

PENGARUH VARIASI TEKANAN KEMPA TERHADAP KUAT LENTUR KAYU LAMINASI DARI KAYU MERANTI DAN KERUING

Buan Anshari

Dosen Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil, Universitas Mataram
Email: banshari@yahoo.com

ABSTRAK

Pemakaian kayu sebagai bahan struktural tidak hanya terbatas sebagai kayu utuh, tetapi juga sebagai balok laminasi atau *glulam*. Proses perancangan kayu dipengaruhi beberapa faktor seperti, tingkat keahlian perancang, faktor kayu yang digunakan beserta kombinasinya, perekat dan proses perekatannya serta proses pengempaannya. Penelitian ini mencari besar tekanan kempa optimum untuk mendapatkan kekuatan lentur maksimum kayu laminasi dari kayu Keruing dan Meranti yang direkatkan dengan perekat Polivinyll Asetat (PVA) dan Melamin Formaldehyde (MF). Kombinasi yang digunakan pada benda uji lamiasi adalah Keruing Meranti Keruing (KMK), Keruing Keruing Meranti (KKM), dan Keruing Meranti Meranti (KMM), dengan tekanan kempa rencana sebesar 0,2 MPa, 0,6 MPa, 1,0 MPa, dan 1,4 MPa untuk semua kombinasi. Proses pengempaan dilakukan selama enam jam. Hasil pengujian pada benda uji kuat lekat menunjukkan keteguhan rekat maksimum sebesar 75,13 kg/cm² dicapai dengan tekanan kempa 0,6 MPa dengan perekat MF. Sedangkan pada balok laminasi kuat lentur maksimum mencapai 656,37 kg/cm² pada tekanan kempa 0,6 MPa dengan kombinasi kayu Keruing Meranti Keruing dan perekat MF.

Kata kunci: kayu laminasi, tekanan kempa, keteguhan rekat, kuat lentur.

ABSTRACT

The use of timber as a structural material is not only limited to solid timber but also as laminate called glue-laminated timber (glulam). The design of glulam depends on many factors such as the expertise of the designer, timber grade and its combination, adhesive quality, gluing process and clamping process. This research explores the optimum clamp pressure to obtain maximum bending strength of glulam timber which is a combination of Keruing and Meranti Woods using Polivinyll Asetat (PVA) and Melamin Formaldehyde (MF) adhesives. The combination of timber for shear specimen are Keruing Meranti Keruing (KMK), Keruing Keruing Meranti (KKM), and Keruing Meranti Meranti (KMM), the clamp pressures used are 0,2 MPa, 0,6 MPa, 1,0 MPa, and 1,4 Mpa. The duration of clamping is six hours for all combination. The result shows that the bonding strength of shear specimen reaches a maximum of 75,13 kg/cm² with a clamp pressure of 0,6 MPa using MF adhesive. The maximum flexural strength achieved is 656,37 kg/cm² with a clamp perssure of 0,6 MPa using MF adhesive as well.

Keywords: glulam timber, clamp pressure, bonding strength, flexural strength.

PENDAHULUAN

Kayu merupakan sumber daya alam yang dapat diperbaharui dan tersedia dalam berbagai macam species di negara tropis seperti Indonesia. Kayu sebagai bahan bangunan mempunyai kelebihan dibanding bahan bangunan lain seperti beton, baja, dan lain-lain, diantaranya ringan, mudah dalam pelaksanaan, dapat mudah didaur ulang, nilai estetika dan relatif ekonomis. Kayu sebagai bahan bangunan sampai saat ini hanya dipakai untuk struktur atap dan kusen. Sedangkan untuk struktur

balok, kolom dan lantai masih jarang ditemui. Untuk itu diperlukan pengembangan teknologi pengolahan kayu sehingga dapat dijadikan andalan sebagai bahan bangunan alternatif yang aman, dan ekonomis.

Salah satu cara untuk mengoptimalkan fungsi kayu sebagai struktur bangunan adalah dengan menggabungkan satu atau lebih jenis kayu yang direkatkan menjadi satu kesatuan yang dalam bahasa asing biasa disebut *glue-laminated (glulam) timber*. Kayu laminasi merupakan kombinasi beberapa jenis kayu menjadi satu kesatuan yang utuh. Kayu laminasi dapat dirancang dan dibuat dengan mengkombinasikan dua jenis kayu dengan kelas yang berbeda sehingga pemakaian kayu akan lebih

Catatan: Diskusi untuk makalah ini diterima sebelum tanggal 1 Juni 2006. Diskusi yang layak muat akan diterbitkan pada Dimensi Teknik Sipil Volume 8, Nomor 2, September 2006.

efisien. Kayu dengan kelas kuat yang lebih tinggi ditempatkan di bagian tepi yang menahan tegangan yang besar, sedangkan kayu dengan kelas kuat yang lebih rendah ditempatkan di tengah, pada bagian yang akan menerima tegangan lebih kecil.

Pada beberapa penelitian sebelumnya [1,2,3] di Laboratorium Struktur dan Material Fakultas Teknik Universitas Mataram telah diangkat masalah faktor kayu, baik kombinasi bentuk maupun jenis kayu, serta faktor bahan perekat kayu yang digunakan, tetapi penelitian tersebut belum menggunakan metode pengempaan yang terukur. Penelitian ini meneliti pengaruh variasi tekanan kempa terhadap kuat lentur kayu laminasi dari Kayu Meranti dan Keruing.

