

LAMINASI BALOK KAYU BANGKIRAI SEBAGAI PENGGANTI BALOK KAYU BERUKURAN BESAR DENGAN PERKUATAN PENULANGAN KAWAT RAM UNTUK BAHAN STRUKTURAL BANGUNAN

Dedi Budi Setiawan¹⁾, Sukardi²⁾, Supriyo³⁾, Suwanto⁴⁾, dan Hadi wibowo⁵⁾

Teknik Sipil, Politeknik Negeri Semarang, Jl. Prof. H. Soedarto, S.H., Semarang, 50275
E-mail: sekretariat@polines.ac.id

Abstract

The increasing population in Indonesia has an impact on the increase in the number of building materials. Wood as a type of building material also has an increasing need from year to year. But this is not followed by the supply of wood in the community that can be used for the construction sector. The purpose of this study was to determine the physical properties, mechanical properties of bangkirai wood laminated beams by strengthening the reinforcement of ram wire in its application to replace large wooden blocks. In making the reinforcement the ram wire reinforcement is given to increase the bending ability. The adhesive material used in this experiment is a type of thermoset adhesive with a cold pressing type gluing technique using room temperature. The gluing method used is the MDGL method. The adhesive used in making laminated beams is a type of Urea Formaldehida adhesive. Pressing is given evenly on laminated beams of 8.5 Mpa. Bangkirai wood lamination reinforcing ram wire has a compressive strength // fiber that is almost the same as 0.11% different solid wood. Bangkirai wood laminated reinforcement ram wire has a smaller TL fiber fiber compressive strength than solid wood 2.15%. Bangkirai wood lamination reinforcing ram wire has a shear strength smaller than 13.21% different solid wood. Bangkirai wood laminated reinforced ram wire has Modulus of Repture (MOR) which is larger than different solid wood 16.17%. Laminated beam with reinforced ram wire that occurs at MOR.

Keywords: *lamination, bangkirai wood, reinforcement of ram wire*

Abstrak

Bertambahnya jumlah penduduk di Indonesia memberi dampak pada peningkatan akan jumlah bahan bangunan. Kayu sebagai salah satu jenis bahan bangunan juga mengalami peningkatan kebutuhan dari tahun ke tahun. Namun hal ini tidak diikuti dengan penyediaan kayu di masyarakat yang dapat dipergunakan untuk bidang konstruksi. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui sifat fisik, sifat mekanik balok laminasi kayu bangkirai dengan perkuatan penulangan kawat ram dalam aplikasinya untuk pengganti balok kayu berukuran besar. Dalam pembuatannya perkuatan penulangan kawat ram diberikan guna peningkatan kemampuan lentur. Bahan perekat yang dipergunakan dalam percobaan ini adalah jenis perekat thermoset dengan teknik perekatan tipe pengempaan dingin dengan menggunakan suhu ruangan. Metode perekatan yang digunakan cara MDGL. Perekat yang digunakan dalam pembuatan balok laminasi adalah perekat jenis Urea Formaldehida. Pengempaan diberikan secara merata pada balok laminasi sebesar 8,5 Mpa. Kayu Bangkirai laminasi perkuatan kawat ram mempunyai kuat tekan // serat yang hampir sama dengan kayu solid berbeda 0,11%. Kayu Bangkirai laminasi perkuatan kawat ram mempunyai kuat tekan TL serat yang lebih kecil dari kayu solid berbeda 2,15%. Kayu Bangkirai laminasi perkuatan kawat ram mempunyai kuat geser yang lebih kecil dari kayu solid berbeda 13,21%. Kayu Bangkirai laminasi perkuatan kawat ram mempunyai Modulus of Repture (MOR) yang lebih besar dari kayu solid berbeda 16,17%. Balok laminasi dengan perkuatan kawat ram peningkatan yang terjadi pada MOR.

Kata Kunci: *Fly Ash, Batu bata, Beton geopolimer.*

PENDAHULUAN

Kayu merupakan salah satu bahan yang dipakai manusia untuk memenuhi keperluan hidupnya, baik sebagai bahan bangunan, alat rumah tangga atau alat bantu lainnya. Pemakaian kayu sebagai bahan bangunan, telah dikenal sejak lama, tidak saja untuk konstruksi di bawah atap, tetapi juga konstruksi di tempat terbuka, dalam air atau ditanam di tanah.

Menurut Yap (1984:3) kayu sebagai bahan konstruksi mempunyai kelebihan, yaitu sifat kekuatan yang tinggi dan berat yang rendah, mempunyai daya penahan yang tinggi terhadap pengaruh kimia dan listrik, dapat mudah dikerjakan, relatif murah dibandingkan bahan lain. Yap (1984:3) juga mengemukakan kekurangan dari sifat kayu, yaitu kayu memiliki sifat kurang homogen dengan cacat-cacat alam, beberapa kayu kurang awet pada keadaan tertentu serta kayu dapat memuai dan menyusut.

