

ALTERNATIF SAMBUNGAN *FINGER JOINT* PADA BALOK KAYU TERHADAP PENGUJIAN KUAT LENTUR

Sutyas Aji¹⁾, Dermawan, L.²⁾

¹⁾Jurusan Teknik Sipil Universitas Kristen Immanuel Yogyakarta

e-mail : sutyas@yahoo.com

²⁾Alumni S1 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Kristen Immanuel Yogyakarta

e-mail : dermawan_laoly@riketmail.com

ABSTRACT

Gording as one of the main parts of timber roof structure often requires a long and continuous timber beam that has to be made by joining two shorter beams. This research was aimed at finding the flexural resistance of finger joint and bibir miring terkait.

Two types of testing specimens were prepared, namely single beam, and jointed beam with finger joint and jointed beam with bibir miring terkait. The dimensions of the testing material were 6 cm x 12 cm x 250 cm. For each type, three testing specimens were prepared.

The results of the experiments revealed that the average flexural strength of finger joints was 110.628 kg/cm², substantially larger than those of bibir miring terkait, which showed average flexural strength of 33.661 kg/cm². The average Modulus of Elasticity of jointed beams with finger joint was 92,331 kg/cm² while that of bibir miring terkait was 28,664 kg/cm². From the results of the experiments it could be concluded that finger joint is a suitable technique to join timber beams subjected to flexural load.

I. PENDAHULUAN

Kayu sering dipergunakan sebagai rangka kuda-kuda, gording, kosen pintu dan jendela, dan lain sebagainya. Gording merupakan bagian dari rangka atap yang melintang di atas rangka kuda-kuda yang satu ke rangka kuda-kuda yang lain. Gording memiliki bentang yang panjang dan tentu saja rangkaian balok ini bukan merupakan rangkaian balok yang utuh. Tetapi merupakan rangkaian dari beberapa balok kayu. Hal ini disebabkan karena kayu yang tersedia dipasaran terbatas panjangnya. Keterbatasan panjang kayu yang tersedia dilapangan mengharuskan bahan elemen struktur disambung. Namun semakin panjang bahan elemen struktur tersebut, gaya lentur yang akan terjadi akan semakin besar bahkan dapat mengakibatkan patah bila beban yang bekerja pada bahan tersebut tidak seimbang dengan kemampuan dari pada bahan tersebut. Untuk itu perlu diteliti jenis sambungan yang bisa menahan gaya lentur dengan lebih baik. Penyambungan akan menghasilkan satu komponen struktural yang sesuai dengan kebutuhan sehingga akan

didapatkan ukuran kayu yang sesuai dengan perencanaan sebelumnya. Akan tetapi, sambungan merupakan titik terlemah dalam suatu komponen struktur. Struktur banyak mengalami keruntuhan akibat gagalnya sambungan yang ada. Oleh sebab itu dalam pelaksanaannya, pemilihan jenis sambungan dan pemasangan sambungan yang tepat sangat berdampak besar pada kekuatan struktur tersebut. Penelitian ini bertujuan membuat sambungan kayu yang bisa menanggung gaya lentur dengan lebih baik. Sehingga memenuhi syarat sebagai bahan elemen struktur yang berkekuatan tinggi. Dengan demikian penerapan jenis sambungan yang tepat bila pada balok kayu tersebut bekerja gaya lentur dan menambah pengetahuan tentang jenis sambungan kayu yang masih belum terlalu banyak diketahui.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kayu

Bobot kayu tergantung dari berat jenisnya dan kandungan air di dalamnya. Dikihat dari berat jenisnya, kayu dapat dibagi menjadi 4 (empat) klasifikasi yaitu:

- a. Berat jenis $\leq 0,6$: ringan
- b. Berat jenis $\leq 0,8$: sedang
- c. Berat jenis ≤ 1 : berat
- d. Berat jenis ≥ 1 : sangat berat

Didalam perdagangan kayu umumnya memiliki ukuran tertentu, yang biasa dipergunakan untuk pekerjaan konstruksi. Masing-masing ukuran dan bentuk dikenal dengan nama balok (ukuran 6/10, 6/ 12, 6/15, dan sebagainya), papan (dengan ukuran 2/20, 3/20, 3/25), ram (dengan ukuran 3/10, 3/12, kaso/usuk (dengan ukuran 4/6 dan 5/7), reng (dengan ukuran 2/3 cm), dan plepet (dengan ukuran 1/3 dan 1/5, biasanya dipergunakan untuk klem kaca pada jendela dan lis penutup sambungan eternity).

2.1.1. Modulus Elastisitas Kayu

Modulus elastisitas kayu merupakan sifat elastisitas kayu yang penting sebagai ukuran ketahanan terhadap perpanjangan apabila kayu mengalami tarikan atau mengalami tekanan seperti pada Tabel 2.1. Modulus Elastisitas adalah kemampuan benda tersebut untuk kembali ke bentuk semula apabila beban dilepaskan. Modulus elastisitas kayu dapat diukur dengan cara lendutan yang merupakan cara yang konvensional dan masih populer sampai saat ini karena mudah dan sederhana.

