga melakukan Praktek Kerja Lapang (PKL) di PT. Riau Andalan Pulp and Paper, Kab. Pelalawan, Riau.

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Kehutanan pada Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor, penulis melaksanakan penelitian dalam bidang Bio-komposit dengan judul Pengaruh Waktu Kempa dan Kadar Ekstender terhadap Sifat Fisis Mekanis Venir Bambu Lamina dengan Perekat Fenol Formaldehida di bawah bimbingan Prof. Dr. Ir. Yusuf Sudo Hadi, M.Agr dan Dr. Drs. Adi Santoso, M.Si.



## UCAPAN TERIMAKASIH

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya. Ucapan terimakasih dan penghargaan tak luput penulis sampaikan kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Yusuf Sudo Hadi, M.Agr dan Dr. Drs. Adi Santoso, M.Si atas kesabaran dan keikhlasan dalam memberikan bimbingan ilmu dan nasehat kepada penulis.
2. Kepala Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan Departemen Kehutanan RI Bogor, atas segala fasilitas yang telah diberikan dalam penelitian ini.
3. Para laboran di Lab. Produk Majemuk dan Lab. Penggergajian dan Pengerjaan Puslitbang Hasil Hutan.
4. Ibu Dr. Ir. Elis Nina Herliyana, M.Si, Bapak Ir. Ahmad Hadjib, MS, dan Ir. Edhi Sandra, MSi, selaku dosen penguji pada ujian komprehensif penulis.
5. Bapak, Ibu, kakak, abang dan segenap keluarga penulis atas dukungan, motivasi serta kasih sayangnya kepada penulis.
6. Rekan-rekan mahasiswa Lab. Bio-Komposit dan angkatan 42 Departemen Hasil Hutan: Nia, Agung T, Lita, Nila, Miske, Ardi, Sakti, Danu, Desli, Margie, Evelin, Ijup, Poye, Opik, Rentry, Rita, Widy, Stefi, Icha, Bascamp'ers dan teman-teman mahasiswa Fahutan angkatan 42 lainnya yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.
7. Keluarga besar B24 angkatan 42: Uty, Annisa, Ica, Nyit, Ambar, Ami, Iwed, Bobi, Fita, Atung, Mimi, dan lainnya yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.
8. Teman-teman Asrama A3 368: Rizma, Ika, dan Siska.
9. Teman-teman dari IKPMR-Pekanbaru: Ridho, Febi, Febriona, Satya, Eka, Wewen, Yayan, Pemi, dan lainnya yang telah berjuang bersama di rantau.

Bogor, Agustus 2009

Penulis



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT penulis panjatkan atas segala curahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga karya ilmiah yang berjudul Pengaruh Waktu Kempa dan Kadar Ekstender terhadap Sifat Fisis Mekanis Venir Bambu Lamina dengan Perekat Fenol Formaldehida dapat terselesaikan. Penelitian ini dilakukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Kehutanan pada Departemen Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor.

Bambu merupakan salah satu hasil hutan bukan kayu yang termasuk dalam tanaman serbaguna dan sering digunakan untuk berbagai keperluan. Bambu termasuk dalam sumberdaya hutan yang cukup menjanjikan sebagai alternatif pengganti kayu dan merupakan tanaman cepat tumbuh yang mempunyai daur relatif pendek (3-4 tahun). Salah satu teknologi yang dapat dikembangkan adalah dengan pengolahan bambu sebagai produk bambu lamina. Perekat untuk teknologi bambu lamina sering ditambahkan ekstender guna menghemat pemakaian perekat. Selain itu lamanya waktu pengempaan juga ikut mempengaruhi kualitas dari panil bambu lamina. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperoleh informasi mengenai sifat fisis dan mekanis venir bambu lamina akibat adanya faktor perlakuan yang terdiri atas waktu pengempaan panas dan variasi kadar ekstender perekat Fenol Formaldehida.

Penelitian ini diharapkan dapat memberi informasi yang berguna dalam pengembangan pemanfaatan bambu dan penulis juga menyadari bahwa hasil penelitian ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, saran dan kritik yang bersifat membangun sangat diharapkan demi penyempurnaan karya ini. Akhirnya semoga karya ilmiah ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pihak-pihak yang membutuhkan.

Bogor, Agustus 2009

Penulis





## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	i
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	iv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	v
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	vi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan Penelitian .....	1
1.3 Manfaat Penelitian .....	2
1.4 Hipotesis.....	2
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Bambu .....	3
2.2 Bambu Tali.....	5
2.3 Venir Bambu Lamina.....	6
2.4 Perekat dan Perekatan .....	7
2.5 Fenol Formaldehida .....	8
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1 Waktu dan Tempat .....	10
3.2 Bahan dan Alat.....	10
3.3 Rancangan Percobaan .....	10
3.4 Prosedur Kerja.....	12
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Karakteristik Bambu .....	21
4.2 Karakteristik Perekat Fenol Formaldehida.....	21
4.3 Kualitas Panil Venir Bambu Lamina .....	25
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan .....	38
5.2 Saran.....	38
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	39
<b>LAMPIRAN</b> .....	42



## DAFTAR TABEL

No.	Halaman
1. Karakteristik perekat Fenol Formaldehida.....	22
2. Analisis ragam kadar padatan perekat.....	24
3. Hasil uji rata-rata sifat fisis dan mekanis venir bambu lamina.....	25
4. Analisis ragam kadar air venir bambu lamina.....	26
5. Analisis ragam kerapatan venir bambu lamina .....	28
6. Analisis ragam keteguhan rekat sampel kering venir bambu lamina.....	31
7. Analisis ragam keteguhan rekat sampel basah venir bambu lamina.....	32
8. Analisis ragam keteguhan lentur (MOE) venir bambu lamina .....	34
9. Analisis ragam keteguhan patah (MOR) venir bambu lamina.....	36

@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



## DAFTAR GAMBAR

No.	Halaman
1. Reaksi pembentukan Fenol Formaldehida.....	9
2. Pola penyusunan lembaran bambu.....	15
3. Pola penyusunan venir bambu lamina.....	15
4. Diagram contoh uji.....	17
5. Contoh uji keteguhan rekat internal sejajar serat.....	19
6. Pengujian keteguhan lentur (MOE) dan keteguhan patah (MOR).....	20
7. Hubungan kadar ekstender dengan berat jenis.....	22
8. Hubungan kadar ekstender dengan kekentalan perekat.....	23
9. Hubungan kadar ekstender dengan kadar padatan.....	24
10. Histogram nilai kadar air venir bambu lamina.....	26
11. Histogram nilai kerapatan venir bambu lamina.....	28
12. Histogram nilai keteguhan rekat sampel kering venir bambu lamina.....	30
13. Histogram nilai keteguhan rekat sampel basah venir bambu lamina.....	32
14. Histogram nilai keteguhan lentur (MOE) venir bambu lamina.....	33
15. Histogram nilai keteguhan patah (MOR) venir bambu lamina.....	35



## DAFTAR LAMPIRAN

No.	Halaman
1. Data hasil pengujian venir bambu lamina.....	43
2. Faktorial uji kadar air .....	44
3. Faktorial uji kerapatan.....	47
4. Faktorial keteguhan rekat sampel kering .....	50
5. Faktorial keteguhan rekat sampel basah .....	55
6. Faktorial keteguhan lentur (MOE) .....	59
7. Faktorial keteguhan patah (MOR) .....	64
8. Dokumentasi .....	66

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
@Hak cipta milik IPB University

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dewasa ini kayu memegang peranan penting dalam berbagai aspek kehidupan masyarakat. Tidak bisa dipungkiri bahwa secara tidak langsung ketergantungan masyarakat terhadap kayu sangat tinggi dalam memenuhi kebutuhan hidup. Namun, pada kenyataannya ketersediaan kayu di alam juga semakin menipis seiring bertambahnya jumlah penduduk. Untuk mengantisipasi hal tersebut berbagai upaya pun dilakukan demi mencari alternatif pengganti kayu. Hal ini sangat penting sehingga kebutuhan masyarakat akan kayu tetap dapat terpenuhi tanpa menyebabkan degradasi hutan yang berlebihan.

Salah satu bahan yang dapat dijadikan sebagai alternatif pengganti kayu adalah bambu. Bambu dapat tumbuh dalam berbagai kondisi, mulai dari dataran rendah hingga dataran tinggi. Bahan bambu memiliki sifat yang tidak jauh berbeda dengan kayu serta relatif lebih mudah dibentuk dan dikerjakan. Sampai sejauh ini, terlihat bahwa pemanfaatan bambu sudah mulai dikenal di tengah masyarakat, seperti pada konstruksi bangunan, barang kerajinan, furniture, peralatan dapur, alat musik, hingga sebagai bahan baku dalam industri pulp.

Kemampuan bambu menggantikan sebagian manfaat kayu tersebut memerlukan pengembangan teknologi untuk meningkatkan nilai tambah dan mengoptimalkan pemanfaatannya. Salah satu pengembangan tersebut yakni studi tentang teknologi pembuatan venir bambu lamina dari bambu tali dengan berbagai faktor pendukung peningkatan kualitas produk.

### 1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperoleh informasi mengenai sifat fisis dan mekanis venir bambu lamina akibat adanya faktor perlakuan yang terdiri atas waktu pengempaan panas dan variasi kadar ekstender perekat Fenol Formaldehida.

### 1.3 Manfaat Penelitian

1. Pemanfaatan bambu sebagai alternatif pengganti kayu.
2. Meningkatkan nilai tambah bambu melalui pengembangan teknologi pengolahan bambu sebagai produk venir bambu lamina.

### 1.4 Hipotesis

1. Waktu kempa dan kadar ekstender berpengaruh tidak nyata terhadap sifat fisis dan mekanis venir bambu lamina ( $H_0$ ).
2. Waktu kempa dan kadar ekstender berpengaruh nyata terhadap sifat fisis dan mekanis venir bambu lamina ( $H_1$ ).

@Hak\_cipta milik IPB University

IPB University



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Bambu

Bambu merupakan salah satu hasil hutan bukan kayu yang termasuk dalam tanaman serbaguna dan sering digunakan untuk berbagai keperluan. Bambu termasuk dalam sumberdaya hutan yang cukup menjanjikan sebagai alternatif pengganti kayu dan merupakan tanaman cepat tumbuh yang mempunyai daur relatif pendek (3-4 tahun). Tanaman bambu termasuk dalam keluarga *Graminae*, suku *Bambuseae* dan sub family *Bambusoideae* yang memiliki karakteristik seperti kayu.

Tanaman bambu di Indonesia ditemukan mulai dari dataran rendah sampai dataran tinggi, dari pegunungan berbukit dengan lereng curam sampai landai (Sastrapraja, *et al.* 1977). Data resmi mengenai luas hutan bambu secara keseluruhan di Indonesia belum tersedia. Namun demikian beberapa daerah di Indonesia telah dikenal memiliki sumberdaya bambu yang cukup besar seperti Taman Nasional Kerinci Seblat (Sumatera), Taman Nasional Alas Purwo (Jawa), Loksado (Kalimantan Tengah) (Widjaja, 1998).

Bahan bambu dikenal oleh masyarakat memiliki sifat-sifat yang baik untuk dimanfaatkan, antara lain: buluhnya kuat, lurus, rata, keras, mudah dibelah, mudah dibentuk, mudah dikerjakan serta mudah diangkut (Batubara, 2002). Bambu merupakan tumbuhan yang batangnya berbentuk buluh, beruas, berongga, mempunyai cabang, berimpang, dan mempunyai daun buluh yang menonjol. Tanaman bambu hidup merumpun, mempunyai ruas dan buku. Pada setiap ruas tumbuh cabang-cabang yang berukuran jauh lebih kecil dibandingkan dengan buluhnya sendiri. Pada ruas-ruas ini tumbuh akar-akar sehingga pada bambu dimungkinkan untuk memperbanyak tanaman dari potongan-potongan ruasnya, di samping tunas-tunas rumpunnya (Batubara, 2002).

Secara alami bambu sering ditemukan tumbuh di pinggiran sungai, meskipun beberapa jenis bambu juga dapat ditemukan di lahan marginal yang kering. Oleh karena itu, penggunaan bambu untuk konservasi tanah pada daerah pinggiran sungai dirasa sangat sesuai. Selain membutuhkan biaya yang relatif

rendah, pemanfaatan bambu untuk konservasi tanah juga menggunakan teknologi yang sederhana, sesuai dengan kondisi fisiknya, serta dapat menjamin peningkatan produksi dan pendapatan.

Bambu merupakan tanaman serbaguna yang pertumbuhannya cepat dan mudah dalam pengerjaannya (Dransfield dan Widjaja, 1995). Sifat dari bambu antara lain :

### 1. Sifat Anatomis Bambu

Buluh bambu terdiri atas 50% parenkim, 40% serat dan 10% sel penghubung (pembuluh dan *sieves tubes*) (Dransfield dan Widjaja, 1995). Parenkim dan sel penghubung lebih banyak ditemukan pada bagian dalam dari buluh sedangkan serat lebih banyak ditemukan pada bagian luar. Susunan serat pada ruas penghubung antar buku memiliki kecenderungan bertambah besar dari bawah ke atas sementara parenkimnya berkurang.

### 2. Sifat Fisis Bambu

#### a. Kadar air

Kadar air batang bambu merupakan faktor terpenting dimana dapat mempengaruhi sifat-sifat mekanisnya dan sangat ditentukan oleh kandungan air yang ada dalam buluh bambu. Kadar air cenderung bertambah dari bawah ke atas pada bambu yang berumur 1-3 tahun dan pada musim penghujan memiliki persentasi yang lebih tinggi dibanding musim kemarau. Kadar air pada bambu bervariasi menurut jenis, posisi dalam buluh, umur buluh dan musim (Sharma dan Mehra, 1970). Biasanya bila buluh bambu sudah berumur lebih dari tiga tahun akan mengalami penurunan kadar air, pada buluh bambu muda berkisar antara 50-99% dan dewasa berkisar 80-150% sedangkan pada buluh bambu tua bervariasi antara 12-18% (Dransfield dan Widjaja, 1995).