Permasalahan yang terjadi bertambahnya jumlah penduduk di Indonesia memberi dampak pada peningkatan akan jumlah bahan bangunan. Kayu sebagai salah satu jenis bahan bangunan juga mengalami peningkatan kebutuhan dari tahun ke tahun. Namun hal ini tidak diikuti dengan penyediaan kayu di masyarakat yang dapat dipergunakan untuk bidang konstruksi. Menurut Suryokusumo dan Subiyanto (1997:3) pasokan dari hutan alam sudah semakin menurun baik kualitas maupun kuantitasnya, sehingga saat ini cenderung digunakan kayu dengan kualitas rendah sebagai bahan konstruksi karena terbatasnya ukuran kayu yang beredar dipasaran. Salah satu cara mengatasi masalah tersebut adalah penggunaan kayu laminasi (*laminated wood*) sebagai pengganti kayu solid. Kayu laminasi adalah gabungan dua atau lebih kayu penggergajian yang direkatkan sedemikian rupa sehingga arah serat kayu sejajar (Suryokusumo dan Subiyanto, 1997:5).

(Dedi dkk, 2006) Dalam pembuatan balok laminasi perlu memperhatikan perataan baik muka kayu maupun pengolesan perekat. (Dedi dkk, 2009) Kekuatan balok laminasi dipengaruhi oleh kekuatan dalam pengempaan. Pengempaan sebesar 8,5 Mpa memberikan kekuatan lentur yang signifikan. Kayu Bangkirai laminasi vertikal mempunyai kekuatan yang lebih rendah rata-rata sebesar 3,14 % dibandingkan dengan balok kayu bangkirai laminasi horisontal (Dedi dkk, 2012). Untuk balok laminasi kayu bangkirai arah vertikal dan horisontal dapat dianggap sebagai balok kayu solid dengan koreksi kekuatan sebesar 4,62 % (Dedi dkk, 2013).

Permasalahan yang terjadi pasokan kayu dari hutan alam sudah semakin menurun baik kualitas maupun kuantitasnya, sehingga saat ini cenderung digunakan kayu dengan kualitas rendah sebagai bahan konstruksi karena terbatasnya ukuran kayu yang beredar dipasaran. Kedua bagaimana kita meningkatkan kemampuan lentur yang dimiliki kayu tersebut. Sehingga balok kayu mempunyai kehandalan yang lebih dalam menerima beban.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui sifat fisik, sifat mekanik dan pengaruh laminasi balok kayu bangkirai dengan perkuatan penulangan kawat ram sebagai pengganti balok kayu berukuran besar untuk bahan bangunan.

Hasil penelitian ini diharapkan bermanfaat :

1. Laminasi balok kayu bangkirai sebagai alternatif pengganti kayu berukuran besar di pasaran yang semakin sulit didapatkan.
2. Dengan perkuatan penulangan kawat ram diharapkan balok laminasi memberikan kelebihan kemampuan lentur untuk bahan struktur bangunan.

Agar penelitian ini dapat terarah dan sesuai dengan tujuan penelitian maka perlu dibatasi dengan lingkup permasalahan.

1. Dalam penelitian ini akan meninjau perilaku balok laminasi kayu bangkirai terhadap kuat lentur dengan gaya pengempaan sampai kuat tekan tegak lurus maksimal kayu bangkirai yaitu 8,5 Mpa
2. Kadar air kayu laminasi antara 9% sampai 15%.
3. Dimensi balok yang dipaki adalah lebar (b) = 50 mm, dan tinggi 75 mm dengan panjang bentang (L) = 900 mm.
4. Faktor puntiran dan pengawetan kayu tidak dipertimbangkan.
5. Perkuatan penulangan kawat ram ½”

Inovasi dari penelitian ini adalah pemberian perkuatan penulangan kawat ram diharapkan balok laminasi memberikan kelebihan kemampuan lentur untuk bahan struktur bangunan. Untuk mendapatkan hasil yang optimal penelitian pada pembuatan balok laminasi dan pemberian pengempaan yang merata sebesar 8,5 Mpa.

Penelitian ini diharapkan mendapatkan data mengenai kekuatan kayu bangkirai laminasi dengan perkuatan tulangan kawat ram. Diharapkan dapat menjadi bahan masukan bagi peneliti berikutnya dan memperkaya penelitian tentang konstruksi kayu terutama di bidang konstruksi sipil.

TINJAUAN PUSTAKA

Sifat kayu dapat dibagi menjadi tiga macam yaitu sifat fisika, sifat mekanik dan sifat kimia dimana ketiga sifat tersebut sangat mempengaruhi terhadap kekuatan suatu jenis kayu. Sifat fisik kayu dapat dibagi menjadi berat jenis, keawetan alami kayu, warna kayu, hogroskopik, tekstur, serat, berat kayu, kesan raba, bau dan rasa. Sifat yang sangat mempengaruhi kekuatan kayu adalah berat jenis. Menurut **Dumanauw (2000:15)** kayu memiliki berat jenis yang berbeda-beda, yaitu antara BJ 0,2 (kayu balsa) sampai 1,28 (kayu nani). Terdapat hubungan antara berat jenis, berat kayu dan kekuatan kayu dimana semakin berat kayu tersebut maka berat jenisnya dan kekuatan kayu mengalami peningkatan. Hubungan antara kepadatan atau berat jenis dengan kelas kekuatan kayu (**PKKI NI-5 1961**) seperti terlihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Hubungan berat jenis dengan kelas kekuatan kayu

Kelas Kekuatan	Berat Jenis Kering Udara	Kuat lentur (kg/cm ²)	Kuat Tekan (kg/cm ²)
I	≥ 0,9	≥ 1100	≥ 650
II	0,9-0,6	1000-725	650-425
III	0,6-0,4	725-500	425-300
IV	0,4-0,3	500-350	300-215
V	< 0,3	< 360	< 215

Sifat kimia kayu sangat membantu dalam proses pengenalan dari kayu tersebut. Komponen ini sangat bervariasi, hal ini karena sangat dipengaruhi oleh lokasi di mana pohon itu tumbuh serta iklim. Tabel 2.2 menerangkan komponen kimia pada kayu menurut golongan kayu.

