

PENGARUH LETAK BIBIR BERKAIT KAYU PADA SAMBUNGAN BALOK KAYU BIBIR MIRING BERKAIT TERHADAP KUAT LENTUR

Erik Kuswoyo

Progam Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

E-mail : erikkuswoyo@mhs.unesa.ac.id

Suprpto, S.Pd., M.T.

Dosen S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

E-mail : suprap_sipil@yahoo.com

Abstrak

Sambungan merupakan titik terlemah dalam sambungan kayu khususnya yang masih berupa sambungan konvensional. Jenis sambungan kayu bibir miring berkait merupakan sambungan yang banyak di aplikasikan seperti untuk balok (gording) dan kuda-kuda, dimana akan lebih banyak menerima gaya lentur maupun gaya tarik. Letak bibir berkait atau takikan sambungan standarnya ada di tengah panjang sambungan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui letak bibir berkait efektif pada sambungan bibir miring berkait balok kayu meranti dan perilaku kerusakan dalam pengujian lentur, dengan acuan sifat fisik dan sifat mekanik kayu meranti.

Pengujian lentur menggunakan model 2 tumpuan sendi-rol dengan beban terpusat ditengah bentang. Balok berdimensi 4/6 cm panjang 150 cm dengan 5 variasi panjang sambungan diantaranya meliputi proporsi tinggi posisi takikan 50% dari h balok, tinggi posisi takikan 45% dari h balok, tinggi posisi takikan 40% dari h balok, tinggi posisi takikan 35% dari h balok dan tinggi posisi takikan 30% dari h balok dengan sudut sambungan yang sama.

Hasil penelitian menunjukkan sambungan paling efektif secara kekuatan lentur adalah posisi takikan pada tinggi takikan 50% dari h balok dengan kuat lentur 597,29 kg/cm² dan lendutan sepanjang 65,47 mm. Kerusakan yang terjadi pada variasi sambungan kayu paling banyak terjadi kerusakan geser karena adanya proporsi dari tegangan geser terhadap tegangan geser karakteristik yang lebih besar dibandingkan proporsi tegangan lentur terhadap tegangan lentur dari karakteristik kayu pada sambungan. Kerusakan lentur balok hanya terjadi pada benda uji pada tinggi takikan 50% dari h balok.

Kata Kunci : Sambungan Bibir Miring Berkait, Letak Bibir Berkait Kayu, Perilaku Lentur.

Abstract

Connection was the weakest point in wood structures especially that still was conventional connection. Angle-edge with hooked connection type was a wood connection that were widely applied such as beams (roof beam) and truss frame, which about received bending force and tensile force. Position of wood hook with hooked connection type has a standard on the middle of connection. The purpose of this research was to determine which the effective position of wood hook with hooked connection type of meranti wood and behavior damaged on bending load experiment, with reference to the physical and mechanical properties of meranti wood.

Bending load experiment was used model of 2 foothold pins and roller with one loaded will applied on the middle of the beams. The beams has measurement 4/6 cm and long 150 cm with has 5 wood hook position on connection variations type among : proportion of height wood hook position 50% from height of beam, proportion of height wood hook position 45% from height of beam, proportion of height wood hook position 40% from height of beam, proportion of height wood hook position 35% from height of beam, proportion of height wood hook position 30% from height of beam with same angle for every variations conection.

The result of the research showed the best connection was variation of proportion of height wood hook position 50% from height of beam with bending strength value about 597,29 kg/cm² and have deflection number 65,47 mm. The average of behavior damaged of the beams was shear damaged because proportion of shear stress beam to shear stress characteristic wood more higher than proportion of bending stress beam to bending stress characteristic wood on connection. Bending stress damaged just happened to variation of proportion of height wood hook position 50% from height of beam..

Keywords: Angle-Edge with Hooked Connection, Position of Wook Hood Conection, Bending Collapse Analysis.