Untuk menghasilkan suatu balok kayu laminasi yang memenuhi standar struktur, pada proses perancangan salah satu faktor yang perlu diperhatikan adalah proses pengempaan. Proses pengempaan ini ditujukan untuk menghasilkan garis perekat setipis mungkin, bahkan mendekati ketebalan molekul bahan perekat, karena kekuatan meningkat seiring berkurangnya tebal garis rekat-an. Pengempaan yang terlalu rendah menyebabkan cacat perekatan, seperti melepuh, perekat tebal, dan pecah muka. Pengempaan terlampau tinggi juga menyebabkan cacat perekatan seperti kurang perekat atau tembus akibat penetrasi berlebih. Penelitian mencari besar tekanan kempa optimum yang menghasilkan kekuatan lentur maksimum pada balok kayu laminasi dengan kombinasi kayu Keruing dan Meranti.

Pada penelitian ini akan diteliti pemberian variasi tekanan kempa sebesar 0,2 MPa; 0,6 MPa; 1,0 MPa; dan 1,4 MPa, terhadap berbagai kombinasi kayu laminasi dari kayu Meranti dan Keruing dengan memakai perekat Melamin Formaldehyde dan Polivinyll Asetat. Lama proses pengempaan dibatasi selama enam jam.

DASAR TEORI

Tekanan kempa untuk kayu laminasi direkomendasikan antara 150 – 250 psi untuk kayu keras dan 100 – 200 psi untuk kayu lunak [4]. Pendapat lain menyatakan gaya pengempaan kayu laminasi yang dilakukan umumnya berkisar antara 0,4 – 1,2 MPa [5]. Pengukuran tekanan kempa biasanya dihitung berdasarkan luas bidang rekat-an dan gaya kempa rencana.

Periode atau lama pengempaan pada balok laminasi tergantung dari beberapa faktor diantaranya sifat perekat dan kayu, ketebalan kayu laminasi, jumlah balok kayu laminasi yang dikempa, serta

tingkat daya serap kayu terhadap air. Pengempaan panas membutuhkan waktu sekitar 4–20 jam untuk mendapatkan hasil terbaik, sedangkan pengempaan dingin membutuhkan waktu berhari-hari bahkan berminggu-minggu [4]. Pada kegiatan penelitian, periode pengempaan biasanya tak lebih dari 24 jam, dengan tujuan untuk menghemat waktu.

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengetahui pengaruh gaya kempa terhadap kekuatan kayu laminasi. Salah satunya yaitu dengan memberikan pengempaan sebesar 1,0–1,1 MPa pada kayu Laminasi kayu Sengon dan Keruing, dengan perekat *Urea Formaldehyde* dan pengempaan selama 10 jam, dihasilkan kekuatan rekat 3,84–9,35 MPa [6]. Peneliti yang lain menggunakan tekanan sebesar 0,84 MPa selama 60 menit untuk jenis Polivinyll Asetat (PVA) dengan Meranti Merah dan Kapur, dihasilkan keteguhan rekat rerata 6,19 MPa (tanpa perebusan) dan 8,19 MPa (dengan perebusan) dengan laburan perekat dua sisi sebesar 0,03 - 0,04 gr/cm² [7].

METODOLOGI PENELITIAN

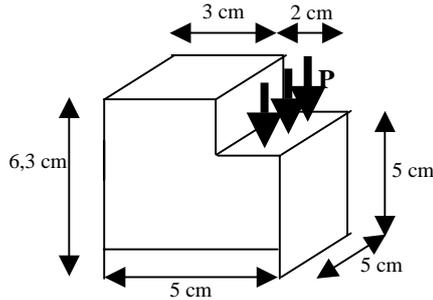
Bahan dan Peralatan Penelitian

Kayu yang dipakai dalam penelitian ini adalah kayu Keruing dan kayu Meranti dipilih secara visual yang baik untuk kayu struktural yang diperoleh di toko bangunan. Sedangkan perekat yang dipakai adalah perekat dengan merk dagang Epoxy (*Melamin Formaldehyde*) dan lem Rajawali (*Polivinyll Asetat*).

Alat-alat yang dipakai terdiri dari alat untuk membuat benda uji, dan alat untuk melakukan pengujian serta alat pendukung lainnya.

Benda Uji

1. Benda uji kadar air
Ukuran sampel benda uji kadar air adalah 50 mm x 50 mm x 25 mm. Benda uji kadar air dibuat 5 buah sampel untuk masing-masing jenis kayu.
2. Benda uji geser kayu murni
Benda uji geser murni berupa kayu solid Kayu Meranti dan Keruing yang diuji pada dengan pembebanan P sejajar arah serat seperti terlihat pada Gambar 1. Jumlah sampel untuk masing-masing jenis kayu adalah 5 sample. Ukuran benda uji mengacu ke SK-SNI M-26-1991-03 [8]



Gambar 1. Benda Uji Geser Murni

3. Benda uji kuat lekat laminasi

Benda uji kuat lekat laminasi yang ditinjau dalam penelitian ini hanya berupa kombinasi antara kayu Meranti dan Keruing, sedangkan kombinasi dengan satu jenis kayu saja tidak dilakukan. Bentuk dan jumlah benda uji kuat lekat laminasi ditunjukkan dalam Tabel 1 dan Gambar 2.