Tabel 2.2. Komponen kimia kayu

Komponen Kimia	Golongan Kayu	
	Kayu Daun Lebar (%)	Kayu Daun Jarum (%)
Selulosa	40-45	41-44
Lignin	18-33	28-32
Pentosan	21-24	8-13
Zat Ekstraktif	1-12	2,03
Abu	0,22-6	0,89

Sumber : Vademecum Kehutanan 1976 dalam Dumanauw, (2000:28)

Sifat perilaku mekanik dari kayu adalah kuat tekan sejajar dan tegak lurus serat, kuat tarik sejajar serat, kuat geser kayu, kuat lentur kayu, modulus elastis kayu.

Balok Kayu Laminasi

Ukuran tebal dan kadar air pada kayu laminasi harus berdasarkan pada peraturan yang berlaku, dimana ukuran tebal dari tiap lapisan laminasi menurut **PKKI NI-5 1961** pasal 18 adalah antara 15 – 30 mm sedangkan menurut **Breyer (1999:5.1)** ketebalan maksimum lamina kayu satu lapis adalah 50 mm (2 in) dan tebal nominal kayu lamina yang biasa dibuat

adalah 25 - 50 mm (1-2 in). Kadar air yang terdapat pada kayu laminasi jika berdasarkan **PKKI NI-5 1961** pasal 18, kayu yang akan direkatkan harus mempunyai kadar lengas $\leq 15\%$ dan perbedaan kadar lengas antara masing-masing papan kayu harus $\leq 3\%$. Menurut **Breyer (1999:5.7)** kadar air untuk papan yang akan direkatkan sebesar $\leq 16\%$ dan perbedaan kadar air antara masing-masing papan kayu harus $\leq 5\%$.

Kayu Bangkirai

Kayu bangkirai (*Shorea laevifolia Endert*) merupakan kayu yang memiliki kadar zat ekstraktif yang cukup tinggi sehingga memiliki sifat keawetan yang tinggi. Kayu bangkirai yang dikenal dalam masyarakat Indonesia memiliki nama antara lain Kalimantan : benua, benuas, enggelam, bangkirai (Balikpapan). Kayu ini memiliki kekuatan kelas I-II dan termasuk kelas awet I-II dengan berat jenis 0,62 sampai 0,91 tergantung jenisnya (**PKKI NI-5 1961**). Ciri fisiknya, dapat kita amati seperti warna kayu yang agak kemerah-merahan, serat kecil-kecil agak retak, keras, tidak ada lingkaran tahun, secara umum bobot lebih besar dan tidak punya inti.

Perekatan Kayu

Menurut **Prayitno (1996:5)** perekatan merupakan usaha penggabungan dua buah permukaan bahan dengan ikatan permukaan yang terdiri atas bermacam-macam gaya ikatan. Alat penyambung berupa perekat, termasuk alat penyambung yang terbaik, karena kayu yang disambung untuk konstruksi tidak berkurang luas penampangannya (**PEDC Bandung, 1987:2-59**).

Menurut **Prayitno (1996:40-41)** terdapat dua cara perekatan, cara pertama adalah bila kedua bidang permukaan dilabur, maka disebut MDGL atau peleburan dua sisi. Cara ini perekat dilaburkan pada kedua permukaan bahan yang direkatkan sehingga kedua bahan yang akan direkatkan dilapisi dengan perekat, sebelum keduanya direkatkan, cara ini memerlukan perekat tambahan sebanyak 10%. Cara kedua adalah MSGGL atau peleburan satu sisi. Pada cara ini perekat hanya dilaburkan pada satu permukaan saja dari bahan yang akan direkatkan. Model perekatan sistem dua sisi memiliki kecenderungan peningkatan kekuatan perekatan. Menurut **PKKI NI-5 1961** pasal 18 terdapat beberapa macam perekat yang dapat dipergunakan sebagai perekat untuk konstruksi kayu berlapis majemuk, seperti terdapat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3. Macam Perekat

Macam Perekat	Bentuk Dalam Perdagangan	Cocok Untuk Bangunan
Casein	Tepung	Yang terlindung seperti kuda-kuda
Urea Formaldehyde Resin	Cairan atau tepung dengan zat pengeras	Yang terlindung dimana warna perlu diutamakan.
Resorcinol Resin	Cairan dengan zat pengeras	Yang tidak terlindung seperti jembatan, stadion, bangunan kapal.
Phenolic Resin	Cairan dengan zat pengeras	Yang tidak terlindung seperti jembatan, stadion, bangunan kapal.

Sumber : PKKI-NI-5 1961 pasal 18

Menurut **Gunawan P (2007)** perekat *urea formaldehyde* pada balok laminasi menghasilkan kekuatan lebih kuat daripada perekat *melamine formaldehyde*. (**Dedi dkk, 2006**) Dalam pengolesan perekat harus dilakukan dengan merata di semua bidang dan memperhatikan perataan pada bidang yang mau direkatkan.