#### b. Berat jenis

Berat jenis bambu bervariasi dari 0,5-0,8, bagian luar dari batang mempunyai berat jenis lebih besar dibanding bagian dalamnya (Liese, 1985). Berat jenis bagian ujung bambu lebih tinggi dibanding bagian pangkal bambu (Nuriyatin, 2000). Distribusi ikatan vaskuler dapat dijadikan sebagai indikasi nilai berat jenis bambu. Menurut Dransfield dan Widjaja (1995), dimensi digunakan sebagai parameter dalam penentuan berat jenis.



### c. Kembang susut

Buluh bambu mulai mengalami penyusutan saat pengeringan/di atas titik jenuh serat (TJS), namun tidak berlangsung secara seragam, berbeda halnya dengan kayu. Penyusutan bambu berpengaruh terhadap ketebalan dinding buluh dan diameternya (Liese, 1985).

Menurut Dransfield dan Widjaja (1995) penyusutan radial pada buluh bambu lebih besar dibanding penyusutan tangensial dengan perbandingan 7% dan 6%, sedangkan penyusutan ke arah longitudinal tidak lebih dari 0,5%.

## 2.2. Bambu Tali

Bambu tumbuh hampir di semua kondisi baik iklim kering maupun iklim basah, begitu pula halnya baik di lahan basah maupun di lahan kering. Walaupun demikian bambu sangat cocok tumbuh di tanah asam beriklim kering namun dengan curah hujan yang cukup. Pada umumnya penyebaran bambu ini hampir terjadi di seluruh Jawa, seperti yang tumbuh liar di Taman Nasional Alas Purwo.

Kurz (1996) menyatakan bahwa bambu mempunyai nama yang berbeda untuk tiap daerah. Nama daerah bambu tali untuk Indonesia antara lain: bambu tali, *pring tali*, *pring apus* (Jawa), *awi tali* (Sunda). Menurut Dransfield dan Widjaja (1995) nama latin dari bambu tali adalah *Gigantochloa apus* J.A & J.H. Schultes (1830). Selanjutnya dikemukakan bahwa bambu tali termasuk tanaman bambu simpodial, berdiri tegak, tinggi batang 8-30 m dengan diameter buluh 4-13 cm tebalnya bisa mencapai 1,5 cm. Berwarna hijau terang sampai kuning. Panjang ruas 20-60 cm, dengan buku sedikit membengkok pada bagian luar. Panjang serat sekitar 0,9-5,5 mm. Diameter dinding serat 5,3  $\mu\text{m}$ , tebal dinding sel 1-3  $\mu\text{m}$ . Kadar air rata-rata buluh bambu segar adalah 54,3% dan buluh bambu kering 15,1%. Komponen kimia dari buluh bambu tali diantaranya holloselulosa 52,1-54,7%, pentosan 19,1-19,3%, lignin 24,8-25,8%, kadar abu 2,7-2,9%, silika 1,8-5,2%. Kelarutan dalam air dingin 5,2%, air panas 5,4-6,45%, alkohol benzena 1,4-3,2% dan NaOH 21,2-25,1%. Kadar pati berfluktuasi antara 0,24-0,71%, tergantung pada musim. Bambu tali mempunyai buluh yang berwarna hijau kekuningan dengan lapisan lilin pada bagian bawah buku-bukunya ketika masih muda. Bambu ini mudah dibedakan dengan jenis-



jenis yang lain dari pelepah buluhnya yang selalu melekat pada buluhnya. Di samping itu kuping pelepah buluhnya sangat kecil sehingga hampir tidak tampak (Dransfield dan Widjaja, 1995).

Kegunaan *G. apus* sangat penting untuk perekonomian daerah pedesaan di Indonesia karena banyak digunakan untuk membuat perlengkapan memasak, alat-alat perikanan, furniture, tali dan macam-macam keranjang. Batang bambu dapat tahan lama dan digunakan sebagai bahan bangunan seperti atap, dinding, dan jembatan. Buluhnya dapat dibelah menjadi belahan yang bagus untuk dibuat menjadi topi, keranjang, dan benda lainnya. Ketika potongannya ditekuk, permukaannya tidak mengelupas. Dengan tidak memperhatikan jenis yang lebih sesuai, *G. apus* kadangkala digunakan untuk membuat alat musik, walaupun kualitas nada yang dihasilkan tidak terlalu baik. Secara mekanis *G. apus* tidak cocok untuk dibuat sumpit dan tusuk gigi karena memiliki serat yang saling tindih.

### 2.3 Venir Bambu Lamina

Bahan baku bambu memiliki bentuk asli yang bulat dan berlubang. Seiring perkembangan teknologi, kini bambu dapat diolah menjadi produk perekatan berupa panil bambu lamina dan panil bambu lapis. Bambu lamina merupakan suatu produk yang dibuat dari penyusunan sejajar serat beberapa bilah bambu yang kemudian direkat dengan menggunakan perekat. Hasil perekatannya tergantung dari dimensi tebal dan lebar sehingga dapat menghasilkan papan ataupun balok.

Venir bambu lamina merupakan produk yang menyerupai venir lamina (*Laminated Veneer Lumber, LVL*), dibuat dari lembaran venir bambu yang direkat dengan arah sejajar serat satu sama lain dan dalam hal tertentu diperkenankan ada venir silang di bawah venir luar. Produk venir bambu lamina diharapkan dapat digunakan sebagai bahan substitusi kayu untuk mebel, bahan bangunan, dan penggunaan lainnya.

## 2.4 Perekat dan Perekatan

Perekat (*adhesive*) adalah suatu substansi yang dapat menyatukan dua buah benda atau lebih melalui ikatan permukaan (Sutigno, 2000). Dilihat dari reaksi perekat terhadap panas, maka perekat dapat dibedakan atas perekat *thermosetting* dan perekat *thermoplastic*. Perekat *thermosetting* merupakan perekat yang dapat mengeras bila terkena panas atau reaksi kimia dengan bantuan katalisator atau *hardener* dan bersifat *irreversible*. Perekat jenis ini jika sudah mengeras tidak dapat lagi menjadi lunak. Contoh perekat yang termasuk jenis ini adalah fenol formaldehida, urea formaldehida, melamin formaldehida, isosianat, dan resorsinol formaldehida. Perekat *thermoplastic* adalah perekat yang dapat melunak jika terkena panas dan mengeras kembali apabila suhunya telah rendah. Contoh perekat yang termasuk jenis ini adalah *polyvinyl adhesive*, *cellulose adhesive*, dan *acrylic resin adhesive* (Pizzi, 1983).

Pizzi (1994) mengemukakan bahwa perekatan merupakan suatu peristiwa tarik-menarik antara molekul-molekul dari dua permukaan yang direkat. Merekatnya dua buah benda yang direkat terjadi oleh adanya gaya tarik-menarik antar perekat dengan bahan yang direkat (adhesi) dan gaya tarik menarik antara perekat dengan perekat dan antar bahan yang direkat (kohesi).

Dasar dari perekatan adalah prinsip kohesi dan adhesi dari partikel suatu bahan yang saling berhubungan. Adanya gaya tersebut menyebabkan terjadi interaksi molekul, atom maupun ion-ion dari kedua permukaan (Ruhendi *et al.* 2007). Berdasarkan interaksi tersebut dikenal dua sistem perekatan, yaitu perekatan mekanik yang terjadi karena adanya sebagian perekat masuk ke dalam pori-pori kedua bahan kemudian kering dan mengeras, sedangkan perekatan spesifik terjadi karena adanya ikatan kimia antara bahan dan perekatnya.

Untuk mencapai keberhasilan proses perekatan salah satu faktor yang perlu diperhatikan adalah waktu pengempaan. Pengempaan produk perekatan atau rakitan perekatan bertujuan untuk menempelkan lebih rapat sehingga garis perekat dapat terbentuk serata mungkin dengan ketebalan yang setipis mungkin. Pengempaan di dalam proses perekatan dibagi ke dalam dua tipe, (1) pengempaan dingin (*repressing* atau *cold pressing*), (2) pengempaan panas (*hot pressing*) yang dijalankan dengan suhu dan tekanan tertentu. Beberapa faktor

lain yang perlu diperhatikan dalam proses pengempaan adalah lama waktu kempa (lama waktu tekan), tekanan spesifik, dan suhu pengempaan.

Waktu kempa tergantung dari beberapa faktor antara lain: tipe atau jenis perekat yang dipergunakan. Prinsip yang dipakai untuk menentukan lama waktu pengempaan adalah perilaku jenis perekat dan kondisi adonan perekat yang dipakai sewaktu dikenai tekanan. Waktu kempa juga dipengaruhi oleh ketebalan bahan yang direkat dan komposisi adonan atau larutan perekat.

Tekanan spesifik berfungsi sebagai pembatas kemungkinan terjadinya pecah pada venir panil karena tegangan yang dapat diterima oleh jenis kayu atau venir dan bahan yang direkat kayu terlewati. Tekanan spesifik untuk rakitan perekatan didasarkan pada berat jenis kering tanur dari panil yang sedang dikerjakan atau berdasarkan jenis kayu yang dipergunakan.

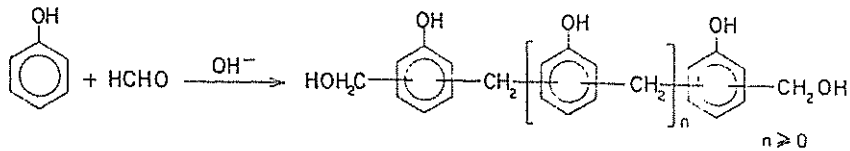
Suhu pengempaan berhubungan dengan waktu pengempaan. Suhu yang tinggi diperlukan untuk mematangkan perekat dengan cepat tetapi kurang ekonomis karena diperlukan biaya yang tinggi untuk membawa suhu kempa ke suhu yang lebih tinggi dari suhu kamar. Suhu yang rendah dipakai untuk mematangkan perekat tetapi diperlukan waktu yang lebih lama. Kompromi antara biaya dan waktu pengempaan berarti membentuk kombinasi keduanya yang selanjutnya akan menentukan kapasitas pabrik berjalan untuk memproduksi produk perekatan.

## 2.5 Fenol Formaldehida (PF)

Perekat Fenol Formaldehida merupakan salah satu jenis perekat untuk penggunaan eksterior yang memiliki sifat tahan cuaca dan tahan air. Secara lebih rinci, Kliwon dan Iskandar (2008) menjelaskan sifat yang dimiliki perekat jenis ini, antara lain :

1. Daya rekat baik walau dipakai di luar (tempat yang tidak terlindung)
2. Kelarutan dalam air baik
3. Cepat menjadi stabil, lamanya pengempaan dapat diperpendek
4. Kestabilan kekentalan baik selama operasi

Perekat Fenol Formaldehida dibuat dengan cara polimerisasi kondensasi dengan perbandingan mol Fenol : Formaldehida = 1 : (1-2) (Memed *et al.* 1990). Reaksi pembuatan perekat tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Reaksi Pembentukan Fenol Formaldehida.

Dalam pemakaiannya, seringkali perekat PF diramu dengan ekstender guna menghemat pemakaian perekat utama namun tanpa mengurangi daya rekatnya. Menurut Robertson (1974) ekstender merupakan suatu bahan yang mengandung pati protein yang dipakai untuk mengatur kekentalan campuran perekat, memperbaiki keragaman perekat dan mengurangi biaya. Beberapa bahan yang dapat digunakan sebagai ekstender antara lain: tepung gaplek, tepung terigu, dan tapioka. Sutigno dan Kamil (1975) mengemukakan bahwa ekstender tepung terigu lebih baik dibanding tapioka karena untuk mencapai keteguhan rekat tahan air, terigu dapat ditambahkan lebih banyak dibanding tapioka. Ini berarti penggunaan terigu akan lebih menghemat penggunaan perekat dibanding tapioka.



## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan pada bulan Januari sampai dengan bulan Mei 2009, bertempat di Laboratorium Produk Majemuk serta Laboratorium Penggajian dan Pengerjaan, Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan, Departemen Kehutanan, Jl. Gunung Batu Bogor-Jawa Barat.

#### 3.2 Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah buluh bambu tali (*Gigantochloa apus* (J.A & J.H. Schulthes) Kurz) asal Bogor, Jawa Barat. Venir bambu dibuat dalam dua bentuk yakni bentuk anyaman dan rangkaian sejajar. Perekat yang digunakan berupa perekat Fenol Formaldehida (PF) dan tepung terigu sebagai ekstendernya.

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 *Lohmann*, pH meter, mesin gergaji *band saw*, alat tulis, dan alat hitung.

#### 3.3 Rancangan Percobaan

Dalam penelitian ini digunakan model rancangan acak lengkap dengan percobaan faktorial model tetap, dimana 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 dan 20 menit, sedangkan kadar ekstender terdiri atas 4 (empat) taraf, yaitu 0; 2,5; 5; dan 10%.

Model umum rancangan percobaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Keterangan :

- $Y_{ijk}$  = Nilai respon dari unit percobaan yang mendapatkan perlakuan waktu kempa ke-i, kadar ekstender ke-j, pada ulangan ke-k
- $k$  = Ulangan ke-1, 2, dan 3
- $\mu$  = Nilai rata-rata sebenarnya
- $\alpha_i$  = Pengaruh perlakuan waktu kempa pada taraf ke- i (10 dan 20 menit)
- $\beta_j$  = Pengaruh perlakuan kadar ekstender pada taraf ke-j (0; 2,5; 5; dan 10%)
- $(\alpha\beta)_{ij}$  = Pengaruh interaksi dari unit percobaan yang mendapatkan perlakuan waktu kempa ke-i, dan kadar ekstender ke-j
- $\epsilon_{ijk}$  = Nilai galat (kesalahan percobaan) dari unit percobaan yang mendapatkan perlakuan waktu kempa ke-i, kadar ekstender ke-j, pada ulangan ke-k

Untuk mengetahui pengaruh faktor perlakuan terhadap sifat fisis dan mekanis bambu lamina yang dibuat maka dilakukan analisis ragam atau *analysis of variance* (ANOVA). Nilai F-hitung yang diperoleh dari ANOVA tersebut dibandingkan dengan F-tabel pada selang kepercayaan 95 dan 99% dengan kaidah keputusan :

1. Apabila  $F_{hitung} < F_{tabel}$ , maka perlakuan memberikan pengaruh tidak nyata atau sangat tidak nyata terhadap sifat fisis mekanis papan pada selang kepercayaan 95 atau 99%.
2. Apabila  $F_{hitung} > F_{tabel}$ , maka perlakuan memberikan pengaruh nyata atau sangat nyata pada sifat fisis mekanis papan pada selang kepercayaan 95 atau 99%.