4. Benda uji balok laminasi

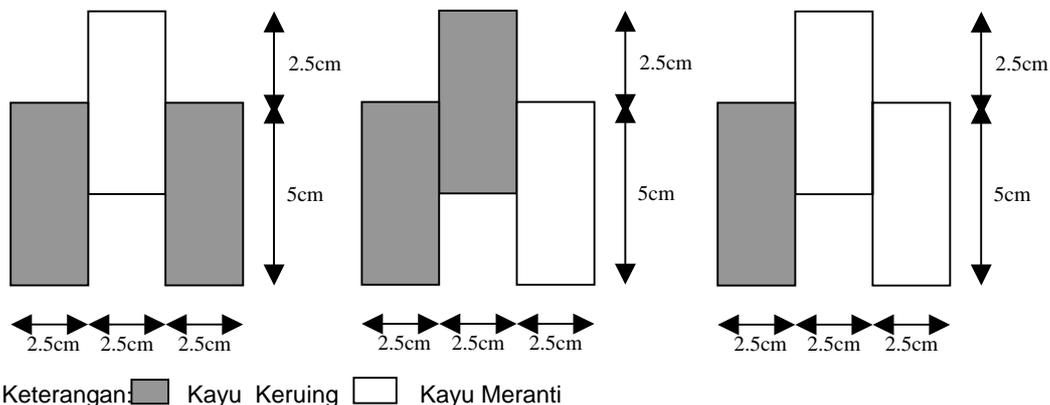
Setelah pengujian benda uji kuat lekat/geser dilakukan, akan diperoleh kombinasi kayu, dan jenis perekat yang menghasilkan gaya geser maksimum dari berbagai variasi benda uji kuat lekat yang dilakukan. Kombinasi yang nilai keteguhan rekatnya maksimum diaplikasikan ke dalam bentuk balok laminasi untuk masing-masing tekanan kempa. Kode kombinasi, jumlah dan ukuran benda uji balok laminasi dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 3.

Perekatan Benda Uji

Proses pencampuran perekat yang sesuai dan teknik perekatan yang baik diperlukan agar didapatkan produk hasil rekatan yang baik pada kayu laminasi. Kualitas perekatan ini biasanya mampu melebihi daya kohesi kayu bila prosedur yang telah dikeluarkan oleh pabrik pembuat bahan perekat yang digunakan ataupun petunjuk yang dikeluarkan oleh lembaga riset perekat dan teknik perekatan diikuti dengan baik.

Tabel 1. Benda uji kuat lekat

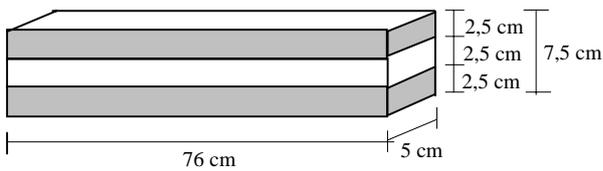
Perekat	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Variasi Kombinasi	Jumlah sampel					
					Gaya kempa 0,2 MPa	Gaya kempa 0,6 MPa	Gaya kempa 1,0 MPa	Gaya kempa 1,4 MPa		
Rajawali	5	2,5	5	Keruing	3	3	3	3		
	5	2,5	5	Meranti						
	5	2,5	5	Keruing						
	Epoksi	5	2,5	5	Meranti	3	3	3	3	
		5	2,5	5	Meranti					
		5	2,5	5	Keruing					
		Epoksi	5	2,5	5	Meranti	3	3	3	3
			5	2,5	5	Meranti				
			5	2,5	5	Keruing				
Jumlah					72					



Gambar 2. Model Benda uji kuat lekat laminasi

Tabel 2. Benda Uji Balok Laminasi Aplikasi

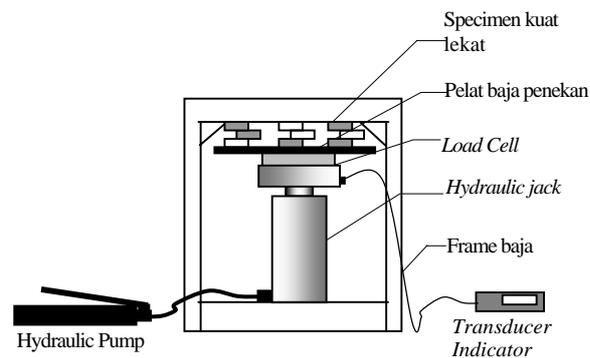
Kode Kombinasi	Tekanan Kempa	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Jumlah
Km0,2	0,2 MPa	76	5	7,5	3
Km0,6	0,6 MPa	76	5	7,5	3
Km1,0	1,0 MPa	76	5	7,5	3
Km1,4	1,4 MPa	76	5	7,5	3
Jumlah					12