Gaya Pengempaan

Pengempaan bertujuan untuk menempelkan lebih rapat sehingga garis perekat yang terbentuk dapat terbentuk serata dan sepejal mungkin dengan ketebalan setipis mungkin (**Selbo, 1975 dalam Prayitno, 1996:42**). Semakin tebal garis perekat ternyata kekuatan rekatan yang dihasilkan justru semakin rendah (**Chen dan Rice, 1972 dalam Prayitno, 1996:42**)

Besar dari gaya pengempaan yang sering direkomendasikan untuk perekatan kayu adalah sebesar 100-200 psi dan tebal garis perekat untuk perekat UF setebal 0,002 in sedang untuk RF 0,010 in (**Selbo, 1975 dalam Prayitno, 1996:42**). Menurut **Kollmann et al (1975)** gaya pengempaan untuk kayu lunak sebesar 15 kp/cm^2 (1,5 Mpa) dan untuk kayu keras sebesar 25 kp/cm^2 (2,5 Mpa). Pemberian gaya kempa yang terlalu tinggi akan mengakibatkan menurunnya kekuatan rekatan hal ini menurut **Prayitno (1995:8)** tekanan tinggi menyebabkan terdesaknya molekul-molekul perekat pada garis perekat dan berpindah dari permukaan bahan ke dalam bahan yang direkat (penetrasi) dan perpindahan kesamping dan ke luar dari rakitan perekat

(**Dedi dkk, 2009**) Kekuatan balok laminasi dipengaruhi oleh kekuatan dalam pengempaan. Pengempaan balok kayu bangkirai sebesar 8,5 Mpa memberikan kekuatan lentur yang signifikan. Pemberian pengempaan yang lebih dari 8,5 akan memperkecil kekuatan balok laminasi karena pengempaan yang besar akan menyebabkan menipisnya perekat yang ada dan kerusakan serat kayu diawal pembuatannya.

Kawat Ram

Kawat ram yang dipakai untuk penelitian ini adalah kawat ram ayam. Ukuran dan bentuk seperti pada gambar 2.1. Biasanya kawat ram ini digunakan selain untuk kandang ayam juga untuk perbaikan dinding yang mengalami retakan.



Gambar 2.1 Kawat ram ayam 1/2"

Perancangan Balok Laminasi

Gaya geser dan normal pada balok laminasi dapat dihitung dengan persamaan 1.

$$\tau = \frac{V.Q}{I.b} \quad \dots(1)$$

dimana :

τ = tegangan normal akibat lentur (Mpa) I = momen inersia (mm⁴)
 V = gaya geser (N) Q = momen pertama penampang (Nmm)
 b = lebar balok (mm)

Perhitungan untuk harga geser maksimum yang terjadi pada balok dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.

$$\tau_{\max} = \frac{V.d^2}{8I} = \frac{3V}{2A} \quad \dots(2)$$

serta tegangan normal lentur dapat dihitung dengan Persamaan 3.

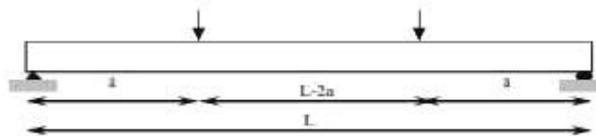
$$\sigma = \frac{M.y}{I} \quad \dots(3)$$

dimana :

σ = tegangan normal akibat lentur (Mpa) I = inersia penampang (mm⁴)
 M = momen lentur (Nmm) y = jarak antara titik yang ditinjau
dengan garis netral penampang (mm)

Perhitungan panjang balok laminasi minimum dilakukan dengan menggunakan persamaan 1 sampai 3 dimana dilakukan dengan kondisi beban sepertiga bentang (*four point bending*), seperti terlihat pada Gambar 2.2. Berdasarkan persamaan 1 sampai

persamaan 3 kemudian dijabarkan, dimana akan didapatkan hasil persamaan 4 dan persamaan 5.



Gambar 2.2. Kondisi *four point bending*

Tegangan normal

$$\sigma = \frac{M.y}{I} = \frac{\frac{P}{2} \cdot a \cdot \frac{d}{2}}{\frac{b \cdot d^3}{12}} = \frac{3P \cdot a}{b \cdot d^2} \text{ atau } P = \frac{\sigma \cdot b \cdot d^2}{3a} \quad \dots(4)$$

Tegangan geser

$$\tau_{\max} = \frac{V \cdot d^2}{8I} = \frac{3V}{2A} = \frac{3 \left(\frac{P}{2} \right)}{2b \cdot d} = \frac{3P}{4b \cdot d} \text{ atau } P = \frac{\tau \cdot 4b \cdot d}{3} \quad \dots(5)$$

Dengan menyamakan nilai P yang didapat pada tegangan geser dan tegangan normal akan didapatkan,

$$P_{\text{lentur}} = P_{\text{geser}}$$

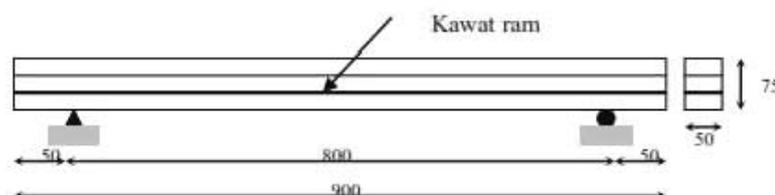
$$\frac{\sigma \cdot b \cdot d^2}{3a} = \frac{\tau \cdot 4b \cdot d}{3} \text{ maka } a = \frac{\sigma \cdot d}{4\tau} \quad \dots(6)$$