Apabila perlakuan memberikan pengaruh nyata atau sangat nyata terhadap sifat fisis dan mekanis papan, maka dilakukan uji lanjut dengan menggunakan



*Duncan Multiple Range Test (DMRT)*. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan *software SAS System for Windows 9.1*.

### 3.4 Prosedur Kerja

#### 3.4.1 Persiapan Bahan

Sebanyak 100 sampel bilah bambu dengan ukuran (40 x 2 x 0,1) cm ditimbang terlebih dahulu beratnya. Selanjutnya, semua bilah yang akan digunakan dalam penelitian dikeringkan dalam oven dengan suhu 70<sup>0</sup> C selama 2 hari hingga mencapai kadar air 12%. Setelah mencapai KA yang diinginkan bilah-bilah tersebut kemudian dianyam dengan bentuk sesuai kebutuhan, yakni berupa bilik bambu anyaman dan bilik bambu sejajar. Ukuran kedua jenis bilik sama yaitu (40 x 40 x 0,1) cm, perbedaannya terletak pada metode penggabungan bilik bambu sejajar yang menggunakan alat bantu berupa selotip kertas. Pengujian yang dilakukan meliputi:

##### a. Kadar Air Venir

Venir yang telah dikondisikan selama dua hari, diambil sampelnya sebanyak 5 kali ulangan. Sampel tersebut ditimbang bobot awalnya (BB) dan dioven selama 24 jam dengan suhu 103 ± 2<sup>0</sup>C. Setelah selesai dioven, sampel dimasukkan ke dalam desikator selama 30 menit dan ditimbang bobotnya, kemudian dioven kembali selama tiga jam secara berulang kali hingga diperoleh bobot konstan (BKO). Kadar air dihitung dengan persamaan berikut :

$$KA = \frac{BB - BKO}{BKO} \times 100\%$$

Keterangan :

BB = Bobot awal (gram)

BKO = Bobot kering oven (gram)

KA = Kadar air (%)



## b. Kerapatan

Pada pengujian kerapatan, diambil 5 sampel yang sebelumnya telah ditimbang bobotnya. Sampel tersebut kemudian diukur dimensinya meliputi panjang, lebar, dan tebal. Nilai kerapatan ( $\rho$ ) dihitung menggunakan rumus :

$$\rho = \frac{BKU}{p \times l \times t}$$

Keterangan :

- BKU = Bobot kering udara (gram)
- P = Panjang (cm)
- L = Lebar (cm)
- T = Tebal (cm)
- $\rho$  = Kerapatan ( $\text{g/cm}^3$ )

### 3.4.2 Persiapan Perekat

Perekat Fenol Formaldehida ditimbang (a gram) dan ditambahkan ekstender dengan variasi yaitu 0; 2,5; 5; dan 10% dari berat perekat cair. Kemudian dicampurkan sedikit demi sedikit agar tidak menggumpal lalu diaduk dengan spatula (sendok pengaduk) sampai homogen. Selanjutnya dilakukan pengujian antara lain kekentalan (*viscositas*), kadar padat perekat (*solid content*), bobot jenis, pH, dan warna (SNI 1998). Pengujian dilakukan sebelum dan sesudah penambahan ekstender.

#### 3.4.2.1 Kekentalan (*viscositas*)

Kekentalan perekat PF diukur dengan sistem rotor berputar menggunakan alat *viscotester*, semakin kental cairan perekat makin lambat perputaran rotor. Pembacaan nilai dilakukan jika jarum *viscotester* sudah menunjukkan nilai konstan. Kekentalan dinyatakan dalam satuan *poise*.



### 3.4.2.2 Kadar Padat (*Solid Content*)

Siapkan wadah dan timbang bobotnya ( $b_0$ ), kemudian tuangkan perekat sebanyak  $\pm 1,5$  gram ( $b_1$ ). Perekat + wadah tersebut kemudian dioven pada suhu  $103 \pm 2$  °C selama 24 jam. Setelah 24 jam keluarkan dari oven dan masukkan dalam desikator lalu timbang bobotnya ( $b_2$ ). Kadar padatan (SC) didapat dari perhitungan bobot kering dibagi bobot awal (Sutigno, 2000).

$$SC = \frac{b_2 - b_0}{b_1 - b_0} \times 100\%$$

Keterangan:

- $b_2$  = Bobot contoh perekat dalam keadaan kering tanur + wadah (gram)
- $b_1$  = Bobot contoh perekat awal + wadah (gram)
- $b_0$  = Bobot wadah kosong (gram)
- SC = Kadar padatan (%)

### 3.4.2.3 Bobot Jenis (BJ)

Dalam pengukuran bobot jenis, piknometer ditimbang terlebih dahulu kemudian diisi air sesuai volume piknometer tersebut lalu ditimbang. Prosedur di atas diulangi dengan cara yang sama menggunakan contoh uji perekat. Bobot jenis adalah bobot perekat dibagi volumenya (Sutigno, 2000).

$$BJ = \frac{B_p - B_0}{B_a - B_0}$$

Keterangan :

- $B_p$  = Bobot perekat + *piknometer* (gram)
- $B_a$  = Bobot air + *piknometer* (gram)
- $B_0$  = Bobot *piknometer* (gram)
- BJ = Bobot jenis

### 3.4.2.4 Derajat Keasaman (*potential Hydrogen*)

Nilai keasaman (pH) perekat diuji dengan menggunakan pH meter.



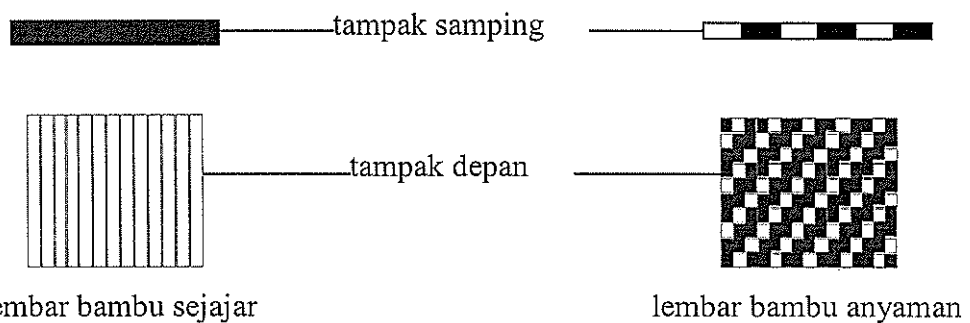
### 3.4.2.5 Warna

Warna perekat dapat langsung diamati setelah perekat tersebut selesai dibuat. Pengamatan dilakukan sekurang-kurangnya 3 kali.

### 3.4.3 Pembuatan Venir Bambu Lamina

#### 3.4.3.1 Penyusunan Bambu Lamina

Venir bambu lamina disusun sebanyak 15 lapisan dengan komposisi 14 bambu sejajar dan 1 bambu anyaman. Komposisi lembaran venir dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Pola penyusunan lembaran bambu.

Pola penyusunan venir bambu lamina terdiri atas venir bambu sejajar dan bambu anyaman (Gambar 3). Bambu sejajar disusun dengan arah sejajar serat dari lembaran 1 hingga 7, sedangkan bambu anyaman diletakkan pada lembaran 8 (bagian tengah), selanjutnya pada lembaran 9 hingga 15 kembali disusun lembaran bambu sejajar yang disusun arah sejajar serat.



Gambar 3 Pola penyusunan venir bambu lamina.

### 3.4.3.2 Pelaburan Perekat

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 memakai kuas dengan bobot labur 170 gram/luas permukaan lembar venir bambu lamina. Namun, dalam pencampuran digunakan bobot labur 200 gram/luas permukaan, guna mengantisipasi berkurangnya bobot labur akibat adanya perekat yang menempel pada alat pelabur. Teknik pelaburan menggunakan sistem *single layer* (satu permukaan).

### 3.4.3.3 Masa Tunggu Perekat

Sebelum dilakukan pengempaan lembaran yang sudah dilaburi perekat, venir terlebih dahulu ditindih pemberat 5 kg selama 15 menit untuk memberikan kesempatan perekat berpenetrasi dan bereaksi dengan sirekat. Lama penindihan selanjutnya disebut masa tunggu perekat.

### 3.4.3.4 Pengempaan Panas

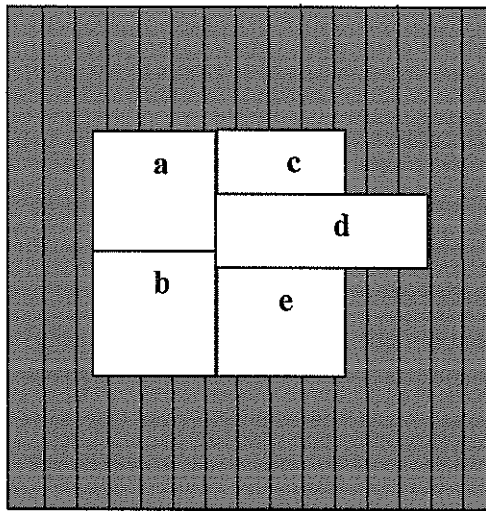
Perlakuan selanjutnya adalah pengempaan panas, menggunakan alat kempa panas pada suhu 140°C, tekanan 20 kg/cm<sup>2</sup> selama 10 dan 20 menit. Tujuan pengempaan panas adalah untuk mematangkan perekat sekaligus memperkokoh ikatan antara perekat dengan sirekat.

### 3.4.3.5 Pengkondisian (*Conditioning*)

Panil LVB yang telah dikempa panas selanjutnya dibiarkan dalam kondisi terbuka minimal selama satu minggu yang bertujuan untuk menghilangkan tegangan internal di dalam bahan setelah reaksi pengempaan serta untuk menyeimbangkan kadar air dalam panil.

### 3.4.4 Pengujian

#### 3.4.4.1 Penyiapan Contoh Uji



Gambar 4 Diagram contoh uji.

Keterangan :

- a = Contoh uji kadar air (100 mm x 100 mm)
- b = Contoh uji kerapatan (100 mm x 100 mm)
- c = Contoh uji keteguhan rekat sejajar serat ( 25 mm x 100 mm)
- d = Contoh uji keteguhan lentur ((24 h + 50 mm) x 50 mm)
- e = Contoh uji delaminasi (100 mm x 100 mm)

Masing-masing pengujian dilakukan dengan tiga kali ulangan, selanjutnya nilai yang digunakan adalah rata-rata nilai dari ketiga ulangan tersebut.

#### 3.4.4.2 Pengujian Sifat Fisis dan Mekanis Venir Bambu Lamina

##### 3.4.4.2.1 Kadar Air (KA)

Contoh uji bambu lamina berukuran (10 × 10) cm ditimbang bobot awalnya (BB) menggunakan neraca digital, selanjutnya dioven selama 24 jam pada suhu  $103 \pm 2$  °C. Setelah pengovenan contoh uji diletakkan dalam desikator selama 20 menit selanjutnya timbang bobot kering tanur (BKT) nya. Sampel kembali dioven selama tiga jam dengan perlakuan yang sama sampai didapatkan bobot yang konstan. Nilai kadar air (KA) didapatkan melalui perhitungan :



$$KA = \frac{BB - BKO}{BKO} \times 100\%$$

Keterangan:

- BB = Bobot awal (gram)  
 BKO = Bobot kering oven (gram)  
 KA = Kadar air (%)

### 3.4.4.2.2 Kerapatan

Penentuan kerapatan venir bambu lamina menggunakan contoh uji dengan ukuran  $10 \times 10$  (cm). Contoh uji tersebut ditimbang bobot kering udara (BKU) nya serta dimensi panjang, lebar dan tebalnya. Nilai kerapatan dihitung berdasarkan rumus :

$$\rho = \frac{BKU}{p \times l \times t}$$

Keterangan :

- BKU = Bobot kering udara (gram)  
 p = Dimensi panjang (cm)  
 l = Dimensi lebar (cm)  
 t = Dimensi tebal (cm)  
 $\rho$  = Kerapatan (gram/cm<sup>3</sup>)

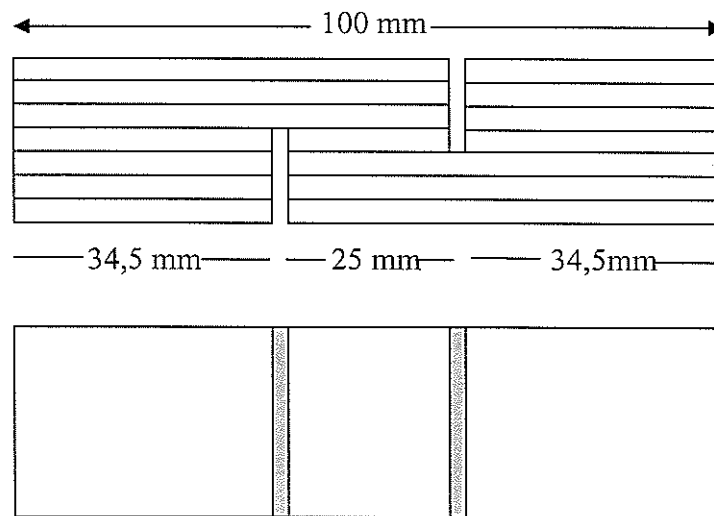
### 3.4.4.2.3 Keteguhan Rekat

Pengujian keteguhan rekat menggunakan alat UTM merk *Lohmann* menggunakan contoh uji dalam kondisi kering dan basah (uji siklis) seperti pada Gambar 4. Nilai keteguhan rekat didapatkan melalui perhitungan :

$$KGT = \frac{B}{PL}$$

Keterangan :

- KGT = Keteguhan geser tarik (kg/cm<sup>2</sup>)  
 P = Panjang bidang geser (cm)  
 L = Lebar bidang geser (cm)  
 B = Beban Tarik (kg)



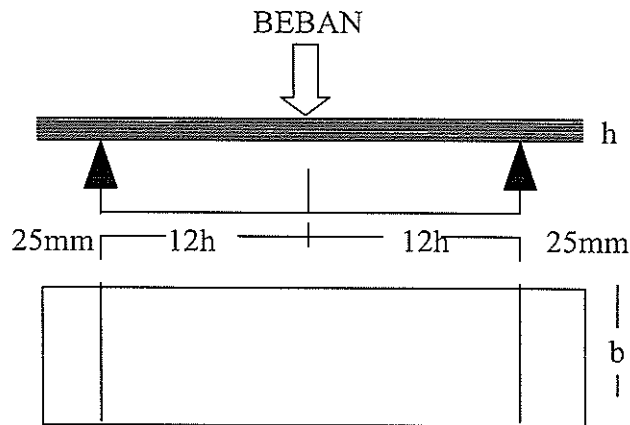
Gambar 5 Contoh uji keteguhan rekat internal sejajar serat.