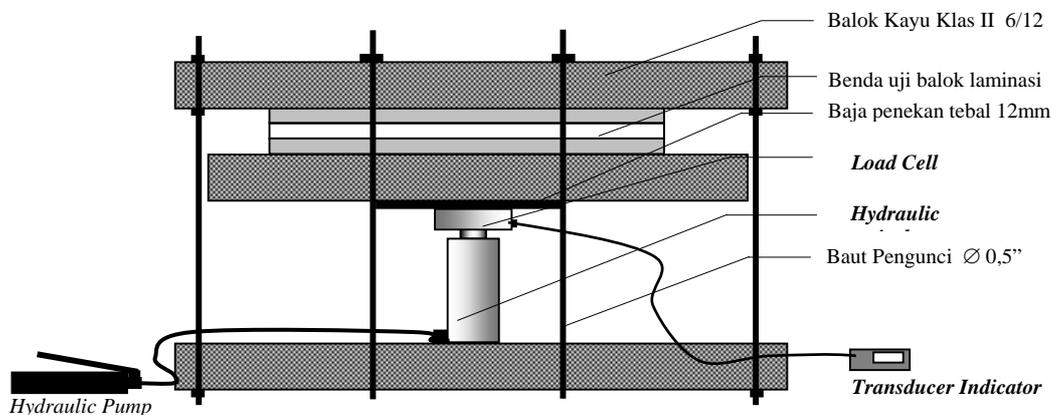
Gambar 3. Model Balok Laminasi Aplikasi

Pengempaan Benda Uji

Pemberian tekanan kempa untuk semua jenis kombinasi balok maupun benda uji kuat lekat dilakukan pada posisi tegak lurus arah serat kayu. Adapun *set up* alat untuk pengempaan benda uji seperti terlihat pada Gambar 4 dan Gambar 5



Gambar 4. Set Up Alat Pengempaan Benda Uji Kuat Lekat Laminasi



Gambar 5. Set Up Alat Pengempaan Benda Uji Balok Laminasi

Proses pengempaan untuk benda uji balok laminasi sebagai berikut:

- Balok kayu, baut pengunci dan penahan, *Hydraulic jack, Hydraulic Pump, Transducer Indicator, Load Cell* dan pelat baja penekan tambahan dipasang dengan posisi sesuai pada Gambar 6.
- Balok laminasi diatur sedemikian rupa agar tetap rata pada permukaan rekatannya maupun permukaan bidang tekan dengan balok penekan dan balok penahan.
- Hydraulic Pump* kemudian dikempa sampai *Transducer Indicator* menunjukkan angka yang sesuai tekanan kempa rencana.
- Transducer Indicator* dilepaskan dari rangkaian alat dan penghitungan waktu kempa selama 6 jam dimulai. Pengontrolan dilakukan kembali setelah 1 jam dan 2 jam sejak mulai pengempaan. Setelah 2 jam beban umumnya menunjukkan kestabilan. Setelah 6 jam benda uji dilepaskan dari rangkaian alat kempa.

Pelaksanaan Pengujian

- Pengujian kadar air

Pengujian ini meliputi penentuan kadar air awal, serta cara memperoleh nilai kadar air pada kondisi kering udara. Cara pengukuran yang dilakukan yaitu :

 - Benda uji yang belum dikeringkan, terlebih dahulu ditimbang untuk mengetahui berat basah kayu.
 - Benda uji dimasukkan ke dalam oven dengan suhu $\pm 102^{\circ}$ C. Setelah 24 jam benda uji dikeluarkan dari oven, didinginkan dalam desikator selama 10 menit, kemudian ditimbang. Kegiatan ini dilakukan berulang-ulang sampai berat benda uji konstan.
 - Setelah mencapai berat konstan, nilai kadar air kayu dapat ditentukan.

2. Pengujian berat jenis kayu

Berat jenis kayu didefinisikan sebagai perbandingan banyaknya zat kayu terhadap berat suatu volume air yang sama dengan volume kayu tersebut, dimana yang menjadi dasar pengukuran adalah pada saat kondisi kadar air kayu standar di bawah 15 %. Penentuan berat jenis kayu diperoleh dengan perbandingan di atas.

3. Pengujian kuat lekat kayu laminasi

Pengujian dilakukan dengan alat *Cement Flexural and Compression Test* seperti terlihat pada Gambar 6

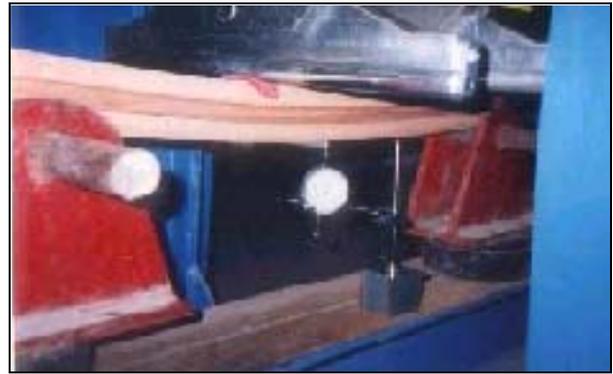


Gambar 6. Specimen Uji Lekat dan alat Uji

Langkah-langkah pengujiannya adalah: Benda uji diletakkan pada benda uji pada posisi tegak, pada tempat benda uji pada alat. Lalu diberi pembebanan sambil membaca jarum penunjuk beban. Benda uji dinyatakan telah bergeser atau runtuh jika jarum penunjuk beban berputar kembali berlawanan arah jarum jam. Beban maksimum yang dicapai benda uji kemudian dicatat.

4. Pengujian lentur balok laminasi

Pengujian balok laminasi dilakukan dengan alat *Universal Flexure and Transverse Testing Machine* mengacu ke SK SNI M-27-1991-03 [9] seperti terlihat di Gambar 7.