Dimensi balok laminasi diambil dengan $a = \frac{L}{3}$ maka akan didapatkan nilai L untuk kondisi

four point bending yaitu,

$$L = \frac{3\sigma \cdot d}{4\tau} \quad \dots(7)$$

dengan asumsi awal $\frac{\sigma}{\tau} = 9$ maka akan didapatkan $L = 6,75 \cdot d$. Tinggi balok laminasi (d) adalah 7,5 cm maka didapatkan $L = 50,625 \text{ cm}$. Berdasarkan dari perhitungan di atas untuk mendapatkan lentur murni, bentang yang dipakai dalam penelitian ini adalah 80 cm seperti terlihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Sketsa ukuran balok laminasi

adalah 7,5 cm maka didapatkan $L = 50,625$ cm. Berdasarkan dari perhitungan di atas untuk mendapatkan lentur murni, bentang yang dipakai dalam penelitian ini adalah 80 cm seperti terlihat pada Gambar 2.3.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan dengan maksud untuk mengetahui sifat fisik, sifat mekanik dan pengaruh laminasi balok kayu bangkirai dengan perkuatan penulangan kawat ram sebagai pengganti balok kayu berukuran besar untuk bahan bangunan. Bahan perekat yang dipergunakan dalam percobaan ini adalah jenis perekat *thermoset* dengan teknik perekatan tipe pengempaan dingin dengan menggunakan suhu ruangan. Metode perekatan yang digunakan cara MDGL. Perekat yang digunakan dalam pembuatan balok laminasi adalah perekat jenis Urea Formaldehyda. Pengempaan diberikan secara merata pada balok laminasi sebesar 8,5 Mpa.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

TABEL 1. PEMBACAAN BEBAN - LENDUTAN BALOK LAMINASI PERKUATAN L-1

Lendutan Mm	Penunjukan Dial Gauge I	Beban		Ket.
		kN	kg	
1	2	2.00	200.00	
2	3	3.00	300.00	
3	5	5.00	500.00	
4	7	7.00	700.00	
5	9	9.00	900.00	
6	11	11.00	1100.00	
7	13	13.00	1300.00	
8	15	15.00	1500.00	
9	17	17.00	1700.00	
10	19	19.00	1900.00	
11	21	21.00	2100.00	
12	22	22.00	2200.00	
13	23	23.00	2300.00	
14	24	24.00	2400.00	
15	25	25.00	2500.00	
16	26	26.00	2600.00	
17	27	27.00	2700.00	
18	30	30.00	3000.00	
19	32	32.00	3200.00	
20	33	33.00	3300.00	
21	35	35.00	3500.00	
22	37	37.00	3700.00	
23	39	39.00	3900.00	
24	41	41.00	4100.00	
25	42	42.00	4200.00	
26	43	43.00	4300.00	

27	44	44.00	4400.00	
28	45	45.00	4500.00	
29	47	47.00	4700.00	
30	49	49.00	4900.00	Rusak

TABEL 2. PEMBACAAN BEBAN - LENDUTAN BALOK LAMINASI PERKUATAN A-2

Lendutan mm	Penunjukan Dial Gauge II	Beban		Ket.
		kN	kg	
1	1	1.00	100.00	
2	2	2.00	200.00	
3	4	4.00	400.00	
4	6	6.00	600.00	
5	8	8.00	800.00	
6	10	10.00	1000.00	
7	12	12.00	1200.00	
8	14	14.00	1400.00	
9	16	16.00	1600.00	
10	18	18.00	1800.00	
11	19	19.00	1900.00	
12	20	20.00	2000.00	
13	21	21.00	2100.00	
14	22	22.00	2200.00	
15	23	23.00	2300.00	
16	24	24.00	2400.00	
17	25	25.00	2500.00	
18	27	27.00	2700.00	
19	29	29.00	2900.00	
20	31	31.00	3100.00	
21	33	33.00	3300.00	
22	35	35.00	3500.00	
23	38	38.00	3800.00	
24	41	41.00	4100.00	
25	42	42.00	4200.00	
26	44	44.00	4400.00	
27	46	46.00	4600.00	
28	48	48.00	4800.00	
29	49	49.00	4900.00	Rusak

TABEL PEMBACAAN BEBAN - LENDUTAN BALOK LAMINASI PERKUATAN A-3

Lendutan mm	Penunjukan Dial Gauge III	Beban		Ket.
		kN	kg	
1	1	1.00	100.00	
2	2	2.00	200.00	
3	4	4.00	400.00	
4	6	6.00	600.00	
5	8	8.00	800.00	
6	10	10.00	1000.00	
7	12	12.00	1200.00	
8	14	14.00	1400.00	
9	16	16.00	1600.00	
10	18	18.00	1800.00	

11	19	19.00	1900.00
12	21	21.00	2100.00
13	22	22.00	2200.00
14	23	23.00	2300.00
15	24	24.00	2400.00
16	25	25.00	2500.00
17	27	27.00	2700.00
18	30	30.00	3000.00
19	32	32.00	3200.00
20	35	35.00	3500.00
21	38	38.00	3800.00
22	40	40.00	4000.00
23	42	42.00	4200.00
24	44	44.00	4400.00
25	46	46.00	4600.00
26	48	48.00	4800.00
27	50	50.00	5000.00
28	50	50.00	5000.00