Tabel.2.1 Modulus elastisitas kayu (Sumber : PKKI 1961)

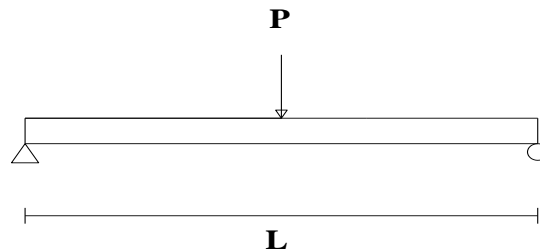
Kelas Kuat	E (kg/cm ²)
I	125.000
II	100.000
III	80.000
IV	60.000

Pengukuran lendutan yang paling sederhana dilakukan dengan perletakan sederhana yang diberi beban lentur terpusat di tengah bentang, sehingga lendutan sebenarnya yang terjadi tidak hanya diakibatkan oleh momen lentur, tetapi juga oleh gaya geser.

$$\Delta_t = \Delta + \Delta_g \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

dengan Δ_t = lendutan total, Δ = lendutan akibat momen lentur, dan Δ_g = lendutan akibat gaya geser.

Untuk keperluan praktis, sering sekali lendutan akibat gaya geser diabaikan dan dianggap seluruh lendutan diakibatkan oleh momen lentur. E yang diperoleh dengan cara ini disebut *E apparent* (E_f). *E apparent* akan lebih kecil dari pada yang seharusnya karena lendutan total tentu lebih besar dari pada lendutan akibat momen lentur seperti pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Pengukuran lendutan pada balok dengan beban terpusat

$$E_f = \frac{P L^3}{4 \Delta_t I} \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

dengan $E_f = E$ *apparent*, P = baban yang diberikan, L = panjang bentang, dan I = momen inersia.

Pendugaan E yang akan digunakan sebagai nilai desain (*E desain*) melalui E_f yang nilainya kecil dari pada E akan menguntungkan karena meningkatkan keamanan struktur. Namun penyederhanaan ini cukup mengganggu dan dapat menimbulkan kesalahan

perhitungan dan analisisnya terutama untuk batang lentur yang perbandingan tinggi dan bentangnya (h/L) cukup besar karena semakin besar h/L pengaruh gaya geser akan semakin besar. Akibat adanya momen lentur dan gaya geser pada balok lentur, lendutan total yang terjadi dapat dinyatakan sebagaimana Persamaan (2.3) berikut.

$$\Delta = \frac{P L^3}{48 EI} + \frac{P L}{4 G A'} \quad \dots\dots\dots (2.3)$$

dimana $E = E$ sebenarnya, $G =$ modulus geser, dan $A' =$ luas penampang termodifikasi.

Semua parameter pada persamaan (2.3), merupakan parameter yang bebas kecuali luas penampang termodifikasi (A'). A' merupakan luas penampang melintang (cross section) dikalikan dengan koefisien geser (K), sehingga diperoleh Persamaan (2.4).

$$\Delta = \frac{P L^3}{48 EI} + \frac{P L}{4 K G A} \quad \dots\dots\dots (2.4)$$

dengan $K =$ koefisien geser, dan $A =$ luas penampang.

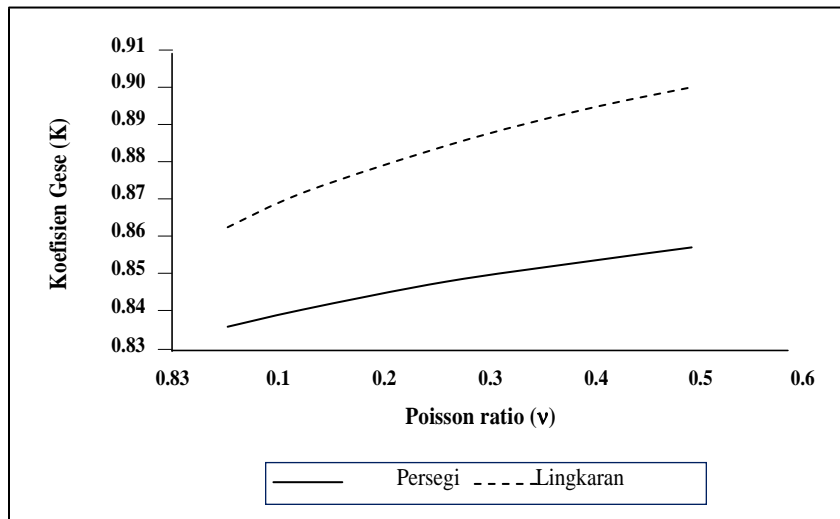
Koefisien geser merupakan regangan geser *transversal* dibanding dengan rata-rata pada bagian tersebut. Koefisien geser dapat pula dinyatakan sebagai perbandingan antara regangan geser rata-rata pada bagian dengan regangan geser pada *centroid*. Koefisien geser selain dipengaruhi bentuk geometri penampang, juga dipengaruhi oleh *Poisson ratio*. Untuk penampang persegi panjang, hubungan koefisien geser dengan *Poisson ratio* dinyatakan dalam persamaan berikut :

$$K = \frac{10(1 + \nu)}{12 + 11\nu} \quad \dots\dots\dots (2.5)$$

dengan $\nu =$ *Poisson ratio*. Untuk penampang lingkaran hubungan keduanya seperti dinyatakan dalam Persamaan (2.6) berikut.