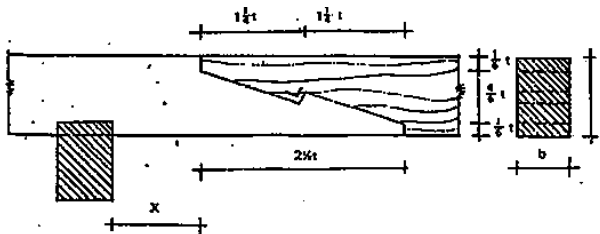
PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang kaya akan kayu, baik jenis maupun kuantitasnya yang tersebar diseluruh kepulauan Indonesia. Kayu adalah sumber kekayaan alam yang dapat diperbaharui (renewable) yang tidak akan habis apabila dikelola atau diusahakan dengan baik. Kayu yang sudah ditebang di hutan harus segera

ditanam kembali sebagai pohon-pohon pengganti agar sumber kayu tidak habis. Penggunaan kayu dalam dunia konstruksi sangat multifungsi, sehingga banyak dan sangat dibutuhkan untuk konstruksi bangunan, baik material untuk struktural, seperti untuk balok, kolom, kuda-kuda, dan juga berfungsi sebagai material bangunan non

struktural seperti finishing bangunan, penutup lantai, penutup dinding, kerangka atap, dan lain-lainnya.

Namun ada masalah tentang bentang kayu yang kurang atau tidak cukup panjang sesuai yang dibutuhkan. Hal tersebut tentunya dapat diatasi dengan menyambung dua buah kayu atau lebih menjadi satu kesatuan bentang yang utuh, sehingga panjang sesuai dengan bentang kayu yang direncanakan. Jenis sambungan kayu bibir miring berkait merupakan salah satu dari beberapa jenis sambungan kayu yang banyak sekali di aplikasikan didalam fabrikasi metode penyambungan kayu, dan sambungan tersebut termasuk ke dalam jenis sambungan kayu memanjang. Sambungan ini banyak digunakan untuk balok (gording) dan kuda-kuda, dimana akan lebih banyak menerima gaya lentur maupun gaya tarik.



Gambar 1: Standar dimensi untuk sambungan bibir miring berkait

(Sumber: Pekerjaan Konstruksi Kayu PUPR, 2016)

Dalam sambungan kayu bibir miring berakait, pada umumnya di masyarakat saat ini masih menempatkan takikan kayu di tengah bentang sambungan. Secara teori hingga saat ini memang penempatan bibir berkait kayu masih berada di tengah bentang. Hal itu tentunya masih bisa dilihat apakah optimal jika takikan kayu diletakkan di tengah bentang sambungan sedangkan gaya yang terjadi di tengah tersebut adalah nol. Selain itu, fungsi dari bibir berkait kayu pada sambungan adalah untuk menahan gaya tarik, sehingga seharusnya bibir berkait diletakkan pada daerah tarik balok kayu. Karena dengan penempatan bibir berkait secara tepat dimungkinkan menambah kekuatan sambungan balok kayu. Oleh karena itu dalam penelitian ini penulis akan menganalisa tempat bibir berkait kayu yang paling efisien dalam sambungan bibir miring berkait. Letak bibir berkait kayu akan digeser turun setiap jarak 1 cm dari titik tengah dari sambungan.

Tujuan yang dicapai dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kekuatan lentur dari balok kayu pada setiap variasi letak bibir berkait kayu pada sambungan bibir miring berkait, mengetahui perilaku kegagalan dari balok kayu pada setiap variasi letak bibir berkait kayu pada sambungan bibir miring berkait, dan juga mengetahui variasi letak bibir berkait paling efisien secara kekuatan untuk sambungan bibir miring berkait. Hal tersebut tentunya akan dihitung dan dilakukan pengujian berdasarkan teori yang sudah ada sebelumnya.

Perhitungan kekuatan karakteristik kayu seperti berat jenis kayu dan kadar air kayu dapat dihitung sesuai SNI yang sudah ada. Pengujian balok utama penelitian ini lebih berfokus pada tegangan lentur dan tegangan geser kayu yang tentunya membutuhkan teori-teori untuk digunakan dalam perhitungan yaitu sebagai berikut ini :

$$\sigma_{It\perp} = \frac{3PL}{2bh^2} \quad (\text{SNI 03-3959-1995})$$

Dimana:

$\sigma_{It\perp}$ = Tegangan lentur (kg/cm²)

M = Momen maksimal

W = Momen penahan (cm³)

y = Jarak garis netral sumbu x ke ujung balok (cm)

I = Momen inersia (cm⁴)

P = Beban maksimum (kg)

L = Panjang bentang balok (cm)

b = Lebar balok (cm)

h = Tinggi balok (cm)