Gambar 7. Proses Pengujian Balok Kayu Laminasi Kombinasi KMK

Langkah pengujiannya adalah: Benda uji diletakkan di atas dua perletakan sendi dan roll. *Dial Gauge* dipasang seperti di Gambar 7 diatur pada posisi 0 (nol). Pemberian pembebanan secara konstan pada balok uji, dan membaca jarum penunjuk beban yang berputar searah jarum jam setiap penurunan lendutan 1,0 mm. Balok dinyatakan runtuh bila jarum penunjuk beban berputar kembali berlawanan arah jarum jam.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Sifat Fisik

1. Kadar Air Kayu

Berdasarkan hasil pengujian, kondisi kayu yang digunakan mempunyai kadar air di atas kering

udara. Nilai rata-rata hasil pengujian kadar air kayu Meranti adalah sebesar 11,96% dan kayu Keruing sebesar 14,11%. Dari hasil pengujian kadar air tersebut dapat dilihat bahwa kayu yang dipakai memiliki kadar air di bawah kadar 16% yang disyaratkan untuk kayu laminasi, dengan perbedaan kadar air di bawah 5% sebagai batas maksimum perbedaan kadar air antara kayu yang akan dilaminasi. Dengan demikian kayu yang digunakan telah memenuhi persyaratan teknis laminasi.

2. Berat Jenis

Berat jenis kayu dihitung berdasarkan perbandingan antara berat kayu terhadap volumenya dalam kondisi kayu saat kering udara dan saat kayu dengan kadar air kurang lebih 16%. Berat jenis kayu Keruing di dapat rata-rata sebesar 0,61 dan kayu Meranti didapat rata-rata sebesar 0,29. Untuk kayu Keruing dengan berat jenis 0,61 termasuk dalam kelas kuat II yang memiliki berat jenis antara 0,6 sampai 0,9. Kayu Meranti dengan berat jenis 0,29 termasuk dalam kayu kelas kuat IV yang memiliki berat jenis antara 0,29 sampai 0,55.

Sifat Mekanik

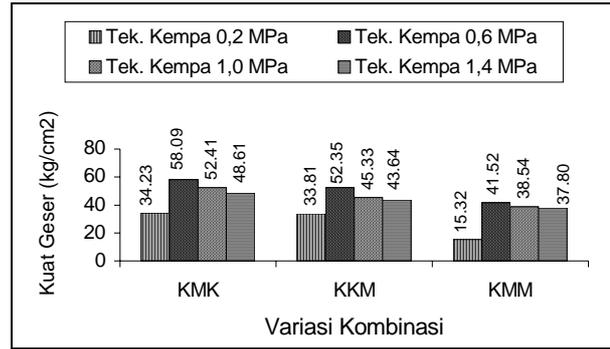
1. Kuat geser murni sejajar serat

Dari hasil pengujian kuat geser didapatkan kuat geser kayu pada kondisi kering udara untuk kayu Keruing berkisar antara 84 kg/cm² sampai 124 kg/cm², dan diperoleh rata-rata sebesar 100 kg/cm². Sedangkan untuk kayu Meranti berkisar antara 48 kg/cm² sampai 68 kg/cm², dan didapat rata-rata sebesar 57,6 kg/cm².

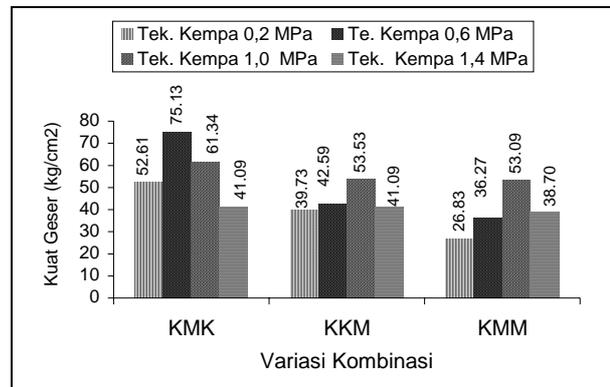
2. Kuat Lekat Laminasi

Pada pelaksanaan proses pengempaan di Laboratorium Struktur dan Material Fakultas Teknik Universitas Mataram, tekanan kempa rencana yang diberikan pada benda uji adalah sebesar 0,2 MPa, 0,6 MPa, 1,0 MPa dan 1,4 MPa.. Setelah dilakukan perhitungan konversi satuan, dan pembulatan maka tekanan kempa aktual untuk benda uji geser laminasi sebesar 0,202 MPa, 0,605 MPa, 0,996 MPa, dan 1,399 MPa.

Hasil pengujian kuat lekat yang dilakukan dengan menggunakan alat *Cement Flexural and Compression Test* dapat dilihat pada Gambar 8 dan Gambar 9 untuk masing-masing jenis perekat



Gambar 8. Hubungan Kuat Lekat Laminasi dan Tekanan Kempa untuk Perekat Polivinyil Asetat



Gambar 9. Hubungan Kuat Lekat Laminasi dan Tekanan Kempa untuk Perekat Melamine Formaldehyde

Dari Gambar 8 dan 9 terlihat bahwa secara umum benda uji kuat lekat yang memakai perekat Melamin Formaldehyde mempunyai keteguhan rekat lebih tinggi dibanding yang memakai perekat Polivinylnl Asetat. Nilai keteguhan rekat tertinggi untuk perekat MF mencapai 75,13 kg/cm² pada tekanan kempa 0,6 MPa, sedangkan pada perekat PVA, kekuatan rekat terbesar diperoleh dengan tekanan kempa 0,6 MPa sebesar 58,092 kg/cm². Bila dilihat dari variasi kayu penyusunnya maka kombinasi Keruing Meranti Keruing (KMK) menghasilkan keteguhan rekat yang lebih tinggi dibanding dengan kombinasi yang lain untuk kedua jenis perekat yang dipakai.