$$K = \frac{6(1 + \nu)}{7 + 6\nu} \quad \dots\dots\dots (2.6)$$

Kurva hubungan antara *Poisson ratio* dengan koefisien geser untuk penampang persegi dan lingkaran tampak pada gambar Gambar 2.2 (Departemen Hasil Hutan Fakultas Kehutanan IPB, 2005). E *apparent* dikenal sebagai E yang mengabaikan pengaruh geser, sehingga lendutan total dianggap sebagai akibat dari E *apparent*. Dengan menyatukan Persamaan (2.2) dan (2.4) akan diperoleh Persamaan (2.7) :



Gambar 2.2 Hubungan anrata ν dengan K

$E_{apparent}$ dikenal sebagai E yang mengabaikan pengaruh geser, sehingga lendutan total dianggap sebagai akibat dari $E_{apparent}$. Dengan menyatukan persamaan (2.2) dan (2.4) akan diperoleh persamaan (2.7) :

$$\frac{PL^3}{48E_f I} = \frac{PL^3}{48EI} + \frac{PL}{48KG A} \dots\dots\dots (2.7)$$

Untuk persamaan persegi dengan lebar (b) dan tinggi (h), persamaan (2.7) dapat direduksi menjadi :

$$\frac{L^2}{E_f h^2} = \frac{L^2}{E h^2} + \frac{1}{K G} \dots\dots\dots (2.8)$$

dengan h = tinggi balok. Dengan mengalikan kedua ruas dengan (h/L) , akan dihasil Persamaan berikut :

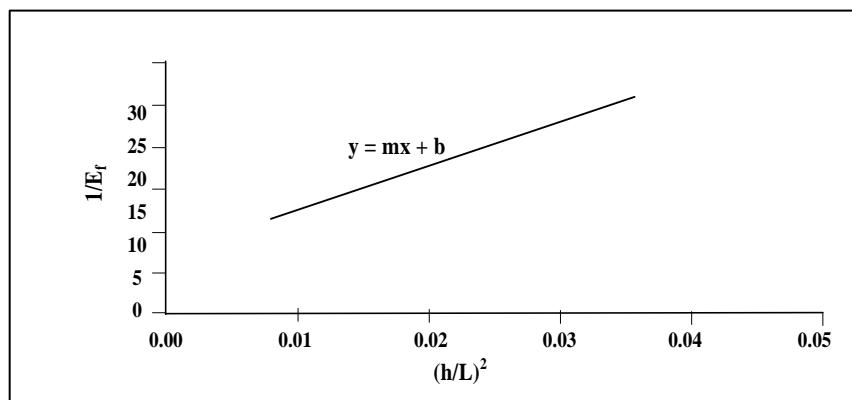
$$\frac{L^2}{E_f} = \frac{1}{E} + \frac{1}{K G} (h/L)^2 \dots\dots\dots (2.9)$$

$E_{apparent}$ dapat dihitung seperti Persamaan (2.3) dan seluruh parameternya dapat diukur dengan mudah. Demikian pula tinggi balok (h) dan bentang (L). Dengan mengubah panjang bentang pada saat pengujian $E_{apparent}$ akan diperoleh pasangan-pasangan $1/E_f$ dengan (h/L) dan dengan memanfaatkan $1/E_f$ sebagai y dan (h/L) sebagai x melalui persamaan regresi linier sederhana dapat diperoleh plot linier $y = b + mx$, dimana

kemiringan garis (m) setara dengan $1/KG$, seperti pada Gambar 2.3 (Departemen Hasil Hutan Fakultas Kehutanan IPB, 2005).

$$m = \frac{1}{K G} \dots\dots\dots (2.10)$$

sehingga $G = 1/K m \dots\dots\dots (2.11)$



Gambar 2.3 Hubungan antara $1/E_f$ dengan $(h/L)^2$

Poisson ratio kayu berkisar antara 0,05 sampai dengan 0,5 sehingga untuk persamaan persegi sebagaimana Persamaan (6) dan Gambar 2.3, nilai koefisien geser (K) berkisar antara 0,84 sampai 0,86. Oleh karena itu sesuai dengan Persamaan (1.11) nilai G berkisar antara $G = 1,17/m$ dengan $G = 1,20/m$. ASTM menyarankan digunakan nilai $G = 1,20/m$ untuk penampang persegi dan $G = 1,50/m$ untuk penampang lingkaran. Notasi menunjukkan kemiringan (*slope*) dari persamaan regresi sebagaimana disajikan pada Gambar 2.3

2.1.2. Kelas Kuat Kayu

Kekuatan kayu merupakan kemampuan dari kayu tersebut untuk menahan beban yang bekerja padanya. Kemampuan tiap-tiap jenis kayu untuk menahan beban berbeda-beda. Kuat lentur, kuat desak dan berat jenis kayulah yang menentukan kekuatan kayu tersebut. Berdasarkan kelas kuat, kayu dapat dibedakan dalam 2 (dua) jenis yaitu:

- a. Tegangan yang diperkenankan untuk kayu mutu A.