Rusak

TABEL 4. KERAPATAN

NO	Ukuran Benda Uji Awal			Ukuran Benda Uji Akhir				Kadar Air W	Kerapatan p	
	b cm	h cm	t cm	berat gram	b cm	h cm	t cm			berat gram
I	4.5	4.7	2.5	54.75	4.5	4.7	2.5	49.35	10.94%	1.035461
II	4.7	4.8	2.5	55.87	4.8	4.7	2.5	50.61	10.39%	0.9906028
III	4.6	4.8	2.6	55.25	4.6	4.7	2.6	50.2	10.06%	0.9824094
									31.40%	2.9884733
									10.47%	0.9961578

TABEL 5. PERHITUNGAN MODULUS OF REPTURE (MOR)

Benda Uji	Pmax	Lendutan	Lebar	Tinggi	Panjang	MOR	MOR rata-rata
	kg	cm	cm	cm	cm	kg/cm ²	kg/cm ²
I	4900	3	6.1	8.1	80	979.46	978.21
II	4900	2.9	6.1	8.2	80	955.72	
III	5000	2.8	6.1	8.1	80	999.45	

TABEL 6. UJI TARIK SEJAJAR SERAT

NO	Ukuran Benda Uji		Luas cm ²	Beban kg	Tegangan kg/cm ²	Tegangan Rata-Rata kg/cm ²
	b cm	h cm				
I	1.6	0.9	1.44	1526	1059.72	1103.12
II	1.5	0.9	1.35	1543	1142.96	
III	1.5	0.9	1.35	1494	1106.67	

TABEL 7. UJI TEKAN SEJAJAR SERAT

NO	Ukuran Benda Uji		Luas cm ²	Beban kg	Tegangan kg/cm ²	Tegangan Rata-Rata kg/cm ²
	b	h				
	cm	cm				
I	5.1	7.5	38.25	23100	603.921569	601.30719
II	5.1	7.5	38.25	23000	601.30719	
III	5.1	7.5	38.25	22900	598.69281	

TABEL 8. UJI TEKAN TEGAK LURUS SERAT

NO	Ukuran Benda Uji		Luas cm ²	Beban kg	Tegangan kg/cm ²	Tegangan Rata-Rata kg/cm ²
	b	h				
	cm	cm				
I	4.9	5	24.5	4700	191.84	191.97
II	5	5	25	4700	188.00	
III	5.1	5.1	26.01	5100	196.08	

TABEL 9. UJI KUAT GESER SEJAJAR SERAT

NO	Ukuran Benda Uji		Luas cm ²	Beban kg	Tegangan kg/cm ²	Tegangan Rata-Rata kg/cm ²
	b	h				
	cm	cm				
I	2.6	4.5	11.7	1204.52	102.95	110.25
II	2.6	4.5	11.7	1310.66	112.02	
III	2.6	4.4	11.44	1324.51	115.78	

Pembahasan

Sifat Fisika

Perhitungan kadar air dan kerapatan dilakukan dengan cara konvensional dengan menggunakan oven dan penimbangan. Perhitungan kadar air untuk sample didapatkan data bahwa kadar air untuk sample sebesar 10,94% sampai 10,06%, sehingga kadar air rata-rata yang didapat adalah 10,47%. Pengambilan sample dilakukan pada saat kayu telah mencapai tahapan pengeringan selama dua minggu sejak pembelian kayu.

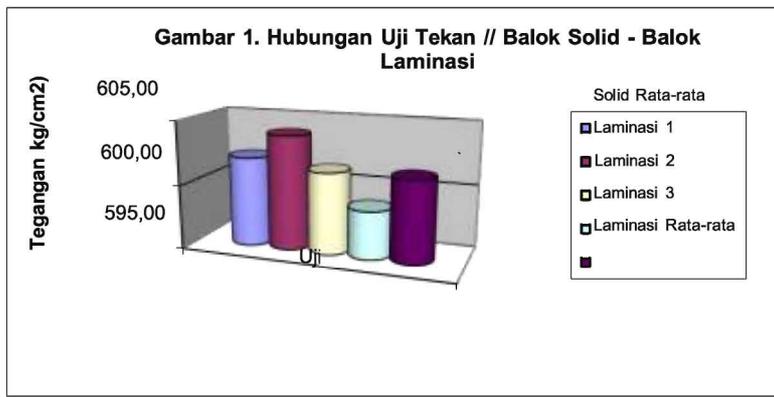
Dengan demikian benda uji telah mencapai kadar air sesuai yang telah diinginkan sebesar 9-15%. Pada ketentuan perekat yang dipergunakan pada penelitian ini, mensyaratkan bahwa kadar air untuk perekat sebesar 6% sampai 12%, sehingga kadar air telah memadai dan memenuhi syarat yang telah ditetapkan.

Perhitungan kerapatan kayu pada sample didapatkan kerapatan 1,035 gram/cm³, 0,991 gram/cm³ dan 0,968 gram/cm³ sehingga kadar air rata-rata yang didapat adalah 0,962 gram/cm³.