Untuk keteguhan rekat uji basah, contoh uji diberi tambahan perlakuan yaitu dengan merebusnya dalam penangas air pada suhu  $100^{\circ}\text{C}$  selama 4 jam. Setelah 4 jam, contoh uji tersebut kemudian dikeringkan menggunakan oven bersuhu  $60^{\circ}\text{C}$  selama 24 jam. Selanjutnya contoh uji direbus kembali selama 4 jam lalu direndam dalam air dingin hingga mencapai suhu kamar. Dalam keadaan basah tersebut selanjutnya dilakukan pengujian yang sama dengan keteguhan rekat uji kering.

#### 3.4.4.2.4 Keteguhan Lentur (*Modulus of Elasticity*) dan Keteguhan Patah (*Modulus of Rupture*)

Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai keteguhan lentur (MOE) dan keteguhan patah (MOR) venir bambu lamina. Besarnya nilai MOE mengindikasikan bahwa suatu bahan bersifat kaku (susah dilenturkan), sedangkan MOR adalah nilai besarnya pembebanan lentur maksimal yang menyebabkan contoh uji patah (Noermalicha, 2001).

Pengujian MOE dan MOR ini menggunakan contoh uji berukuran  $50\text{ mm} \times (50\text{ mm} + 24h\text{ mm})$ , dimana  $h$  adalah tebal venir bambu lamina yang akan diuji (SNI, 2000). Kedua ujung contoh uji diletakkan pada bentang penyangga dan beban diletakkan di tengah bentang. Laju pembebanan tidak melebihi  $20\text{ kg/cm}^2$  per menit, pengujian menggunakan UTM merk *Lohmann*.



Gambar 6 Pengujian keteguhan lentur (MOE) dan keteguhan patah (MOR).

Nilai keteguhan lentur statis berupa modulus elastisitas (MOE) dan modulus patah (MOR) dihitung menggunakan rumus :

$$MOE = \frac{Pl^3}{4Ybh^3}$$

$$MOR = \frac{3Pml}{2bh^2}$$

Keterangan :

- MOE = Modulus elastisitas (kg/cm<sup>2</sup>)
- MOR = Modulus patah (kg/cm<sup>2</sup>)
- P = Beban sampai batas proporsional
- Pm = Beban maksimal (kg)
- Y = Defleksi
- b = Lebar contoh uji (cm)
- h = Tebal contoh uji (cm)
- l = Panjang bentang

#### 3.4.4.2.5 Delaminasi

Uji delaminasi venir bambu lamina dilakukan menggunakan contoh uji berukuran (10 × 10) cm, direndam selama 4 jam dalam *waterbath* dengan suhu 100°C. Setelah perendaman contoh uji dioven selama 20 jam pada suhu 60°C. Contoh uji diamati dan diukur panjang, lebar, dan kedalaman dari bagian yang terkelupas (delaminasi).





## BAB IV

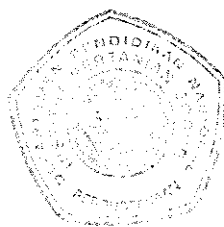
### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Karakteristik Bambu

Penelitian ini menggunakan bahan baku berupa bambu tali (*Gigantochloa apus* (J.A. & J.H. Schultes) Kurz). Bambu ini kemudian dianyam membentuk lembaran sesuai kebutuhan, yakni berupa lembaran bambu sejajar dan lembaran bambu anyaman. Berdasarkan pengukuran sifat fisis yang telah dilakukan maka didapat kadar air lembaran bambu sejajar berkisar antara 6-7% dan kadar air lembaran bambu anyaman berkisar antara 7-8%. Kerapatan lembaran bambu sejajar sebesar 0,26 g/cm<sup>3</sup> dan kerapatan anyaman bambu anyaman sebesar 0,35 g/cm<sup>3</sup>.

#### 4.2. Karakteristik Perekat Fenol Formaldehida

Perekat yang digunakan adalah fenol formaldehida (PF). Perekat PF yang digunakan dibuat dengan mereaksikan fenol dengan formaldehida 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 dan Santoso, 1990). 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 karena terdapat nilai yang berada di luar batas yang ditentukan.

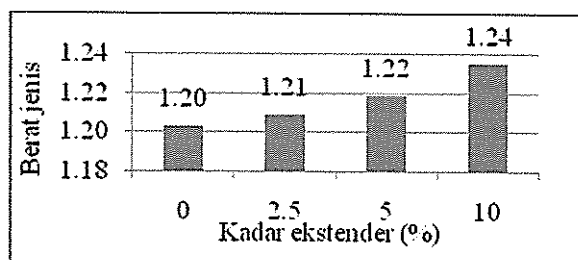


Tabel 1 Karakteristik Perekat Fenol Formaldehida

Parameter Uji	Kadar Ekstender (%)	Nilai	
		Standar SNI	Hasil Pengujian
Berat Jenis	0	1,165 – 1,2	1,20
	2,5	-	1,21
	5	-	1,22
	10	-	1,24
Derajat Keasaman (pH)	0	10,0 – 13,0	11
	2,5	-	11
	5	-	11
	10	-	11
Kekentalan (poise)	0	1,3 – 3,0	3,20
	2,5	-	4,40
	5	-	7,80
	10	-	11,50
Kadar Padatan	0	40 – 45	48,99
	2,5	-	49,50
	5	-	52,39
	10	-	57,46

#### 4.2.1 Berat Jenis

Berdasarkan nilai pengujian, berat jenis perekat PF yang dibuat dengan kadar ekstender 0% memenuhi standar yang ditetapkan oleh SNI dimana nilai BJ mencapai batas maksimum yang ditetapkan yakni sebesar 1,2. Sementara itu, perekat dengan penambahan kadar ekstender 2,5%, 5%, dan 10% memiliki BJ yang lebih tinggi sehingga terjadi kecenderungan bahwa semakin banyak ekstender yang ditambahkan maka akan semakin tinggi pula BJ (Gambar 7).



Gambar 7 Hubungan kadar ekstender dengan berat jenis.

### 4.2.2 Derajat Keasaman

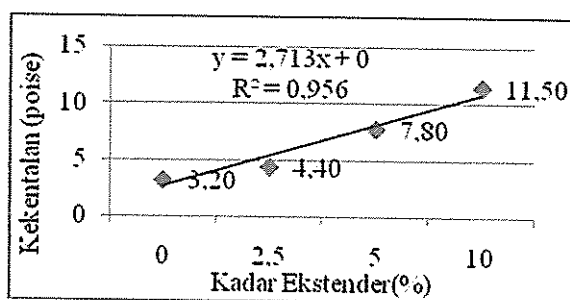
Derajat keasaman atau pH perekat PF yang digunakan ternyata tidak berbeda untuk keseluruhan penambahan kadar ekstender. Derajat keasaman pada ekstender 0% hingga ekstender 10% memiliki nilai yang sama yaitu 11. Nilai ini memenuhi standar yang ditetapkan oleh SNI dimana kisarannya antara 10,0-13,0. Hal ini menunjukkan bahwa perekat PF yang digunakan memiliki sifat basa.

### 4.2.3 Kekentalan Perekat

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, didapat nilai kekentalan perekat yang semakin meningkat sesuai dengan penambahan ekstendernya. Nilai yang diperoleh berkisar antara 3,20 poise hingga 11,50 poise. Perekat Phenol Formaldehida kontrol (0% ekstender) memiliki nilai kekentalan terendah, sedangkan nilai kekentalan tertinggi dicapai pada pemakaian ekstender 10%.

Kecenderungan kenaikan kekentalan akibat pemakaian ekstender pada perekat Fenol Formaldehida disajikan pada Gambar 8. Fenomena ini sejalan dengan hasil penelitian terdahulu dimana semakin banyak kadar ekstender yang ditambahkan maka akan semakin tinggi pula kekentalannya (Memed *et al.* 1990). Kenaikan ini disinyalir akibat kandungan protein dan amilose yang terdapat di dalam tepung terigu yang berperan sebagai ekstendernya (Memed dan Santoso, 1990). Namun ramuan perekat PF yang menggunakan seluruh kadar ekstender tersebut tidak perlu diberi penambahan air karena kekentalannya < 15 poise (Kliwon dan Iskandar, 2008).

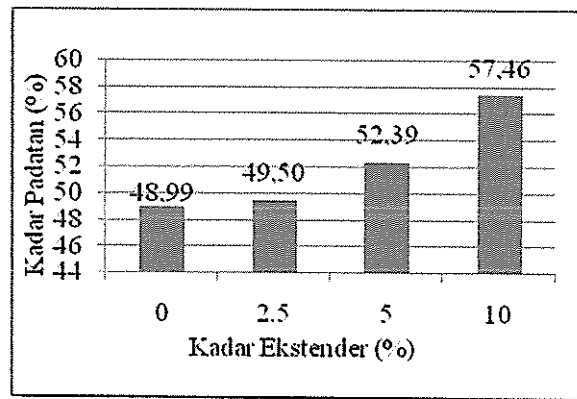
Berdasarkan perhitungan sidik regresi (Gambar 8) hubungan kadar ekstender dengan kekentalan perekat dapat dinyatakan dengan persamaan regresi linear.



Gambar 8 Hubungan kadar ekstender dengan kekentalan perekat.

#### 4.2.4 Kadar Padatan (*Solid content*)

Kadar padat dari suatu perekat menunjukkan banyaknya perekat yang masih tersisa setelah dilakukan penguapan dalam oven dengan suhu  $130 \pm 2^\circ\text{C}$ . Pada Gambar 9 terlihat bahwa perekat PF yang digunakan memiliki kadar padatan berkisar antara 48,99% hingga 57,46% dari empat tipe kadar ekstender yang digunakan dengan rata-rata sebesar 52,09%. Semakin tinggi jumlah ekstender yang ditambahkan ke dalam perekat akan semakin tinggi pula kadar padatan pada perekat tersebut. Pembuktian kecenderungan ini terlihat pada Tabel 2 dimana kadar ekstender 0% berpengaruh sangat nyata terhadap kadar padatan perekat PF.



Gambar 9 Hubungan kadar ekstender dengan kadar padatan.

Tabel 2 Analisis ragam kadar padatan perekat

	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	1	43,57	43,57	51,98	0,019
Residual	2	1,68	0,84		
Total	3	45,24			

Kliwon dan Iskandar (2008) menyebutkan bahwa standar kadar padatan dari perekat jenis PF sebesar 40-45 (%). Dengan demikian perekat PF yang diteliti memiliki nilai kadar padatan yang lebih tinggi, yang mengindikasikan bahwa PF yang digunakan terpolimerisasi sempurna.

### 4.3 Kualitas Panil Venir Bambu Lamina

Panil venir bambu lamina yang dihasilkan memiliki dimensi panjang dan lebar  $\pm 40$  cm dan tebal sekitar 0,87-1,1 (cm). Pengujian yang dilakukan terhadap panil venir bambu tersebut yakni sifat fisis yang meliputi kadar air dan kerapatan, serta sifat mekanis meliputi keteguhan rekat sejajar serat, modulus lentur sejajar serat, modulus patah sejajar serat, serta delaminasi. Secara lebih rinci, hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 3 di bawah ini :

Tabel 3 Hasil uji rata-rata sifat fisis mekanis venir bambu lamina

Waktu (menit)	Kadar Ekstender (%)	Sifat Fisis dan Mekanis						
		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 :

KA = Kadar air

$\rho$  = Kerapatan

MOE = Modulus of elasticity (modulus lentur)

MOR = Modulus of reapture (modulus patah)

BS-K = Bonding strength-kering (keteguhan rekat sampel kering)

BS-B = Bonding strength-basah (keteguhan rekat sampel basah)

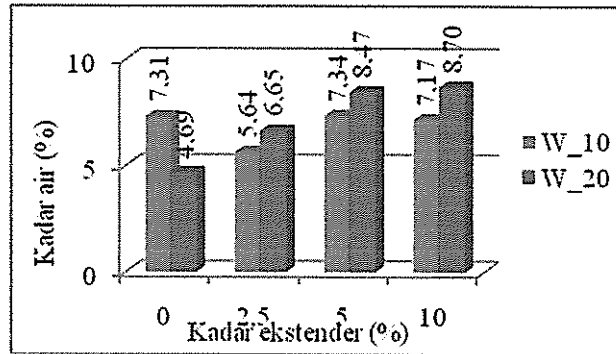
D = Delaminasi

#### 4.3.1 Sifat Fisis

##### 4.3.1.1 Kadar Air

Sesuai dengan sifat bambu yang higroskopis, maka bambu dapat dengan mudah menyesuaikan kadar air dengan lingkungannya. Kadar air merupakan jumlah banyaknya air yang mampu diserap oleh venir bambu lamina terhadap berat kering ovennya setelah dilakukan pengeringan dalam oven pada suhu  $103 \pm 2^\circ\text{C}$ . Setelah didinginkan dalam desikator lalu ditimbang. Pengeringan dan penimbangan contoh dilakukan sampai beratnya tetap (SNI, 2000). Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan (Gambar 10) nilai kadar air yang dimiliki venir

bambu lamina dengan lama kempa 10 menit berkisar antara 5,64-7,34% dengan rata-rata sebesar 6,87%. Sementara itu, kadar air venir bambu lamina pengempaan 20 menit berkisar antara 4,69-8,70% dengan rata-rata 7,0%.