Tekanan kempa yang menghasilkan keteguhan rekat tinggi adalah pada tekanan 0,6 MPa kecuali pada kombinasi kayu Keruing-Meranti-Meranti yang memakai perekat Melamin Formaldehyde. Sedang pada tekanan kempa 0,2 dan 1,4 MPa rata-rata menghasilkan keteguhan rekat yang rendah terutama pada variasi kayu penyusun Keruing- Meranti-Meranti.

Perbedaan kekuatan yang dihasilkan oleh perbedaan tekanan kempa ini terjadi akibat perbedaan peresapan zat perekat ke permukaan kayu yang direkatkan. Penekanan terlalu lemah seperti pada tekanan kempa 0,2 MPa, menyebabkan proses peresapan perekat menjadi tidak sempurna, tetapi pengempaan terlalu besar seperti pada tekanan kempa 1,4 MPa, menyebabkan adanya cacat pada kayu seperti retak akibat penetrasi berlebih atau berkurangnya bahan perekat karena terjadinya aliran sisi [10]. Permukaan kayu Meranti lebih kasar karena pori-porinya yang lebih renggang atau lebih besar dibandingkan dengan kayu Keruing menyebabkan proses penyerapan bahan perekat akan lebih baik pada kayu Meranti, namun penyerapan ini menjadi berlebih pada pengempaan tinggi sehingga mengakibatkan terjadinya perekat tembus ke dalam pori-pori kayu dan bahan perekat yang tertinggal di permukaan rekatan menjadi kurang.

3. Hasil pengujian balok laminasi

Pengujian dengan menggunakan balok laminasi dilakukan dengan menggunakan kombinasi Keruing Meranti Keruing (KMK) dengan menggunakan perekat *Melamine Formaldehyde*, sebagaimana telah diperoleh pada pengujian kuat lekat. Ini juga sesuai dengan teori bahwa penempatan kayu dengan kelas kuat lebih rendah pada bagian tengah dalam hal ini Meranti cukup efektif dalam menahan beban lentur.

a. Tekanan Kempa 0,2 MPa

Benda uji yang digunakan ada 3 buah benda uji dengan kode Km0,2a, Km0,2b, dan Km0,2c (Gambar 10). Dari hasil pengujian diperoleh hasil beban maksimum, kekuatan geser serta lendutan yang dicapai dapat dilihat pada Tabel 3.



Gambar 10. Specimen Uji Lentur Balok Gulam pada Tekanan Kempa 0,2 MPa

Tabel 3. Hasil Pengujian Balok Laminasi Tekanan Kempa 0,2 MPa

Benda uji	Beban maksimum (kg)	Keretakan awal		Keruntuhan		Tegangan Lentur Maks. (kg/cm ²)
		Lendutan (mm)	Beban (kg)	Lendutan (mm)	Beban (kg)	
Km0,2a	1250	4,5	1150	5,0	1250	392,68
Km0,2b	1650	5,5	1450	8,0	1650	527,44
Km0,2c	1550	6,5	1500	7,0	1550	495,48

Pola keruntuhan yang terjadi pada ketiga benda uji juga hampir sama. Benda uji mengalami keruntuhan setelah bidang perekatannya lepas. Terjadinya kegagalan atau keruntuhan pada bagian perekatan ini disebabkan oleh lapisan perekat yang masih tebal yang diakibatkan oleh rendahnya tekanan kempa yang diberikan pada balok laminasi.

mm. Tekanan Kempa 0,6 Mpa

Dibandingkan dengan hasil pada tekanan kempa 0,2 Mpa; terjadi peningkatan beban maksimum yang dapat ditahan sebesar 39,3% seperti terlihat pada Tabel 4. Tegangan lentur maksimum mencapai hasil tertinggi pada benda uji Km0,6c yaitu sebesar 786,12 kg/cm², tapi secara umum terjadi peningkatan tegangan lentur pada semua benda uji bila dibandingkan dengan balok dengan tekanan kempa 0,2 Mpa.

Tabel 4. Hasil Pengujian Balok Laminasi Tekanan Kempa 0,6 Mpa

Benda uji	Beban maksimum (kg)	Keretakan awal		Keruntuhan		Tegangan Lentur Maks. (kg/cm ²)
		Lendutan (mm)	Beban (kg)	Lendutan (mm)	Beban (kg)	
Km0,6a	2050	10,0	1900	12,0	2050	676,91
Km0,6b	1600	5,5	1500	6,0	1600	506,08
Km0,6c	2550	12,0	2300	15,0	2550	786,12

Dilihat dari pola keretakannya, keruntuhan benda uji cenderung terjadi pada kayunya. Pengempaan sebesar 0,6 MPa memungkinkan terjadinya proses perekatan menjadi lebih baik terutama untuk kombinasi KMK dibandingkan dengan tekanan kempa sebelumnya, sehingga kekuatan perekatan yang dihasilkan lebih tinggi.

c. Tekanan Kempa 1,0 MPa

Benda uji yang digunakan untuk pengempaan 1,0 MPa ini ada 3 balok uji dengan kode Km1,0a; Km1,0b dan Km1,0c. Balok Laminasi setelah pengujian dan data hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5 dan Gambar 11.