2. Sifat Mekanika

TABEL SIFAT MEKANIK BALOK SOLID

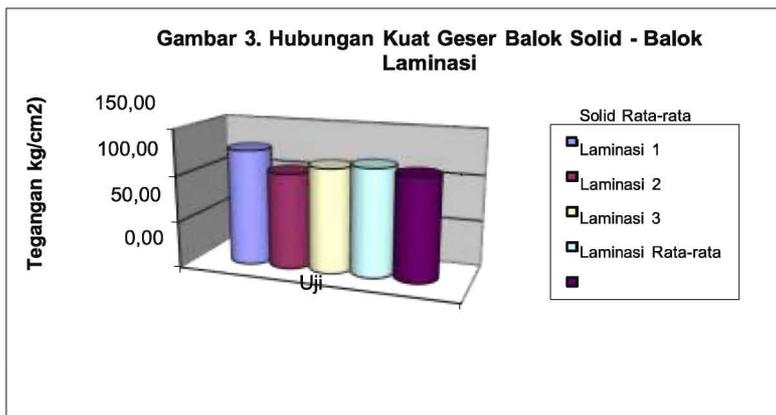
Ulangan	Kekuatan (kg/cm ²)				
	Tekan //	Tekan TL	Geser	MOR	Tarik //
Rata-rata	602.00	196.10	124.82	801.60	1285.28



Pada Gambar 1. dapat terlihat bahwa Balok Laminasi Solid mempunyai Tegangan Tekan Sejangkar serat rata-rata sebesar 602.000 kg/cm², pada balok laminasi vertikal ulangan pertama mempunyai nilai sebesar 603,922 kg/cm² sedangkan pada balok laminasi vertikal ulangan kedua dan tiga mempunyai nilai sebesar 601,307 kg/cm² dan 598,693 kg/cm². Untuk nilai rata-rata dari balok laminasi adalah sebesar 601,307 kg/cm². Dapat disimpulkan bahwa tegangan tekan sejangkar serat rata-rata pada balok laminasi horisontal lebih besar 0,115 % dari pada balok laminasi rata-rata. Hal ini kemungkinan karena serat kayu pada masing-masing lapisan laminan yang arah dan besarnya serat berbeda.



Untuk Gambar 2. kita dapat melihat bahwa Balok Solid mempunyai Tegangan Tekan Tegak Lurus Serat rata-rata sebesar 196,10 kg/cm², pada balok laminasi ulangan pertama mempunyai nilai sebesar 191,97 kg/cm² sedangkan pada balok laminasi ulangan kedua dan tiga mempunyai nilai sebesar 188,00 kg/cm² dan 196,08 kg/cm². Untuk nilai rata-rata dari balok laminasi adalah sebesar 196,10 kg/cm². Selisih antara tegangan tekan tegak lurus serat rata-rata pada balok solid dengan balok laminasi adalah sebesar 2,15 %. Kemungkinan karena arah serat yang berlainan dan berat jenis yang berbeda antara lapisan laminan satu dengan yang lain.

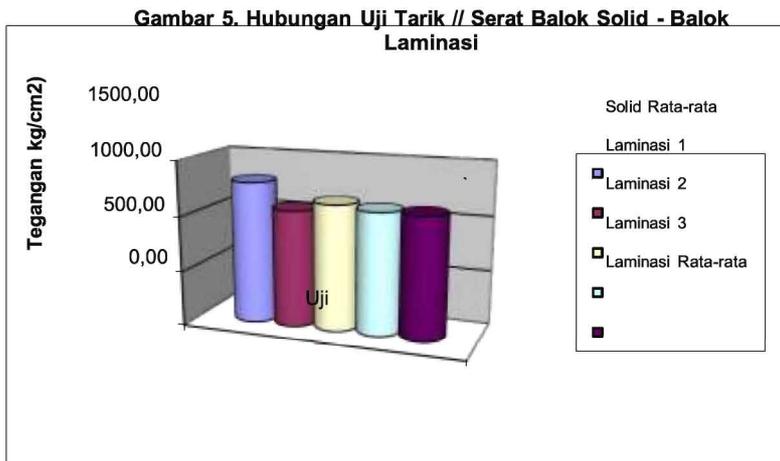


Pada Gambar 3. terlihat bahwa Balok Solid mempunyai kuat geser rata-rata sebesar 124,82 kg/cm², pada balok laminasi ulangan pertama mempunyai nilai sebesar 102,95 kg/cm² sedangkan pada balok laminasi ulangan kedua dan tiga mempunyai nilai sebesar 112,02 kg/cm² dan 115,78 kg/cm². Untuk nilai rata-rata dari balok laminasi adalah sebesar 110,25

kg/cm². Selisih kuat geser rata-rata antara balok solid dengan balok laminasi sebesar 13,2%, ini kemungkinan karena kekompakan serat-serat antar lapisan laminan.



Pada Gambar 4. dapat terlihat bahwa Balok Kayu Solid mempunyai Modulus of Repture rata-rata sebesar 801,60 kg/cm², pada balok laminasi ulangan pertama mempunyai nilai sebesar 901,92 kg/cm² sedangkan pada balok laminasi ulangan kedua dan tiga mempunyai nilai sebesar 936,21 kg/cm² dan 955,72 kg/cm². Untuk nilai rata-rata dari balok laminasi adalah sebesar 931,28 kg/cm². Modulus of repture rata-rata balok laminasi perkuatan lebih besar 16,17 % bila dibandingkan dengan rata-rata balok solid ini mungkin karena penambahan kawat ram pada lapisan balok laminasi.