Kayu mutu A ialah kayu yang memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :

1. Kayu harus kering udara.
2. Besarnya mata kayu tidak melebihi 1/6 dari lebar balok dan juga tidak boleh lebih dari 3,5 cm.

3. Balok tidak boleh mengandung *wanwalk* yang lebih besar dari 1/10 tinggi balok.
4. Miring arah serat α tidak boleh lebih dari 1/10.
5. Retak-retak dalam arah radial tidak lebih dari 1/4 tebal kayu dan retak-retak menurut lingkaran tumbuh tidak boleh melebihi 1/5 tebal kayu.

b. Tegangan untuk kayu mutu B

Kayu mutu B merupakan kayu yang tidak masuk dalam mutu A akan tetapi memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

1. Kadar lengas kayu < 30% (kadar kering udara).
2. Balok tidak boleh mengandung *wanwalk* yang lebih besar dari 1/10 tinggi balok
3. Besar mata kayu tidak melebihi 1/4 dari lebar balok dan tidak boleh lebih dari 5 cm.
4. Miring arah serat α tidak boleh lebih dari 1/10
5. Retak-retak dalam arah radial tidak boleh lebih dari 1/4 tebal kayu dan retak-retak menurut lingkaran tumbuh tidak melebihi dari 1/4 tebal kayu.

Tabel 2.2 Kelas kuat kayu (PKKI, 1961)

	Kelas Kuat					Jati
	Kelas I	Kelas II	Kelas III	Kelas IV	Kelas V	
σ_{lt} (kg/cm ²)	150	100	75	50	-	130
$\sigma_{lt} = tr$ (kg/cm ²)	130	85	60	45	-	110
σ_{tk} (kg/cm ²)	40	25	15	10	-	30
τ (kg/cm ²)	20	12	8	5	-	15

2.2. Perekat

Perekat merupakan bahan yang memungkinkan sambungan tersebut akan menjadi satu kesatuan yang utuh dan erat. Kemampuan tersebut sangat erat hubungannya juga dengan jenis dari pada perekat yang akan dipakai. Sambungan kayu yang memakai perekat mempunyai daya dukung yang lebih tinggi dari pada sambungan yang memakai jenis perkuatan sambungan lainnya karena tidak adanya perlemahan sambungan. Perekat dapat dibedakan dalam beberapa macam berdasarkan bahan pembuatannya yaitu :

- a. Perekat alam (*glutindam gassein*).
- b. Perekat sintetis (*PVA resinoid dispersion*) atau lem putih, perekat kondensansi yang biasanya dibedakan menjadi *urea formaldebyde resin*, *aerolite formaldebyde resin*, *phonolic resin* dan *resorsiol resin*).

- c. *Epoxy resin*.
- d. Perekat kontak.

Perekat berdasarkan sifat mengerasnya dikenal dengan berbagai jenis. Jenis perekat dilihat dari cara mengerasnya dapat dibedakan menjadi :

- a. Perekat *thermoplastic*, yaitu perekat yang mempunyai bentuk agak kering dan menjadi lunak bila terkena suhu panas atau suhu tinggi. Sehingga daya rekatnya akan turun atau hilang sama sekali. Sebaliknya apabila suhu turun / dingin, perekat ini akan menjadi sangat kuat, contohnya adalah *cellulose adhesive, acrylic resin adhesive, polyvinyl adhesive*.
- b. Perekat *thermosetting*, yaitu perekat yang akan mengeras apabila terkena panas / suhu tinggi atau mengalami reaksi kimia dengan menggunakan katalisator yang disebut *hardener* dan jika sudah mengeras tidak bisa melunak, contohnya adalah *urea formaldehyde resin, phenolic resin, resorsiol resin*.

Perekat berdasarkan fungsinya:

- a. *Casein*, merupakan perekat yang cocok dipergunakan untuk konstruksi terlindung seperti kuda-kuda dan sebagainya.
- b. *Urea Formaldehyde Resin*, perekat yang cocok dipergunakan untuk konstruksi yang terlindung.
- c. *Resorcinol Resin*, perekat yang cocok dipergunakan untuk konstruksi tidak terlindung seperti jembatan dan sebagainya.
- d. *Phenolic Resin*, perekat yang cocok dipergunakan untuk konstruksi tidak terlindung seperti jembatan dan sebagainya.