Gambar 10 Histogram nilai kadar air venir bambu lamina.

Gambar 10 menunjukkan bahwa venir bambu lamina dengan waktu kempa 20 menit dan ekstender 0% memiliki nilai kadar air terendah sedangkan venir bambu lamina dengan waktu kempa 20 menit dan ekstender 10% memiliki nilai kadar air tertinggi. Badan standardisasi SNI menetapkan nilai kadar air produk panil kayu yang dijadikan acuan adalah  $< 14\%$ . Berdasarkan literature ini maka semua panil venir bambu lamina dengan variasi waktu kempa dan kadar ekstender telah memenuhi standar yang ditetapkan.

Untuk mengetahui pengaruh perlakuan lamanya waktu pengempaan dan penambahan kadar ekstender terhadap kadar air venir bambu lamina, maka dilakukan analisis keragaman (ANOVA) dengan menggunakan selang kepercayaan 95% dan 99%. Hasil analisis ragam untuk nilai kadar air menunjukkan bahwa interaksi waktu kempa dan kadar ekstender berpengaruh sangat nyata terhadap kadar air venir bambu lamina (Tabel 4).

Tabel 4 Analisis ragam kadar air venir bambu lamina

Sumber	DB	JK	KT	Fhit	Ftabel	
					5%	1%
Waktu kempa	1	0,41	0,41	0,39 <sup>tn</sup>	4,49	8,53
Kadar ekstender	3	20,58	6,86	6,51 <sup>**</sup>	3,24	5,29
Waktu kempa kadar ekstender	3	16,77	5,59	5,30 <sup>**</sup>	3,24	5,29
Galat	16	16,87	1,05			
Total	23	54,63				

Keterangan :

DB : Derajat Bebas  
\* : nyata

JK : Jumlah Kuadrat  
\*\* : sangat nyata

KT : Kuadrat Tengah  
tn : tidak nyata

Selanjutnya dilakukan uji Duncan (Lampiran 2) guna membandingkan kadar air berdasarkan waktu kempa dan kadar ekstendernya. Venir bambu lamina dengan waktu kempa 20 menit tidak berbeda nyata dengan waktu kempa 10 menit. Sedangkan untuk venir bambu lamina dengan kadar ekstender 10% dan 5% berbeda nyata dengan kadar ekstender 2,5% dan 0%.

Berdasarkan uji lanjut interaksi kedua faktor perlakuan pada panil dengan waktu kempa 20 menit dan kadar ekstender 10% adalah yang terbaik dan memenuhi persyaratan standar SNI (2000) untuk produk LVL, dan berbeda nyata dengan panil yang dikempa dalam waktu 20 menit berkadar 2,5% dan 0%.

#### 4.3.1.2 Kerapatan

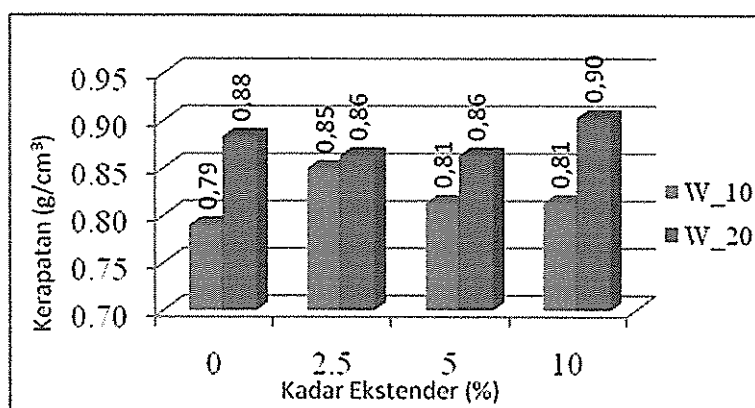
Kerapatan (*density*) merupakan perbandingan antara massa kayu dengan volumenya pada saat kering udara (Haygreen dan Bowyer, 1993). Kerapatan pada bambu lamina bergantung pada faktor kerapatan venir yang menyusunnya, jenis perekat dan besarnya kadar air (Syilviani *et al.* 2002).

Berdasarkan hasil pengujian, nilai kerapatan venir bambu lamina berkisar antara 0,79 – 0,90 ( $\text{g/cm}^3$ ) dengan rata-rata 0,85  $\text{g/cm}^3$ . 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%.

Pada Gambar 11 terlihat bahwa nilai kerapatan yang dimiliki venir bambu lamina mengalami peningkatan pada pengempaan selama 10 menit dengan kadar ekstender 2,5%. Namun hal ini tidak berlaku seterusnya karena terjadi penurunan kerapatan pada waktu kempa 10 menit dengan kadar ekstender 5%, dimana kerapatan sebelumnya sebesar 0,85  $\text{g/cm}^3$  turun menjadi 0,81  $\text{g/cm}^3$ . Pola yang sama terlihat pula pada kadar ekstender 10%.

Kerapatan venir bambu lamina dengan waktu kempa 20 menit juga mengalami fluktuasi seperti halnya pada waktu kempa 10 menit. Venir bambu lamina dengan kadar ekstender 0% memiliki kerapatan 0,88  $\text{g/cm}^3$  dan selanjutnya menjadi 0,86% pada kadar ekstender 2,5% dan 5%. Nilai kerapatan ini kembali naik pada kadar ekstender 10% yakni sebesar 0,9  $\text{g/cm}^3$ .





Gambar 11 Histogram nilai kerapatan venir bambu lamina.

Untuk mengetahui pengaruh perlakuan lamanya waktu pengempaan dan penambahan kadar ekstender terhadap kerapatan venir bambu lamina, maka dilakukan analisis keragaman (ANOVA) dengan menggunakan selang kepercayaan 95% dan 99%. Hasil analisis ragam untuk nilai kerapatan disajikan dalam Tabel 5. Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa waktu kempa berpengaruh sangat nyata terhadap kerapatan venir bambu lamina pada selang kepercayaan 99%, 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 pada selang kepercayaan 95%.

Tabel 5 Analisis ragam kerapatan venir bambu lamina

Sumber	DB	JK	KT	Fhit	Ftabel	
					5%	1%
Waktu kempa	1	0,02	0,02	44,52**	4,49	8,53
Kadar ekstender	3	0,00	0,00	1,57 <sup>tn</sup>	3,24	5,29
Waktu kempa kadar ekstender	3	0,01	0,00	4,17*	3,24	5,29
Galat	16	0,00	0,00			
Total	23	0,04				

Keterangan :

DB : Derajat Bebas

JK : Jumlah Kuadrat

KT : Kuadrat Tengah

\* : nyata

\*\* : sangat nyata

<sup>tn</sup> : tidak nyata

Berdasarkan hasil uji lanjut Duncan (Lampiran 3) untuk variabel waktu kempa terlihat 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 menandakan bahwa



semakin lama waktu kempa maka ikatan yang terjadi antara perekat dengan venir bambu lamina akan semakin kuat.

Pada uji lanjut Duncan untuk mengetahui interaksi antara waktu kempa dan kadar ekstender perekat terhadap kerapatan venir bambu lamina 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 2,5% dan 5%. Sutigno (2000) menyebutkan bahwa penambahan ekstender ke dalam perekat akan mengurangi jumlah perekat persatuan luasnya. Berdasarkan hal tersebut, maka penggunaan venir bambu lamina dengan waktu kempa 20 menit dan kadar ekstender 10% disarankan untuk pemanfaatan selanjutnya karena memiliki nilai kerapatan tertinggi dan hemat dalam penggunaan perekat.

#### 4.3.2 Sifat Mekanis

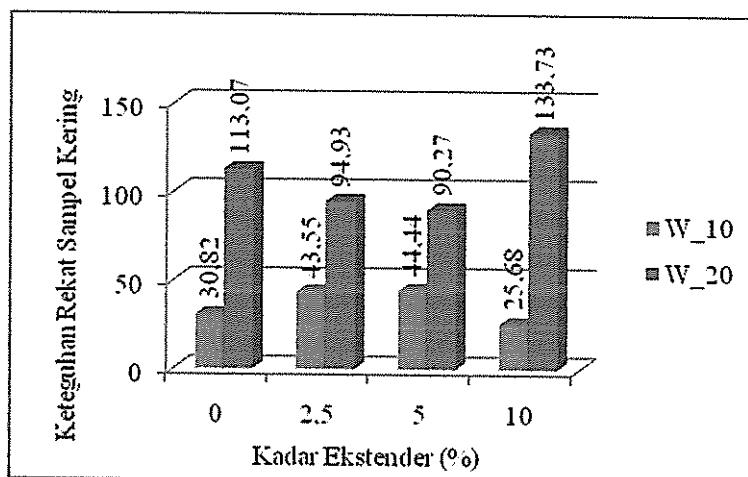
##### 4.3.2.1 Keteguhan Rekat Sampel Kering

Keteguhan rekat merupakan parameter untuk mengetahui kekuatan perekatan yang terjadi antar bahan yang direkat per satuan luas. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, maka nilai keteguhan rekat sampel kering venir bambu lamina berkisar antara 25,68 – 133,73 ( $\text{kg/cm}^2$ ) dengan rata-rata 72,06  $\text{kg/cm}^2$ . 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 dan kadar ekstender 10% (Gambar 12).

Berpedoman pada hasil penelitian bambu lamina dari jenis bambu andong 3 lapis bagian pangkal dan bambu betung yang masing-masing nilai keteguhan rekatnya rata-rata 51,49  $\text{kg/cm}^2$  dan 107,68  $\text{kg/cm}^2$  (Sulastiningsih *et al.* 1996 dan 1998) maka nilai keteguhan rekatnya menunjukkan nilai yang lebih rendah dari LVB tali 20 menit (90,27-133,73  $\text{kg/cm}^2$ ).

Bila dibandingkan dengan produk lamina campuran jenis kayu (jati-meranti merah, jati-kapur, meranti merah-kapur) hasil penelitian Karnasudirdja (1989) yang menggunakan perekat Fenol Resorsinol Formaldehida (PRF) dengan kisaran antara 51-96  $\text{kg/cm}^2$ , keteguhan rekat produk LVB ini

sebahagian besar lebih tinggi. Demikian pula bila dibandingkan dengan produk kayu lamina dari 1 jenis kayu (kapur, meranti merah, dan jati) yang berkisar antara 36-108 kg/cm<sup>2</sup> (Karnasudirdja, 1989).



Gambar 12 Histogram nilai keteguhan rekat sampel kering venir bambu lamina.

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 (2000) dicapai pada bambu lamina dengan waktu 10 menit dan kadar ekstender 5% yang memiliki nilai keteguhan rekat 44,44 kg/cm<sup>2</sup>.

Untuk mengetahui pengaruh perlakuan lamanya waktu pengempaan dan penambahan kadar ekstender terhadap keteguhan rekat venir bambu lamina, maka dilakukan analisis keragaman (ANOVA) dengan menggunakan selang kepercayaan 95% dan 99%. Hasil analisis ragam untuk nilai keteguhan rekat disajikan dalam Tabel 6.

Tabel 6 Analisis ragam keteguhan rekat sampel kering venir bambu lamina

Sumber	DB	JK	KT	Fhit	Ftabel	
					5%	1%
Waktu kempa	1	30.998,97	30.998,97	81,71 <sup>**</sup>	4,49	8,53
Kadar ekstender	3	531,73	177,24	0,47 <sup>m</sup>	3,24	5,29
Waktu kempa kadar ekstender	3	3.771,78	1.257,26	3,31 <sup>*</sup>	3,24	5,29
Galat	16	6.070,31	379,39			
Total	23	41.372,80				

Keterangan :

DB : Derajat Bebas

JK : Jumlah Kuadrat

KT : Kuadrat Tengah

\* : nyata

\*\* : sangat nyata

m : tidak nyata

Berdasarkan tabel tersebut, 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.

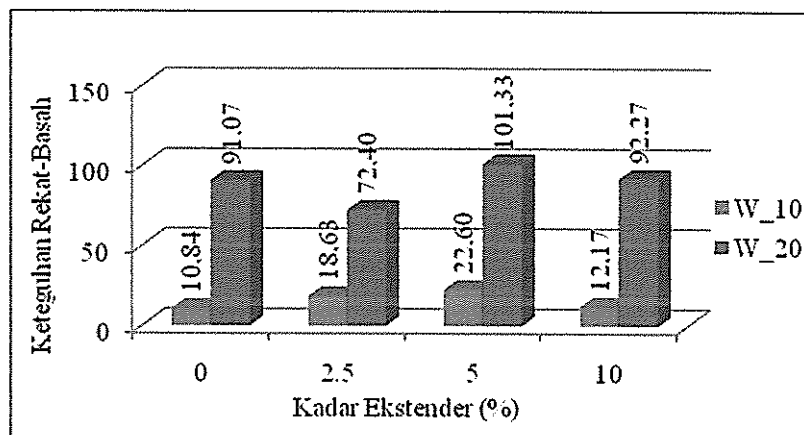
Menurut uji lanjut Duncan (Lampiran 4) interaksi antara kedua perlakuan di atas menunjukkan panil yang dikempa dengan waktu 20 menit dengan kadar ekstender 10% berbeda nyata dengan produk yang dikempa 10 menit dan berkadar 5% serta 10%, dengan nilai keteguhan rekat berturut-turut 133,73 kg/cm<sup>2</sup>, 44,44 kg/cm<sup>2</sup>, dan 25,68 kg/cm<sup>2</sup>.