Berdasarkan Tabel 5, tegangan lentur balok yang dikempa pada tekanan 1,0 MPa mempunyai nilai yang hampir sama dengan tekanan kempa 0,6 MPa, selisihnya hanya sekitar 2,1% lebih rendah. Ini menunjukkan bahwa pada range tekanan kempa 0,6 – 1,0 MPa memberi nilai yang optimum untuk

meningkatkan kekuatan geser dan lentur. Keretakan yang terjadi pada balok pada bagian tepi berupa pelepasan bagian rekatan dan semakin ke bagian tengah menunjukkan keretakan pada bagian kayu.



Gambar 11. Benda Uji Lentur Balok Laminasi dengan Tekanan Kempa 1,0 MPa

Tabel 5. Hasil Pengujian Balok Laminasi Tekanan Kempa 1,0 MPa

Benda uji	Beban maksimum (kg)	Keretakan awal		Keruntuhan		Tegangan Lentur Maks. (kg/cm ²)
		Lendutan (mm)	Beban (kg)	Lendutan (mm)	Beban (kg)	
Km1,0a	2050	14	1950	19	2050	618,53
Km1,0b	1900	12	1800	15	1900	567,24
Km1,0c	2450	9	2050	13	2450	742,98

d. Tekanan Kempa 1,4 MPa

Tekanan kempa 1,4 MPa merupakan tekanan kempa tertinggi yang dilakukan pada balok laminasi pada penelitian ini. Sampel yang digunakan diberi kode Km1,4a, Km1,4b dan Km1,4c. Hasil pengujian pada balok laminasi pada tekanan kempa 1,4 MPa ditampilkan dalam Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Pengujian Balok Laminasi Tekanan Kempa 1,4 MPa

Benda uji	Beban maksimum (kg)	Keretakan awal		Keruntuhan		Tegangan Lentur Maks. (kg/cm ²)
		Lendutan (mm)	Beban (kg)	Lendutan (mm)	Beban (kg)	
Km1,4a	1950	15	1900	16	1950	636,89
Km1,4b	2200	11	2050	15	2200	683,76
Km1,4c	1600	11	1500	14	1600	497,28

Dari rata-rata keteguhan geser yang dicapai kombinasi ini sedikit lebih rendah dibandingkan dengan tekanan kempa 1,0 MPa dan tekanan kempa 0,6 MPa. Terlepasnya perekatan terutama pada bagian ujung balok merupakan pola keretakan yang ditunjukkan pada kombinasi tekanan kempa 1,4 MPa, dan ke bagian tengah terjadi keretakan pada kayu terutama kayu Meranti. Pengempaan yang terlalu besar menyebabkan terjadinya aliran sisi bahan perekat terutama pada bagian ujung balok.

4. Pembahasan

Hasil pengujian rata-rata untuk semua kombinasi dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Perbandingan rata-Rata Hasil Pengujian Balok Laminasi

Variasi Tekanan Kempa	Lendutan Maksimum (mm)	Beban Maksimum (kg)	Tegangan Lentur Maksimum (kg/cm ²)
Tekanan kempa 0,200 Mpa	6,667	1.483,333	471,86
Tekanan kempa 0,600 Mpa	11,000	2.066,667	656,37
Tekanan kempa 1,000 Mpa	15,667	2.133,333	642,92
Tekanan kempa 1,400 Mpa	15,000	1.916,667	605,98

Tabel 7 menunjukkan bahwa tegangan lentur rerata maksimum dicapai pada tekanan kempa 0,60 MPa sebesar 656,37 kg/cm², tapi bila dilihat dari besar beban yang dapat diterima balok dengan tekanan kempa 1,000 MPa mencapai nilai tertinggi. Tekanan kempa 0,2 MPa menghasilkan nilai tegangan lentur terendah dalam penelitian ini yaitu sebesar 471,86 kg/cm². Ini menunjukkan bahwa tekanan kempa yang memberi kontribusi untuk peningkatan kuat lentur balok kayu laminasi adalah sekitar 0,6 – 1,0 MPa.

Dari penjelasan hasil pengujian di atas dapat diuraikan salah satu faktor penting yang mempengaruhi kekuatan rekatan balok laminasi pada penelitian ini diantaranya beban/gaya pengempaan. Pada penelitian ini pengempaan merupakan salah satu faktor utama penentu kekuatan rekatan. *Range* pengempaan yang direkomendasikan Selbo et al. [4] sebesar 100 – 200 psi atau 0,6 – 1,3 MPa, sedangkan menurut Maryanto [5] sebesar 0,3 – 1,3 MPa. Pengempaan sebesar 0,2 MPa pada penelitian ini menunjukkan hasil perekatan yang kurang optimal karena beban kempa yang ringan menyebabkan bahan perekat pada daerah rekatan masih tebal dan belum mencapai ketipisan yang dapat menghasilkan kekuatan rekatan yang tinggi. Pengempaan sebesar 0,6 dan 1,0 MPa berada dalam *range* yang disarankan. Penekanan 0,6 MPa dan 1,0 MPa dapat menghasilkan ketebalan rekatan yang lebih kecil dan bahan perekat dapat meresap lebih baik ke dalam pori-pori kayu.

Pengempaan 1,4 MPa menghasilkan kekuatan rekatan yang sedikit lebih rendah dari tekanan kempa 0,6 dan 1,0 MPa. Penekanan yang besar pada tekanan kempa ini banyak menyebabkan terjadinya pengaliran bahan perekat ke sisi balok laminasi terutama pada bagian ujung sewaktu perekat masih belum mengeras. Pengaliran sisi ini paling banyak mempengaruhi kekuatan rekatan pada ujung balok, sehingga pada beberapa benda uji pelepasan perekat pada ujung balok lebih banyak terjadi.