III. LANDASAN TEORI

3.1. Kadar Air

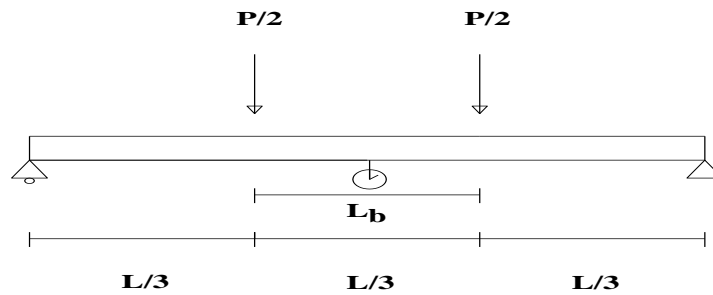
Kadar air adalah banyaknya air yang terkandung dalam kayu yang dinyatakan secara kuantitatif dalam persen (%) terhadap berat kayu bebas air.

$$\text{Kadar Air} = \frac{\text{BB} - \text{BK}}{\text{BK}} \times 100 \% \quad \dots\dots\dots (3.1)$$

dengan BK = berat kering (gram), dan BB = berat basah (gram).

3.2. Modulus Elastisitas

Selain melalui perletakan sederhana dengan beban lentur terpusat di tengah bentang, modulus elastisitas kayu dimungkinkan diukur dengan perletakan sederhana dengan beban ganda. Pembebanan dilakukan dengan meletakkan beban sedemikian sehingga membagi bentang menjadi tiga bagian yang sama panjang. *Dial gauge* cukup satu dan diletakkan diantara dua beban seperti Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Pengukuran dengan *third point loading*

Pada kasus seperti Gambar 3.1 akan diperoleh E_{true} dengan menggunakan Persamaan (3.2) sebagai berikut.

$$E = \frac{P L L_b}{4 \Delta b h^2} \dots\dots\dots (3.2)$$

dimana L_b = panjang bentang diantara dua beban, dan ΔL_b = lendutan yang terjadi pada bentang diantara dua beban.

3.3. Kuat Lentur

Kuat lentur adalah kekuatan untuk menahan gaya-gaya yang berusaha untuk melengkungkan bahkan mematahkan kayu atau untuk menahan beban mati maupun beban hidup yang dipikul oleh kayu tersebut. Pada kondisi pembebanan terpusat di tengah bentang dipergunakan Persamaan (3.3) dan pada kondisi dengan jarak 1/3 dari tumpuan dipergunakan Persamaan (3.4).

$$\sigma_{lt} = \frac{3 P_{max} L}{2 b h^2} \dots\dots\dots (3.3)$$

$$\sigma_{lt} = \frac{3 P a}{b h^2} \dots\dots\dots (3.4)$$

dengan σ_{lt} = kuat lentur (MPa), P = beban maksimum (N), b = lebar balok benda uji (mm), a = jarak tumpuan terhadap beban (mm), dan h = tinggi balok benda uji (mm).

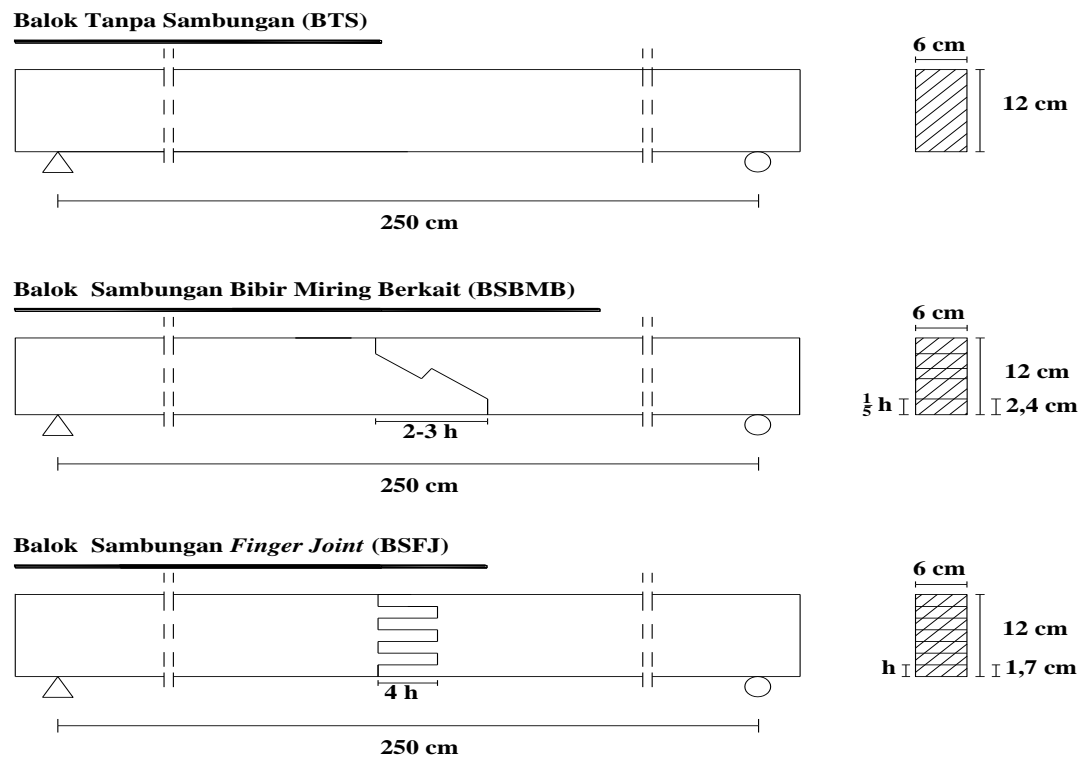
IV. METODE PENELITIAN

Untuk mendapatkan data yang diperlukan dalam analisis dibuat benda uji berupa sambungan kayu dengan ketentuan sabagai berikut :