#### 4.3.2.2 Keteguhan Rekat Sampel Basah

Parameter pengujian selanjutnya adalah keteguhan rekat sampel basah. Gambar 13 memperlihatkan nilai rata-rata keteguhan rekat pada setiap waktu kempa dan kadar ekstender yang diuji. Dari pengujian, nilai keteguhan rekat venir bambu lamina berkisar antara 10,84-101,33 (kg/cm<sup>2</sup>) dengan rata-rata 52,66 kg/cm<sup>2</sup>. 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 LVB 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).

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  $33,49 \text{ kg/cm}^2$  dan  $57,26 \text{ kg/cm}^2$  (Sulastiningsih *et al.* 1996 dan 1998) maka nilai penelitian tersebut lebih rendah dari LVB tali pengempaan 20 menit ( $72,4\text{-}101,33 \text{ kg/cm}^2$ ).



Gambar 13 Histogram nilai keteguhan rekat sampel basah venir bambu lamina.

Untuk mengetahui pengaruh perlakuan waktu pengempaan dan penambahan kadar ekstender terhadap keteguhan rekat venir bambu lamina, maka dilakukan analisis keragaman (ANOVA) dengan menggunakan selang kepercayaan 95% dan 99% yang hasilnya tercantum pada Tabel 7.

Tabel 7 Analisis ragam keteguhan rekat sampel basah venir bambu lamina

Sumber	DB	JK	KT	Fhit	Ftabel	
					5%	1%
Waktu kempa	1	32.157,49	32.157,49	74,11 <sup>**</sup>	4,49	8,53
Kadar ekstender	3	844,82	281,61	0,65 <sup>tn</sup>	3,24	5,29
Waktu kempa kadar ekstender	3	757,57	252,52	0,58 <sup>tn</sup>	3,24	5,29
Galat	16	6.942,34	433,90			
Total	23	40.702,22				

Keterangan :

DB : Derajat Bebas

JK : Jumlah Kuadrat

KT : Kuadrat Tengah

\* : nyata

\*\* : sangat nyata

tn : tidak nyata

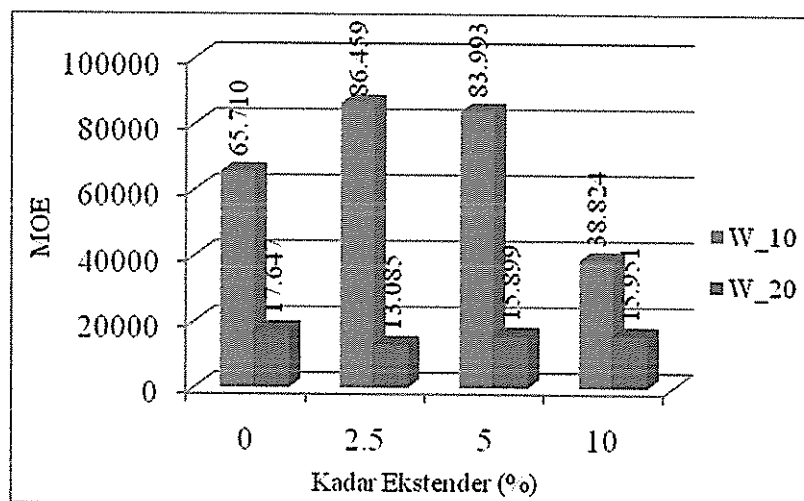
Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa waktu kempa berpengaruh sangat nyata terhadap keteguhan rekat venir bambu lamina. Kadar ekstender dan interaksi dari kedua faktor perlakuan tidak berpengaruh nyata terhadap keteguhan rekat venir bambu lamina.

Selanjutnya berdasarkan uji Duncan (Lampiran 5) diketahui bahwa venir bambu lamina dengan waktu kempa 20 menit berbeda nyata dengan 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%.

#### 4.3.2.3 Keteguhan Lentur (MOE)

Keteguhan lentur merupakan ukuran kemampuan suatu bahan atau material untuk mempertahankan perubahan bentuk akibat beban yang mengenainya. Nilai 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>. Nilai keteguhan lentur bambu lamina berdasarkan perlakuan waktu pengempaan dan kadar ekstender perekat ditunjukkan dalam Gambar 14.



Gambar 14 Histogram nilai keteguhan lentur (MOE) venir bambu lamina.

Bila dibandingkan dengan hasil penelitian bambu lamina dari jenis bambu andong 3 lapis bagian pangkal dan bambu betung yang masing-masing nilai keteguhan lenturnya 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 venir bambu lamina lainnya.

Hasil analisis ragam (ANOVA) selang kepercayaan 95% dan 99% pada Tabel 8 menunjukkan bahwa waktu kempa memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap MOE venir bambu lamina, sedangkan kadar ekstender justru sebaliknya dimana terlihat 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 pada selang kepercayaan 95%.

Tabel 8 Analisis ragam keteguhan lentur (MOE) venir bambu lamina

Sumber	DB	JK	KT	Fhit	Ftabel	
					5%	1%
Waktu kempa	1	16.918.450.668	16.918.450.668	60,50 <sup>**</sup>	4,49	8,53
Kadar ekstender	3	2.022.082.979	674.027.660	2,41 <sup>tn</sup>	3,24	5,29
Waktu kempa kadar ekstender	3	2.362.367.111	787.455.704	3,29 <sup>*</sup>	3,24	5,29
Galat	16	4.474.217.994	279.638.625			
Total	23	25.777.118.753				

Keterangan :

DB : Derajat Bebas

JK : Jumlah Kuadrat

KT : Kuadrat Tengah

\* : nyata

\*\* : sangat nyata

tn : tidak nyata

Uji lanjut Duncan (Lampiran 6) menunjukkan venir bambu lamina dengan waktu kempa 10 menit berbeda nyata dengan waktu kempa 20 menit. Sedangkan untuk pengaruh kadar ekstender tidak berbeda nyata antar kadar yang satu dengan yang lainnya. Interaksi dari waktu kempa dan kadar ekstender memberikan pengaruh yang nyata dimana venir bambu lamina dengan waktu kempa 10 menit kadar ekstender 2,5% (MOE = 86.459 kg/cm<sup>2</sup>) berbeda nyata dengan venir bambu lamina waktu kempa 20 menit dengan jumlah kadar yang sama (MOE = 13.085 kg/cm<sup>2</sup>).

Bila berpedoman pada ketentuan SNI (2000), venir bambu lamina dengan waktu kempa 10 menit dan kadar ekstender 2,5% dan 5% setara dengan LVL klasifikasi 80E (SNI 2000) karena memiliki nilai rata-rata 80.000 kg/cm<sup>2</sup> dengan nilai minimum 70.000 kg/cm<sup>2</sup>.

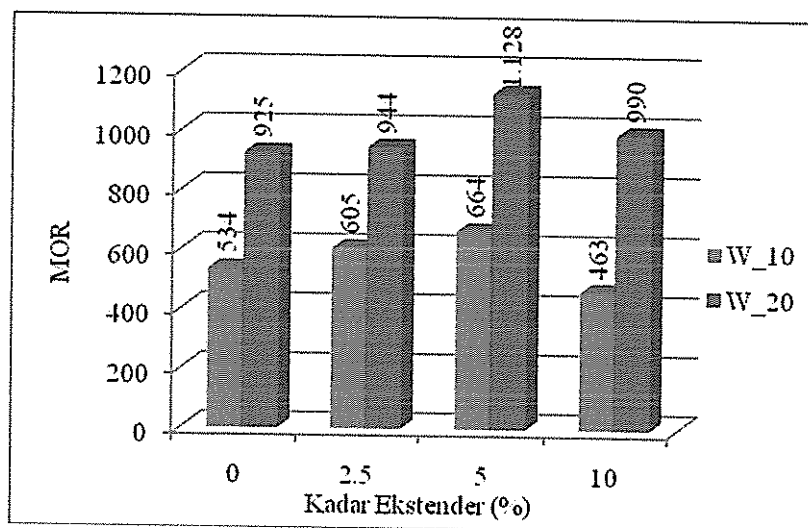
#### 4.3.2.4 Keteguhan Patah (MOR)

Keteguhan patah merupakan nilai yang menunjukkan beban maksimum yang dapat ditahan oleh suatu beban persatuan luas sampai bahan tersebut patah

(Haygreen dan Bowyer, 1993). Nilai MOR venir bambu lamina berkisar antara 463-1.128 kg/cm<sup>2</sup> dengan rata-rata 782 kg/cm<sup>2</sup>. 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 15).

Dibandingkan dengan hasil penelitian bambu lamina dari jenis bambu andong 3 lapis bagian pangkal dan bambu betung yang masing-masing nilai keteguhan patahnya rata-rata 1.111 kg/cm<sup>2</sup> dan 1.031 kg/cm<sup>2</sup> (Sulastiningsih *et al.* 1996 dan 1998), produk LVB yang menggunakan kadar ekstender 5% dan waktu kempa 20 menit setara dengan produk di atas (MOR 1.128 kg/cm<sup>2</sup>).

Pada Gambar 15 terlihat bahwa nilai MOR yang dimiliki venir bambu lamina dengan waktu kempa 10 dan 20 menit mengalami peningkatan mulai dari kadar ekstender 0% hingga 5%, sementara penambahan ekstender di atas 5% mengakibatkan menurunnya nilai MOR.



Gambar 15 Histogram nilai keteguhan patah (MOR) venir bambu lamina.

Bila dibandingkan dengan produk panil jenis kayu lamina hasil penelitian Sylviani *et al.* (2008) dengan perekat PF sebesar 838,8 kg/cm<sup>2</sup>, panil venir bambu lamina hasil penelitian dengan waktu kempa 20 menit memiliki nilai yang jauh lebih besar (925 – 1.128 kg/cm<sup>2</sup>).

Untuk mengetahui pengaruh perlakuan waktu pengempaan dan penambahan kadar ekstender terhadap keteguhan rekat venir bambu lamina,

maka dilakukan analisis keragaman (ANOVA) dengan menggunakan selang kepercayaan 95% dan 99%. Dari Tabel 9 terlihat 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.

Tabel 9 Analisis ragam keteguhan patah (MOR) venir bambu lamina

Sumber	DB	JK	KT	Fhit	Ftabel	
					5%	1%
Waktu kempa	1	1.109.538	1.109.538	82,28 <sup>**</sup>	4,49	8,53
Kadar ekstender	3	113.186	37.729	2,8 <sup>tn</sup>	3,24	5,29
Waktu kempa kadar ekstender	3	30.334	10.111	0,75 <sup>tn</sup>	3,24	5,29
Galat	16	215.768	13.485			
Total	23	1.468.826				

Keterangan :

DB : Derajat Bebas

JK : Jumlah Kuadrat

KT : Kuadrat Tengah

\* : nyata

\*\* : sangat nyata

tn : tidak nyata

Hasil uji lanjut Duncan (Lampiran 7) produk yang dibuat dengan waktu kempa 20 menit berbeda nyata dengan waktu kempa 10 menit. Bila berpedoman kepada SNI (2000) maka produk venir bambu lamina hasil penelitian ini termasuk ke dalam klasifikasi mutu khusus karena rata-rata MOR > 300 kg/cm<sup>2</sup>.

#### 4.3.2.5 Delaminasi

Delaminasi merupakan reaksi pengelupasan venir pada bagian tepi venir lamina. Hasil pengujian delaminasi bambu lamina menunjukkan nilai 0% untuk semua faktor perlakuan. Menurut SNI (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 8,1-12,4 mm dengan jumlah lapisan 5 (Hartadi, 1989) menunjukkan bahwa keteguhan patah venir bambu lamina



(925,76-1128,03 kg/cm<sup>2</sup>) hampir 2 kali lebih tinggi daripada kayu lapis (650-723 kg/cm<sup>2</sup>).

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

Berdasarkan uraian di atas, maka dapat dikemukakan bahwa perekat PF hasil penelitian 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.



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Perekat PF hasil penelitian secara keseluruhan memenuhi persyaratan SNI perekat untuk penggunaan kayu lapis. Pemakaian tepung terigu sebagai ekstender dalam perekat PF tersebut mempengaruhi beberapa karakteristik perekat tersebut meliputi kadar padatan, berat jenis, dan kekentalan.

Aplikasi perekat PF pada pembuatan venir bambu lamina dengan variasi kadar ekstender dan waktu kempa menghasilkan produk dengan karakteristik produk 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 sebaliknya, dimana memberikan pengaruh yang tidak nyata untuk semua parameter yang diukur kecuali pada nilai kadar air. Interaksi dari kedua faktor perlakuan berpengaruh sangat nyata terhadap nilai kadar air panil, berpengaruh nyata terhadap nilai kerapatan, keteguhan rekat sampel kering, dan MOE panil, serta tidak berpengaruh nyata terhadap nilai MOR dan keteguhan rekat sampel basah panil.

Aplikasi perekat tersebut pada venir bambu lamina 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.