Pada Gambar 5. dapat terlihat bahwa Balok Solid mempunyai Tegangan Tarik Sejajar serat rata-rata sebesar 1285,28 kg/cm², pada balok laminasi ulangan pertama mempunyai nilai sebesar 1059,72 kg/cm² sedangkan pada balok laminasi ulangan kedua dan tiga mempunyai nilai sebesar 1142,96 kg/cm² dan 1106,67 kg/cm². Untuk nilai rata-rata dari balok laminasi

adalah sebesar 1103,12 kg/cm². Bila dibandingkan tegangan tarik sejajar serat antara balok laminasi horisontal rata-rata dengan balok laminasi vertikal rata-rata adalah sebesar 16,5 %. Kemungkinan karena kekompakan arah serat antara lapisan laminasi satu dengan yang lain tidak seragam. Juga kemungkinan karena pengempaan antara balok laminasi satu dengan yang lain berbeda.

Hasil pengujian sifat mekanik balok kayu bangkirai laminasi dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Nilai Kekuatan Balok Kayu laminasi Perkuatan

Ulangan	Kekuatan (kg/cm ²)				
	Tekan //	Tekan TL	Geser	MOR	Tarik //
1	603.92	191.84	102.95	901.92	1059.72
2	601.31	188.00	112.02	936.21	1142.96
3	598.69	196.08	115.78	955.72	1106.67
Rata-rata	601.31	191.97	110.25	931.28	1103.12

KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan terhadap hasil penelitian maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Kayu Bangkirai laminasi perkuatan kawat ram mempunyai kuat tekan // serat yang hampir sama dengan kayu solid berbeda 0,11%.
2. Kayu Bangkirai laminasi perkuatan kawat ram mempunyai kuat tekan TL serat yang lebih kecil dari kayu solid berbeda 2,15%.
3. Kayu Bangkirai laminasi perkuatan kawat ram mempunyai kuat geser yang lebih kecil dari kayu solid berbeda 13,21%.
4. Kayu Bangkirai laminasi perkuatan kawat ram mempunyai Modulus of Repture (MOR) yang lebih besar dari kayu solid berbeda 16,17%.
5. Balok laminasi dengan perkuatan kawat ram peningkatan yang terjadi pada MOR.

REFERENSI

- Breyer DE. 1999. *Design Of Wood Struxrures*. Fourth Edition. McGraw-Hill. New York
- (CWC) Canadian Wood Council. 2000. *Wood Reference Handbook : A guide to the architectural use of wood in building construction*. Ed ke-4. Ottawa : Canadian Wood Council.
- Dedi B. S. dkk, 2006, *Pemanfaatan Balok Laminasi Kayu Bangkirai Sebagai Bahan Pengganti Balok Kayu Solid Untuk Konstruksi Rangka Kuda-Kuda Rumah Tinggal Guna Mengatasi Semakin Terbatasnya Ukuran Kayu Yang Beredar Di Pasaran*, Penelitian Dosen Muda 2006.
- Dedi B.S. dkk, 2009, *Pengujian Kuat Lentur Balok Laminasi Kayu Bangkirai Dengan Perlakuan Pengempaan Yang Berbeda Guna Penggantian Penggunaan Kayu Solid Sebagai Material Bahan Bangunan*, Peneltian Pengembangan 2009.
- Dedi B.S. dkk, 2013, *Laminasi Arah Vertikal Pada Balok Kayu Bangkirai Sebagai Pengganti Balok Kayu Solid*. Penelitian Hibah Bersaing 2012 (Ketua)
- Dedi B.S. dkk, 2012, *Laminasi Arah Vertikal dan Horisontal Pada Balok Kayu Bangkirai arah Vertikal Sebagai Pengganti Balok Kayu Solid*. Penelitian Hibah Bersaing 2013
- Dumanauw, J.F, 2000, *Mengenal Kayu*, SMITIK-PIKA, Semarang
- Gunwan, P, 2007, *Pengaruh Jenis Perekat Terhadap Keruntuhan Lentur Balok Laminasi Galar dan Bilah Vertikal Bambu Petung*, Media Teknik Sipil, Januari 2007
- Kollmann, F.P.P, Kuenzi dan A.J. Stamm, 1975, *Principle of Wood Science and Thechnology*, Wood Based Material Volume II, New York.
- Moody RC, Hernandez R, Liu JY. 1999. *Glued structural members*. Didalam: *Wood Handbook, Wood as an Engineering Material*. Madison, WI: USDA, Forest Product Service, Forest Products Laboratoy.
- Moody RC, Hernandez R. 1997. *Engineered Wood Products, A Guide for Specifiers, Designers and Users*. (S. Smulski, ed.). Wisconsin: PFS Research Foundation.
- PEDC Bandung, 1987, *Teknologi Bahan 3*, PEDC, Bandung
- (PKKI) Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia NI-5, 1961, DPU, Bandung
- Prayitno, 1995, *Pengujian Sifat Fisika dan Mekanika menurut ISO*, UGM, Yogyakarta
- Prayitno, 1996, *Perekatan Kayu*, UGM, Yogyakarta
- Serrano E. 2003. *Mechanical Performance and Modelling of Glulam*. Di dalam : *The landersson S, Larsen HJ*, editor. Timber Engineering. West Sussex: Jhon Wiley & Sons, Ltd.
- Suryokusumo, S dan B. Subiyanto, 1997, *Kayu Sebagai Bahan Struktur dan Konstruksi*, makalah seminar sehari PKKI-2000, 18 Desember 1997
- Yap, F, 1984, *Konstruksi Kayu, Bina Cipta*, Bandung