- Benda uji tanpa sambungan ukuran $6 \text{ cm} \times 12 \text{ cm} \times 250 \text{ cm}$ sebanyak 3 buah.
- Benda uji dengan sambungan bibir miring berkait $6 \text{ cm} \times 12 \text{ cm} \times 250 \text{ cm}$ 3 buah.
- Benda uji dengan sambungan *finger joint* ukuran $6 \text{ cm} \times 12 \text{ cm} \times 250 \text{ cm}$ 3 buah.

Perekat yang digunakan adalah jenis *ALF Epoxi Adhesive*. *ALF Epoxi Adhesive* yang merupakan perekat berbahan dasar *vinyl acetate-ethylene copolymer*. Keunggulan dari perekat ini adalah :

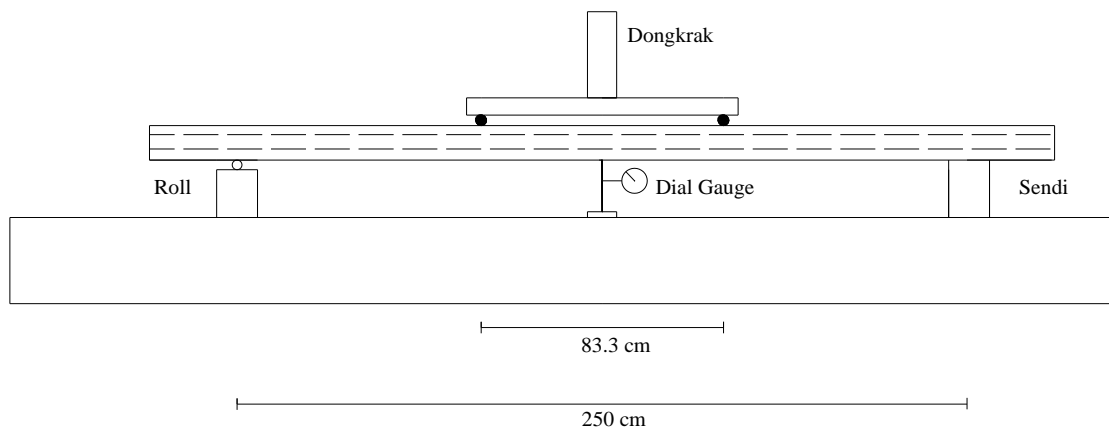
- Perekat akan mengikat dengan sangat erat.
- Kekuatan rekat tidak dipengaruhi oleh suhu, baik pada saat suhu panas maupun pada saat suhu dingin.
- Sifatnya yang *high-solid content* dengan *viscosity* rendah sehingga dapat dimodifikasi sendiri menjadi lebih hemat dan murah melalui penambahan filler atau pengencer.
- Kekuatan rekat dapat dicapai dalam waktu 3 jam setelah dioleskan.



Gambar 4.1 Model dan dimensi benda uji

V. HASIL DAN PEMBAHSAN

Pengujian dilakukan dengan menggunakan *loading frame* beserta perlengkapannya untuk mengetahui adanya lentur pada balok yang terjadi akibat adanya beban luar. Beban luar tersebut akan mengakibatkan balok kayu tersebut mengalami *deformasi* dan regangan sehingga menimbulkan retak lentur di sepanjang balok. Pembebanan dilakukan secara bertahap. Pengujian balok dilakukan pada tumpuan sederhana sendi-roll dengan 2 titik pembebanan pada jarak 1/3 bentang bebas. Di bawah balok dipasang *dial gauge* pada tengah bentang diantara dua beban. Pembebanan dilakukan secara bertahap sebesar 148 kg. Selama pembebanan berlangsung, dilakukan pencatatan lendutan yang terjadi dari pembacaan *dial gauge* dan pengamatan terhadap kerusakan yang terjadi pada benda uji. Pembebanan dihentikan apabila benda uji telah mengalami kerusakan. Alat uji lentur untuk mnguji benda uji seperti pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Sketsa alat uji lentur

Dari hasil pengujian kadar air didapatkan nilai kadar air rata-rata kayu durian adalah 13,837 %, sehingga kondisi kayu yang digunakan telah memenuhi syarat kering udara. Pada Gambar (4.1) dan Gambar (4.2) dapat dilihat perbandingan kuat lentur dan modulus elastisitas dari benda uji yang satu dengan yang lain. Dari data perbandingan tersebut di atas, kekutan lentur BSFJ mengalami penurunan 70,85 % dan modulus elastisitasnya mengalami penurunan 10,34 % terhadap BTS. Sedangkan BSBMB mengalami penurunan kut lentur 91,14 % dan modulus elastisitasnya mengalami penurunan 72,18 % terhadap BTS.