#### 5.2. Saran

1. Berdasarkan klasifikasi kelas kuat kayu, produk LVB ini direkomendasikan sebagai pengganti kayu gergajian berupa papan yang penggunaannya antara lain untuk kusen pintu, kusen jendela, dan bingkai jendela.
2. Perlu dilakukan penelitian uji coba dalam skala pilot sebelum dibuat dalam skala industri.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2003. *Japanese Agricultural Standard for Plywood*. Tokyo: The Japan Plywood Inspection Corporation.
- Batubara, R. 2002. *Pemanfaatan Bambu di Indonesia*. USU Digital Library. [20 Mei 2009].
- Dransfield, S dan Widjaya, E.A. 1995. *Plant Resources of South-East Asia No. 7: Bamboos*. Bogor: Yayasan PROSEA.
- Hartadi, K. 1989. *Studi Perbandingan Kekuatan Sifat Fisis, Mekanis, dan Keteguhan Rekat Kayu Lapis dan Venir Lmina Jenis Meranti* [skripsi]. Fahutan, IPB. Bogor.
- Haygreen, J.G dan Bowyer, J.L. 1996. *Hasil Hutan dan Ilmu Kayu: Suatu Pengantar* (terjemahan). Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Houwink, R dan G. Solomon. 1965. *Adhesion and Adhesive*. Vol I & II. Elsevier Publishing Company. Amsterdam.
- 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.
- Karnasudirdja, S. 1989. *Prospek Kayu Indonesia sebagai bahan baku industry kayu lamina*. Makalah pada seminar Glue Laminasi Timber (Glulam), 15 Juni 1989. Dephut. Jakarta.
- Kliwon, S dan M.I. Iskandar. 2008. *Teknologi Kayu Lapis dan Produk Sekundernya*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. Bogor.
- Kurz, S. 1996. *Bamboo and its use*. Ind.For. 1(3):219-362
- Liese W. 1985. *Anatomy of Bamboo*. Di dalam: Prosiding Workshop Bamboo Research in Asia, Singapore 28-30 May 1980. Ottawa: International Development Research Center.
- 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.
- Noermalicha. 2001. *Rekayasa Rancang Bangun Laminasi Lengkungan Bambu*. [tesis]. Sekolah Pasca Sarjana IPB. Institut Pertanian Bogor. Tidak diterbitkan

- Nuriyatin, N. 2000. *Studi Analisa Sifat-Sifat Dasar Bambu Pada Beberapa Tujuan dan Penggunaan* [tesis]. Bogor: Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Oey Djoen Seng. 1961. *Berat Jenis Kayu dari Jenis-jenis Kayu Indonesia dan Pengertian Beratnya Kayu untuk Keperluan Praktek*. Pengumuman No: 1. Lembaga Penelitian Hasil Hutan, Bogor.
- Pizzi, A. 1983. *Wood Adhesives, Chemistry of Technology*. National Timber Research Institute Council for Scientific and Industrial Research. Pretoria South Africa.
- Robertson, J.E. 1974. *Plan Site Observation of Asian Plywood Glue Extenders*. Forest Product Journal 24(11).
- Ruhendi, S., D.N. Koroh, F.A. Syamani, H. Yanti, Nurhaida, S. Saad dan T. Sucipto. 2007. *Analisis Perakatan Kayu*. Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Sastrapraja, S., E.A. Widjaja, S. Prawiroatmodjo dan S. Soenarko. 1977. *Beberapa Jenis Bambu*. Lembaga Biologi Nasional. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Bogor.
- Sharma, S.N. dan Mehra, M.I. 1970. *Variation of Specific Gravity and Tangential Shrinkage in The Wall Thickness of Bamboo and Its Possible Influence on Trend of The Shrinkage Moisturation Content Characteristics*. Indian Forest Buletin 259, 7.
- [SNI] Standar Nasional Indonesia. 1998. *Fenol Formaldehida Cair Untuk Perekat Kayu Lapis*. Badan Standardisasi Nasional. SNI 06-4567-1998. Jakarta.
- [SNI] Standar Nasional Indonesia. 2000. *Kayu Lapis Penggunaan Umum*. Badan Standardisasi Nasional. SNI 01-5008.2-2000. 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 Brushing on Physical and Mechanical Properties of Laminated Bamboo*. Proceedings Pacific Rim Bio-Based Composites Symposium. November 2-5, 1998. Bogor. Indonesia.
- Sulastiningsih I.M., Nurwati, Karnita Y. 2005. *Teknologi Pembuatan Bambu Lamina dan Bambu Lapis*. Di dalam: Prosiding Seminar Hasil Litbang Hasil Hutan 2005; Bogor, 30 November 2005. Bogor: Pusat Litbang Hasil Hutan Badan Litbang Kehutanan Departemen Kehutanan. hlm 131-141.



Sutigno, P dan N. Kamil. 1975. *Kayu Meranti Merah (Shorea leprosula Miq.) Untuk Bahan Kayu Lapis*. Di dalam Laporan No. 146. Bogor: Lembaga Penelitian Hasil Hutan..

Sutigno, P. 2000. *Perekat dan Perekatan*. Pusat Penelitian Hasil Hutan. Bogor.

Sylviani, A. Santoso dan P. Sutigno. 2002. *Profil Sebuah Pabrik Venir Lamina di Jambi*. Info Hasil Hutan 9(1):1-11.

Widjaja, E.A. 1989. *Identikit Jenis-jenis Bambu di Jawa*. Bogor : Balai Penelitian Botani.

Widjaja, E.A. 1998. *State of the art of Indonesian Bamboo*. Proceedings of training Course Cum Workshop 10-17 May 1998, Kunming and Xishuangbanna, Yunnan, China. Pp 176-185.



*@Hak cipta milik IPB University*

**IPB University**

# LAMPIRAN

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



**IPB University**

Bogor Indonesia

Perpustakaan IPB Univ

## Lampiran 1. Data hasil pengujian venir bambu lamina

Waktu (menit)	Kadar Ektender (%)	Ulangan	KA (%)	Kerapatan (g/cm <sup>3</sup> )	Keteguhan Rekat (kg/cm <sup>2</sup> )	MOE (kg/cm <sup>2</sup> )	MOR (kg/cm <sup>2</sup> )	Del (cm)
10	0	1	7,49	0,80	10,01	37.849,22	521,63	0
10	0	2	8,05	0,77	12,14	57.297,40	369,64	0
10	0	3	6,38	0,80	10,36	101.984,06	712,15	0
10	2,5	1	5,03	0,88	21,90	100.451,26	626,01	0
10	2,5	2	5,69	0,83	18,77	82.915,93	604,95	0
10	2,5	3	5,20	0,84	15,21	76.012,62	585,76	0
10	5	1	6,30	0,83	23,04	103.183,06	761,18	0
10	5	2	8,50	0,82	23,13	82.741,85	620,47	0
10	5	3	7,23	0,79	21,63	66.055,86	613,15	0
10	10	1	7,33	0,83	13,47	65.278,35	569,38	0
10	10	2	7,13	0,82	11,07	16.255,66	331,17	0
10	10	3	7,05	0,79	11,96	34.940,60	490,57	0
20	0	1	5,80	0,89	104,00	22.252,98	1.094,99	0
20	0	2	3,98	0,88	108,00	15.658,67	955,19	0
20	0	3	4,30	0,88	61,20	15.030,93	727,09	0
20	2,5	1	5,00	0,87	103,20	10.597,88	896,26	0
20	2,5	2	5,99	0,83	64,00	18.522,43	1.070,65	0
20	2,5	3	8,95	0,89	50,00	10.135,55	866,88	0
20	5	1	9,30	0,87	122,00	16.406,84	1.174,81	0
20	5	2	8,15	0,84	64,00	16.385,91	1.032,42	0
20	5	3	7,96	0,88	118,00	14.905,32	1.176,86	0
20	10	1	8,22	0,92	92,80	15.801,14	942,65	0
20	10	2	8,43	0,87	123,20	15.739,72	1.048,21	0
20	10	3	9,45	0,92	60,80	16.313,61	980,38	0

@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

## Lampiran 2. Faktorial Uji Kadar Air

KADAR AIR  
The GLM Procedure  
Class Level Information

Class	Levels	Values
kadar	4	0 2.5 5 10
waktu	2	10 20

Number of Observations Read 24

Number of Observations Used 24

KADAR AIR  
The GLM Procedure

Dependent Variable: respon

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	37.76029583	5.39432798	5.12	0.0033
Error	16	16.86746667	1.05421667		
Corrected Total	23	54.62776250			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	respon Mean
0.691229	14.67573	1.026751	6.996250

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Kadar	3	20.58054583	6.86018194	6.51	0.0044
Waktu	1	0.41343750	0.41343750	0.39	0.5400
kadar*waktu	3	16.76631250	5.58877083	5.30	0.0099

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Kadar	3	20.58054583	6.86018194	6.51	0.0044
Waktu	1	0.41343750	0.41343750	0.39	0.5400
kadar*waktu	3	16.76631250	5.58877083	5.30	0.0099

@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Means with the same letter  
are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	Kadar
A	7.9350	6	10
A	7.9067	6	5
B	6.1433	6	2.5
B	6.0000	6	0

Means with the same letter  
are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	Waktu
A	7.1275	12	20
A	6.8650	12	10

KADAR AIR  
The GLM Procedure

Level of kadar	Level of waktu	N	Respon	
			Mean	Std Dev
0	10	3	7.30666667	0.84996078
0	20	3	4.69333333	0.97166524
2.5	10	3	5.64000000	0.58660038
2.5	20	3	6.64666667	2.05524532
5	10	3	7.34333333	1.10437011
5	20	3	8.47000000	0.72505172
10	10	3	7.17000000	0.14422205
10	20	3	8.70000000	0.65795137

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	Perlakuan
A	8.7000	3	20*10
B	8.4700	3	20*5
B	7.3433	3	10*5
B	7.3067	3	10*0
B	7.1700	3	10*10
B	6.6467	3	20*2.5
D	5.6400	3	10*2.5
D	4.6933	3	20*0

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



## Lampiran 3. Faktorial Uji Kerapatan

The GLM Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
Waktu	2	10 20
Kadar	4	0 2.5 5 10
Number of Observations Read		24
Number of Observations Used		24

The GLM Procedure

Dependent Variable: respon (output ANOVA)

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	0.03165000	0.00452143	8.82	0.0002
Error	16	0.00820000	0.00051250		
Corrected Total	23	0.03985000			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	respon Mean
0.794228	2.671205	0.022638	0.847500

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Waktu	1	0.02281667	0.02281667	44.52	<.0001
Kadar	3	0.00241667	0.00080556	1.57	0.2351
waktu*kadar	3	0.00641667	0.00213889	4.17	0.0232

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Waktu	1	0.02281667	0.02281667	44.52	<.0001
Kadar	3	0.00241667	0.00080556	1.57	0.2351
waktu*kadar	3	0.00641667	0.00213889	4.17	0.0232

@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Means with the same letter  
are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	waktu
A	0.878333	12	20
B	0.816667	12	10

Means with the same letter  
are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	kadar
A	0.85833	6	10
A			
A	0.85667	6	2.5
A			
A	0.83833	6	5
A			
A	0.83667	6	0

#### The GLM Procedure

Level of waktu	Level of kadar	N	respon	
			Mean	Std Dev
10	0	3	0.79000000	0.01732051
10	2.5	3	0.85000000	0.02645751
10	5	3	0.81333333	0.02081666
10	10	3	0.81333333	0.02081666
20	0	3	0.88333333	0.00577350
20	2.5	3	0.86333333	0.03055050
20	5	3	0.86333333	0.02081666
20	10	3	0.90333333	0.02886751

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	perlakuan
A	0.90333	3	20*10
B	0.88333	3	20*0
B	0.86333	3	20*2.5
B	0.86333	3	20*5
B	0.85000	3	10*2.5
D	0.81333	3	10*10
D	0.81333	3	10*5
D	0.79000	3	10*0

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



## Lampiran 4. Faktorial Uji Keteguhan Rekat Sampel Kering

KETEGUHAN TARIK SAMPEL KERING  
The GLM Procedure

## Class Level Information

Class	Levels	Values
Waktu	2	10 20
kadar	4	0 2.5 5 10

Number of Observations Read 24

Number of Observations Used 24

KETEGUHAN TARIK SAMPEL KERING  
The GLM Procedure

Dependent Variable: respon

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	35302.48572	5043.21225	13.29	<.0001
Error	16	6070.31027	379.39439		
Corrected Total	23	41372.79598			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	respon Mean
0.853278	27.03001	19.47805	72.06083

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Waktu	1	30998.96882	30998.96882	81.71	<.0001
Kadar	3	531.73445	177.24482	0.47	0.7093
waktu*kadar	3	3771.78245	1257.26082	3.31	0.0469

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Waktu	1	30998.96882	30998.96882	81.71	<.0001
Kadar	3	531.73445	177.24482	0.47	0.7093
waktu*kadar	3	3771.78245	1257.26082	3.31	0.0469

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Means with the same letter  
are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	Waktu
A	108.000	12	20
B	36.122	12	10

Means with the same letter  
are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	Kadar
A	79.71	6	10
A	71.94	6	0
A	69.24	6	2.5
A	67.35	6	5

KETEGUHAN TARIK SAMPEL KERING  
The GLM Procedure

Level of waktu	Level of kadar	N	Respon	
			Mean	Std Dev
10	0	3	30.816667	5.5010938
10	2.5	3	43.550000	13.5348698
10	5	3	44.436667	6.8304124
10	10	3	25.683333	4.3946028
20	0	3	113.066667	3.3545988
20	2.5	3	94.933333	48.1768963
20	5	3	90.266667	20.4756766
20	10	3	133.733333	2.0526406

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	Perlakuan
A	133.73	3	20*10
B	113.07	3	20*0
B	94.93	3	20*2.5
B	90.27	3	20*5
C	44.44	3	10*5
C	43.55	3	10*2.5
C	30.82	3	10*0
C	25.68	3	10*10

Transformasi dengan LN(X)

KETEGUHAN TARIK SAMPEL KERING

The GLM Procedure

Class Level Information

Class Levels Values

Waktu 2 10 20

Kadar 4 0 2.5 5 10

Number of Observations Read 24

Number of Observations Used 24

KETEGUHAN TARIK SAMPEL KERING

The GLM Procedure

Dependent Variable: respon

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	8.17701866	1.16814552	14.38	<.0001
Error	16	1.30000235	0.08125015		
Corrected Total	23	9.47702101			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	respon Mean
0.862826	6.968329	0.285044	4.090566



Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Waktu	1	7.13051189	7.13051189	87.76	<.0001
Kadar	3	0.01797092	0.00599031	0.07	0.9732
waktu*kadar	3	1.02853585	0.34284528	4.22	0.0223