Kadar air kayu pada pengujian ini tidak memberikan banyak pengaruh karena telah memenuhi syarat yaitu di bawah 15%. Dalam keadaan dengan kadar air yang lebih tinggi Kayu

Keruing mempunyai kemampuan untuk menyeras bahan perekat lebih kecil dibandingkan kayu Meranti, namun kayu Keruing memiliki berat jenis yang lebih besar sehingga kekuatan geser kayunya menjadi lebih besar. Disamping itu porositas kayu Keruing lebih kecil dari kayu Meranti sehingga bahan perekat tidak mudah tembus ke dalam kayu walaupun dengan pengempaan yang tinggi.

Pelaburan yang digunakan pada penelitian ini adalah pelaburan dua sisi karena pelaburan jenis ini cenderung memiliki kekuatan rekatan yang lebih besar dibandingkan dengan pelaburan satu sisi. Periode atau lama pengempaan selama 6 (enam) jam dilakukan sesuai dengan persyaratan yang direkomendasikan oleh pembuat perekat Epoksi. Karena perekat ini dilengkapi dengan bahan tambah berupa pengeras maka proses pengerasan dapat berlangsung lebih cepat.

Dari berbagai uraian yang disebutkan di atas faktor yang paling banyak mempengaruhi adalah beban pengempaan dan berat jenis atau kepadatan pori-pori kayu. Selain itu sangat diperlukan untuk memperhatikan *range* pengempaan yang telah disyaratkan pada beberapa proses penelitian. Pengempaan sebesar 0,6 sampai dengan 1,0 MPa dapat menghasilkan kekuatan lentur yang tinggi dengan meminimalisasi terjadinya kerusakan dan kekurangan bahan perekat pada kayu laminasi akibat penekanan berlebihan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Dari hasil penelitian ini didapatkan tekanan kempa 0,6 MPa dengan kombinasi Keruing Meranti Keruing menghasilkan keteguhan rekat maksimum sebesar 75,13 kg/cm² untuk perekat MF dan 58,09 kg/cm² untuk perekat PVA.
2. Berdasarkan hasil pengujian balok laminasi pada tekanan kempa 0,6 MPa dengan kombinasi KMK memakai perekat MF menghasilkan tegangan lentur maksimum 786,12 kg/cm², dan lendutan maksimum yang dicapai adalah 12 mm.

Saran

1. Pada penelitian ini tidak ditinjau pengaruh sambungan pada balok laminasi karena memakai lapisan kayu yang panjang. Oleh karena itu diharapkan penelitian selanjutnya dapat meninjau pengaruh sambungan terhadap kinerja balok kayu laminasi
2. Penelitian selanjutnya tentang pengempaan kayu laminasi mungkin masih harus meninjau

pengaruh lama pengempaan terhadap kekuatan rekatannya sehingga diperoleh durasi pengempaan yang optimum.

3. Dalam penelitian tentang kayu laminasi selanjutnya perlu diperhatikan kesempurnaan dari proses pencampuran, pangadukan dan pelaburan perekat.
4. Untuk penelitian tentang pengempaan kayu laminasi selanjutnya diperlukan alat pengempaan yang lebih akurat dalam memberikan tekanan kempa terukur pada kayu laminasi.

DAFTAR PUSTAKA

1. Priyadi, H., *Tinjauan Kuat Geser Kayu Laminasi antara kayu Keruing dan kayu Meranti dengan Menggunakan beberapa Perekat*, Skripsi, Universitas Mataram, Mataram, 2003.
2. Hidayatullah, *Pengaruh variasi tebal kayu Penyusun arah Vertikal terhadap kuat Lentur Balok Kayu Laminasi (Glulam) dari Kayu Sengon dan Kayu Keruing*, Skripsi, Universitas Mataram, Mataram, 2004.
3. Nirmala, A., *Tinjauan Kuat Lentur Balok Laminasi Profil I (kayu Jati dan Kelapa)* Skripsi, Universitas Mataram, Mataram, 2004.
4. Selbo, M.L. and Freas, A.D., *Fabrication and Design of Glued Laminated Wood Structural Members*, United States Department of Agriculture, Washington D.C., 1954.
5. Maryanto, *Pengaruh Gaya Pengempaan Terhadap Kuat Geser Balok Kayu Laminasi*, Thesis S2, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 2003.
6. Fakhri, *Pengaruh Jumlah Kayu Pengisi Balok Komposit Kayu Keruing Sengon Terhadap Kekuatan Lentur Balok Kayu Laminasi (Glulam Beams)*, Tesis, Pasca Sarjana Universitas Gajah Mada Yogyakarta, Yogyakarta, 2001.
7. Dayadi, I., *Pengaruh Perebusan dan Bidang Orientasi Terhadap Keteguhan Rekat Kayu lamina Meranti Merah dan Kapuk*, Thesis S2, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta, 2001.
8. Anonim, *Standar Metode Pengujian Kuat Geser Kayu di Laboratorium*, SKSNI M26-1991-03 Departemen Pekerjaan Umum, Yayasan LPMB, Bandung, 1991.
9. Anonim, *Standar Metode Pengujian Kuat Lentur Kayu di Laboratorium*, SKSNI M27-1991-03 Departemen Pekerjaan Umum, Yayasan LPMB, Bandung, 1991.
10. Prayitno, T.A., *Perekatan Kayu*, Fakultas Kehutanan Universitas Gajah Mada, Yogyakarta, 1996.