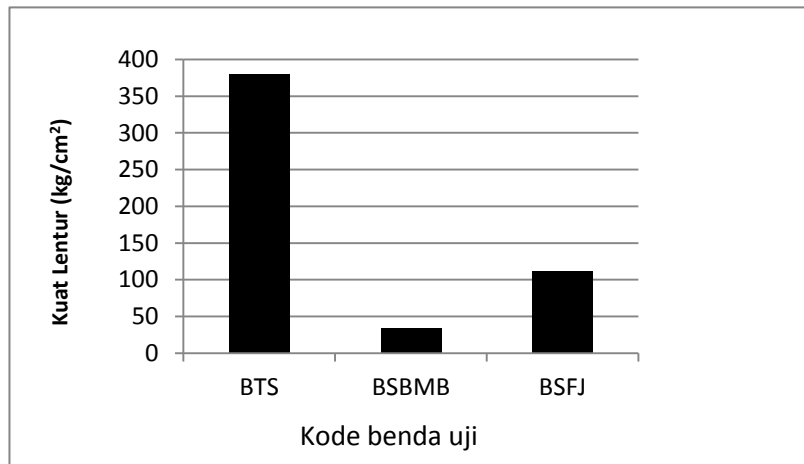


Diagram.4.1 Perbandingan kuat lentur rata-rata benda uji.

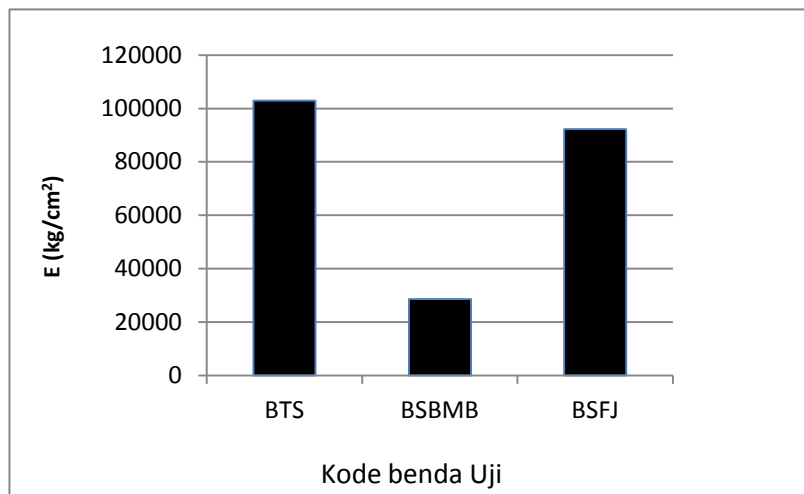


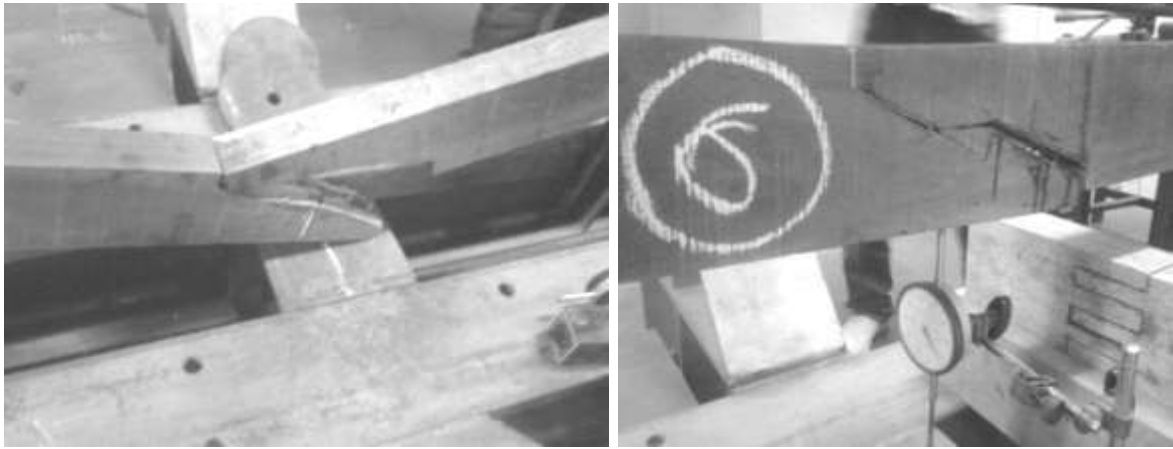
Diagram.4.2 Perbandingan modulus elastisitas rata-rata benda uji.