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Waktu	1	7.13051189	7.13051189	87.76	<.0001
Kadar	3	0.01797092	0.00599031	0.07	0.9732
waktu*kadar	3	1.02853585	0.34284528	4.22	0.0223

Means with the same letter  
are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	Waktu
A	4.6356	12	20
B	3.5455	12	10

Means with the same letter  
are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	Kadar
A	4.1358	6	5
A	4.0882	6	2.5
A	4.0727	6	0
A	4.0656	6	10

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



KETEGUHAN TARIK SAMPEL KERING  
The GLM Procedure

Level of kadar	Level of waktu	N	Respon	
			Mean	Std Dev
10	0	3	3.41770604	0.17594401
10	2.5	3	3.74322725	0.29934491
10	5	3	3.78567512	0.16183940
10	10	3	3.23536495	0.18055512
20	0	3	4.72768077	0.02992819
20	2.5	3	4.43320180	0.64759332
20	5	3	4.48590591	0.22391572
20	10	3	4.89576952	0.01530724

Means with the same letter are  
not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	Perlakuan
A	4.8958	3	20*10
A	4.7277	3	20*0
A	4.4859	3	20*5
A	4.4332	3	20*2.5
B	3.7857	3	10*5
C	3.7432	3	10*2.5
C	3.4177	3	10*0
C	3.2354	3	10*10

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

## Lampiran 5. Faktorial Uji Keteguhan Rekat Sampel Basah

KETEGUHAN REKAT SAMPEL BASAH  
The GLM Procedure

## Class Level Information

Class	Levels	Values
waktu	2	10 20
kadar	4	0 2.5 5 10

Number of Observations Read 24

Number of Observations Used 24

KETEGUHAN REKAT SAMPEL BASAH  
The GLM Procedure

Dependent Variable: respon

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	33759.88100	4822.84014	11.12	<.0001
Error	16	6942.33760	433.89610		
Corrected Total	23	40702.21860			

R-Square Coeff Var Root MSE respon Mean  
0.829436 39.55440 20.83017 52.66208

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Waktu	1	32157.49250	32157.49250	74.11	<.0001
Kadar	3	844.82291	281.60764	0.65	0.5949
waktu*kadar	3	757.56558	252.52186	0.58	0.6353

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Waktu	1	32157.49250	32157.49250	74.11	<.0001
Kadar	3	844.82291	281.60764	0.65	0.5949
waktu*kadar	3	757.56558	252.52186	0.58	0.6353

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
  2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Means with the same letter  
are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	Waktu
A	89.267	12	20
B	16.057	12	10

Means with the same letter  
are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	kadar
A	61.97	6	5
A	52.22	6	10
A	50.95	6	0
A	45.51	6	2.5

**KETEGUHAN REKAT SAMPEL BASAH**  
The GLM Procedure

Level of waktu	Level of kadar	N	Respon	
			Mean	Std Dev
10	0	3	10.836667	1.1422055
10	2.5	3	18.626667	3.3473024
10	5	3	22.600000	0.8412491
10	10	3	12.166667	1.2132738
20	0	3	91.066667	25.9425005
20	2.5	3	72.400000	27.5768018
20	5	3	101.333333	32.3934150
20	10	3	92.266667	31.2034186

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



Transformasi dengan LN(X)

KETEGUHAN REKAT SAMPEL BASAH  
The GLM Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
waktu	2	10 20
kadar	4	0 2.5 5 10

Number of Observations Read 24

Number of Observations Used 24

KETEGUHAN REKAT SAMPEL BASAH  
The GLM Procedure

Dependent Variable: respon

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	18.99175901	2.71310843	39.45	<.0001
Error	16	1.10041350	0.06877584		
Corrected Total	23	20.09217251			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	respon Mean
0.945232	7.314470	0.262251	3.585379

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Waktu	1	17.71301619	17.71301619	257.55	<.0001
Kadar	3	0.61411816	0.20470605	2.98	0.0628
waktu*kadar	3	0.66462466	0.22154155	3.22	0.0508

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Waktu	1	17.71301619	17.71301619	257.55	<.0001
Kadar	3	0.61411816	0.20470605	2.98	0.0628
waktu*kadar	3	0.66462466	0.22154155	3.22	0.0508

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Means with the same letter  
are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	Waktu
A	4.4445	12	20
B	2.7263	12	10

Means with the same letter  
are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	kadar
A	3.8477	6	5
B	3.5747	6	2.5
B	3.4896	6	10
B	3.4296	6	0

#### KETEGUHAN REKAT SAMPEL BASAH

##### The GLM Procedure

Level of waktu	Level of kadar	N	Respon	
			Mean	Std Dev
10	0	3	2.37900237	0.10309069
10	2.5	3	2.91351137	0.18308406
10	5	3	3.11746506	0.03763172
10	10	3	2.49516277	0.09905912
20	0	3	4.48022311	0.31759214
20	2.5	3	4.23585831	0.36840438
20	5	3	4.57786292	0.36322982
20	10	3	4.48394849	0.35539833

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Lampiran 6. Faktorial Uji Keteguhan Lentur (MOE)

The GLM Procedure  
Class Level Information

Class	Levels	Values
waktu	2	10 20
kadar	4	0 2.5 5 10
Number of Observations Read		24
Number of Observations Used		24

MOE  
The GLM Procedure

Dependent Variable: respon

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	21302900758	3043271537	10.88	<.0001
Error	16	4474217994	279638625		
Corrected Total	23	25777118753			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	respon Mean
0.826427	39.62979	16722.40	42196.54

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Waktu	1	16918450668	16918450668	60.50	<.0001
Kadar	3	2022082979	674027660	2.41	0.1049
waktu*kadar	3	2362367111	787455704	2.82	0.0725

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Waktu	1	16918450668	16918450668	60.50	<.0001
Kadar	3	2022082979	674027660	2.41	0.1049
waktu*kadar	3	2362367111	787455704	2.82	0.0725

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Means with the same letter  
are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	Waktu
A	68747	12	10
B	15646	12	20

Means with the same letter  
are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	kadar	
A	49946	6	5	
A	49773	6	2.5	
B	A	41679	6	0
B	27388	6	10	

MOE

The GLM Procedure

Level of waktu	Level of kadar	N	Respon	
			Mean	Std Dev
10	0	3	65710.2267	32884.6646
10	2.5	3	86459.9367	12598.8797
10	5	3	83993.5900	18595.2248
10	10	3	38824.8700	24741.0933
20	0	3	17647.5267	4000.7705
20	2.5	3	13085.2867	4714.3751
20	5	3	15899.3567	860.9246
20	10	3	15951.4900	315.1052

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



## Transformasi LN(X)

MOE  
The GLM Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
waktu	2	10 20
kadar	4	0 2.5 5 10

Number of Observations Read 24

Number of Observations Used 24

MOE Orientasi  
The GLM Procedure

Dependent Variable: respon

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	13.46519518	1.92359931	15.94	<.0001
Error	16	1.93103063	0.12068941		
Corrected Total	23	15.39622580			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	respon Mean
0.874578	3.362269	0.347404	10.33242

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Waktu	1	11.57198061	11.57198061	95.88	<.0001
Kadar	3	0.70081603	0.23360534	1.94	0.1645
waktu*kadar	3	1.19239854	0.39746618	3.29	0.0477

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Waktu	1	11.57198061	11.57198061	95.88	<.0001
Kadar	3	0.70081603	0.23360534	1.94	0.1645
waktu*kadar	3	1.19239854	0.39746618	3.29	0.0477

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
  2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Means with the same letter  
are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	Waktu
A	11.0268	12	10
B	9.6380	12	20

Means with the same letter  
are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	Kadar
A	10.4975	6	5
A	10.4001	6	2.5
A	10.3861	6	0
A	10.0459	6	10

#### MOE

#### The GLM Procedure

Level of waktu	Level of kadar	N	Respon	
			Mean	Std Dev
10	0	3	11.0099827	0.49780231
10	2.5	3	11.3605551	0.14263920
10	5	3	11.3219989	0.22300571
10	10	3	10.4146722	0.69628695
20	0	3	9.7622921	0.21569383
20	2.5	3	9.4396505	0.33596848
20	5	3	9.6730347	0.05504943
20	10	3	9.6771785	0.01964875



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	perlakuan
A	11.3606	3	10*2.5
A	11.3220	3	10*5
B	11.0100	3	10*0
B	10.4147	3	10*10
C	9.7623	3	20*0
C	9.6772	3	20*10
C	9.6730	3	20*5
C	9.4397	3	20*2.5

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



## Lampiran 7. Faktorial Uji Keteguhan Patah (MOR)

MOR  
The GLM Procedure  
Class Level Information

Class	Levels	Values
waktu	2	10 20
kadar	4	0 2.5 5 10

Number of Observations Read 24

Number of Observations Used 24

The GLM Procedure

Dependent Variable: respon (ANOVA untuk keseluruhan Model)

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	1253057.821	179008.260	13.27	<.0001
Error	16	215768.085	13485.505		
<b>Corrected Total</b>	<b>23</b>	<b>1468825.906</b>			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	respon Mean
0.853102	14.84650	116.1271	782.1850

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Waktu	1	1109537.604	1109537.604	82.28	<.0001
Kadar	3	113186.234	37728.745	2.80	0.0737
waktu*kadar	3	30333.983	10111.328	0.75	0.5383

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Waktu	1	1109537.604	1109537.604	82.28	<.0001
Kadar	3	113186.234	37728.745	2.80	0.0737
waktu*kadar	3	30333.983	10111.328	0.75	0.5383

@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Means with the same letter  
are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	Waktu
A	997.20	12	20
B	567.17	12	10

Means with the same letter  
are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	kadar
A	896.48	6	5
B	775.09	6	2.5
B	730.12	6	0
B	727.06	6	10

MOR

The GLM Procedure

Level of waktu	Level of kadar	N	Respon	
			Mean	Std Dev
10	0	3	534.47333	171.615816
10	2.5	3	605.57333	20.132239
10	5	3	664.93333	83.432375
10	10	3	463.70667	121.355799
20	0	3	925.75667	185.707682
20	2.5	3	944.59667	110.149345
20	5	3	1128.03000	82.807033
20	10	3	990.41000	53.491397

@Hak cipta milik IPB University

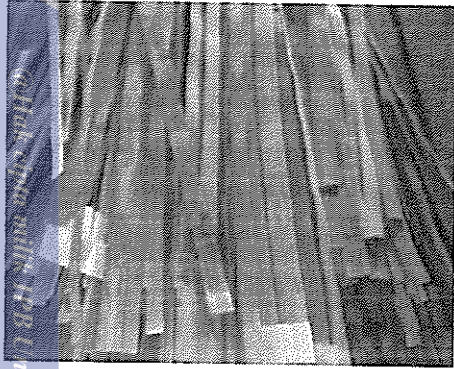
IPB University



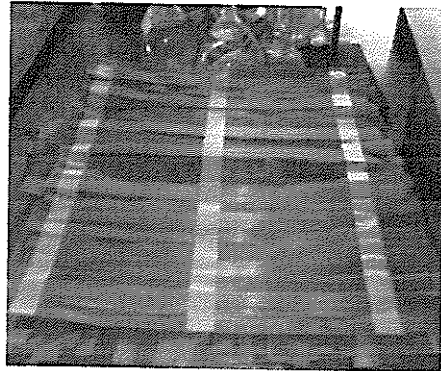
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

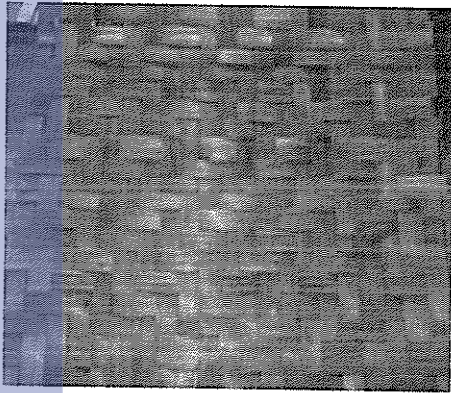
### Lampiran 8. Dokumentasi



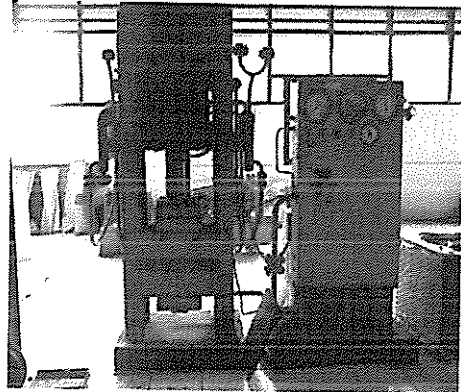
Bilah bambu



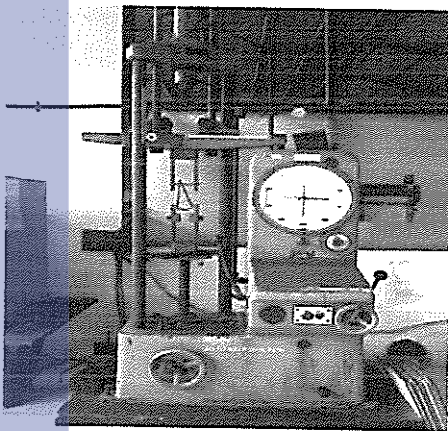
Anyaman bambu sejajar



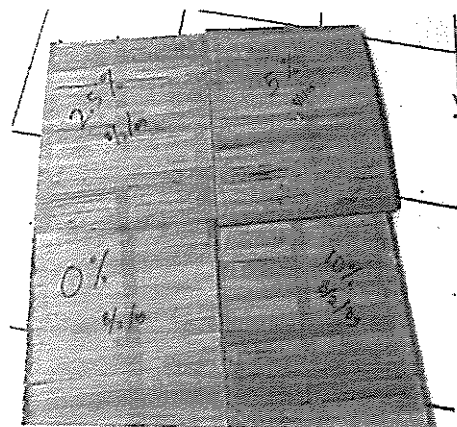
Anyaman bambu bilik



Alat kempa panas



Universal Testing Machine



Venir Bambu Lamina



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.