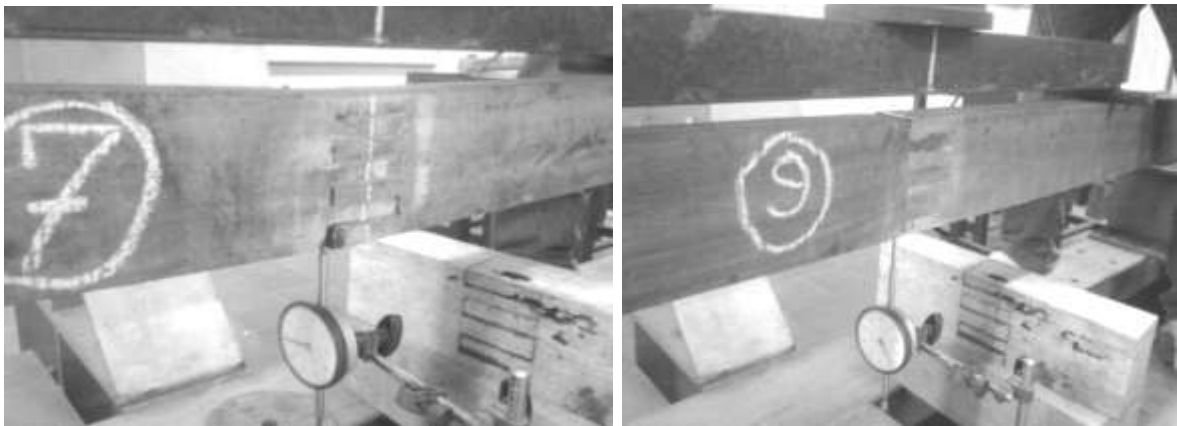
Gambar 4.3 Pembebanan benda uji



Gambar 4.4. Kerusakan pada BTS



Gambar 4.5 Kerusakan pada BSBMB



Gambar 4.6 Kerusakan pada BSFJ

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Dari hasil pengujian kuat lentur balok kayu dengan variasi bentuk sambungan, dapat disimpulkan :

- Sambungan *finger joint* satu alternatif jenis sambungan yang dapat dipergunakan dalam menyambung balok kayu yang menerima gaya luar terutama lentur.
- Kuat lentur rata-rata BSFJ $110,628 \text{ kg/cm}^2$ lebih besar dari kuat lentur rata-rata BSBMB $33,661 \text{ kg/cm}^2$ yang umum dipergunakan pada sambungan kayu dan BSFJ mengalami patah pada sambungan tetapi sambungan tidak terlepas.
- Modulus elastisitas rata-rata BSFJ $92.331,069 \text{ kg/cm}^2$ sedangkan modulus elastisitas rata-rata BSBMB $28.664,618 \text{ kg/cm}^2$.

6.2. Saran

- a. Perlu dilakukan penelitian lanjut dengan menggunakan perkuatan sambungan yang lain misalnya baut, paku dan sebagainya.
- b. Pada saat pembuatan benda uji, kerapatan dalam pembuatan sambungan dan pengolesan perekat sangat mempengaruhi kekuatan dari sambungan itu. Jadi dalam pembuatannya hal ini perlu diperhatikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim., 1979, *Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia*, Penerbit Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik Direktorat Jenderal Ciptakarya Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, Digandakan oleh Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung
- Departemen Hasil Hutan., 2005, *Modulus Geser, Sifat Elastis, dan Keteguhan Lentur Patah Kayu Acacia mangium*, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor.
- Frick. H., 1981, *Ilmu Konstruksi Bangunan Kayu*, Penerbit Kanisius, Yogyakarta
- Hakim Ahmad Luthfil., 2011, *Pengujian Sambungan Finger Joint Untuk Mengkaji Kuat Lentur Pada Balok Kayu Arah Tinggi Balok*, Universitas Negeri Malang
- Iswanto. A., 2008., *Pengujian Modulus Elastisitas Kayu Dengan Metode Two Point Loading*, Univeritas Sumatera Utara, Medan.
- Kusumawati Widya Karya, *Kuat Lentur Sambungan Finger Joint Pada Balok Kayu Arah Lebar Balok*
- Mardikanto.T, Karlinasari.Lina dan Tri.Bahtiar Effendi., 2011, *Sifat Mekanis Kayu*, PT Penerbit IPB Press, Bogor.
- Puspantoro.Benny., *Konstruksi Bangunan Tidak Bertingkat*, Universitas Atmajaya Yogyakarta, Yogyakarta
- RSNI T-08-2005., 2005, *Metode Pengujian Lentur Posisi Tidur Kayu dan Bahan Struktur Bangunan Berbasis Kayu Dengan Pembebanan Titik ke Tiga*, Departemen Pekerjaan Umum.

- Suwarno.W., 1960, *Konstruksi Kayu*, Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada, Yogyakarta
- UNY. Tim Fakultas Teknik., 2001, *Menggambar sambungan kayu*, Direktorat Pendidikan Dasar dan Menengah Departemen Pendidikan Nasional Yogyakarta
- Volume X. Media Teknik Sipil., 2010, *Pengujian Sambungan Finger Joint Untuk Mengkaji Kuat Lentur Pada Balok Kayu*.