Apabila pada ujung takikan terdapat irisan miring dengan sudut θ terhadap arah serat kayu untuk mengurangi konsentrasi tegangan maka tahanan geser terkoreksi pada penampang bertakik maka dihitung persamaan sebagai berikut:

$$\tau = \frac{\text{koefisien} \times V}{2 \times (b \times h_n) \times \left(1 - \frac{(h - h_n) \sin \theta}{h}\right)} \quad (\text{PKKI NI-5 2002})$$

Keterangan:

τ = Tegangan geser (kg/cm²)

V = Tahanan geser terkoreksi suatu balok (kg)

b = Lebar balok (cm)

h = tinggi balok (cm)

h_n = tinggi balok dalam takikan (cm)

θ = sudut sambunga terhadap arah serat ($^{\circ}$)

c = Faktor perlemahan akibat alat sambung (baut = 0,8 Luas Penampang)

Di dalam menentukan kekuatan batang yang mengalami gaya harus dimana berkurangnya luas tampang adanya alat-alat sambung (perlemahan). Untuk itu dalam hitungan digunakan luas tampang netto (F_n). Besarnya $F_n = c \cdot F_{br}$ dengan c adalah faktor perlemahan akibat alat sambung, dan F_{br} = luas tampang bruto. Besarnya faktor perlemahan adalah 20% untuk sambungan dengan baut (Suwamo, 1977)

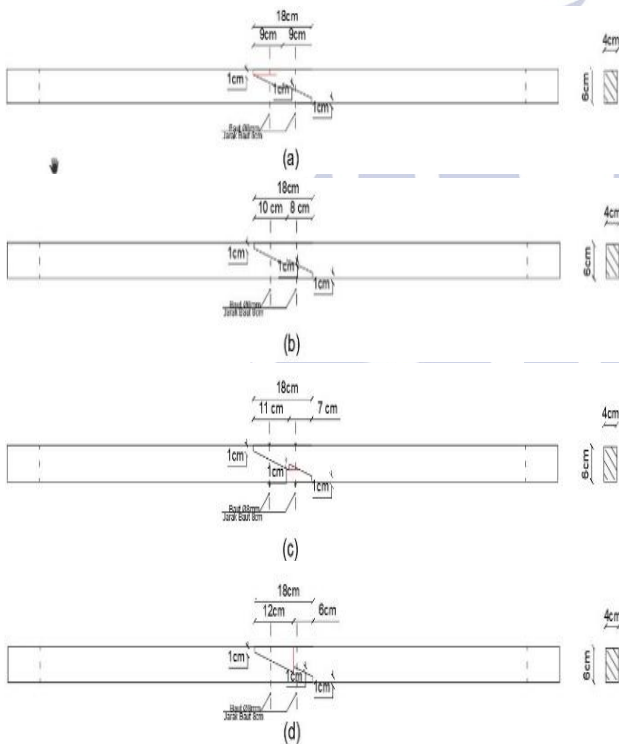
METODE

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental atau penelitian di laboratorium. Metode penelitian eksperimental merupakan suatu penelitian yang dilakukan untuk mencari pengaruh variabel tertentu terhadap variabel yang lain dengan kondisi yang terkontrol secara ketat dan dilakukan di laboratorium dengan urutan kegiatan yang sistematis untuk memperoleh data yang berguna sebagai dasar pembuatan kesimpulan. Berikut ini urutan metode penelitian yang dilakukan :

A. Bentuk Benda Uji

Benda uji yang digunakan terbuat dari kayu meranti dengan dimensi 4x6 cm. Panjang dari balok kayu seluruhnya adalah 170 cm dimana jarak antar tumpuan ke tumpuan adalah 150 cm. Panjang daerah sambungan yang digunakan sesuai SNI adalah 3h yaitu sebesar 18 cm. Bentuk dari benda uji yang divariasikan yaitu dari posisi letak bibir berkait (takikan) pada sambungan kayu

bibir miring berkait terhadap benda uji balok kayu, dimana variasi benda uji A letak bibir berkait sambungan adalah pada posisi tengah bentang sambungan (tinggi takikan 50% dari h balok), variasi benda uji B tinggi takikan 45% dari h balok, variasi benda uji C tinggi takikan 40% dari h balok, variasi benda uji D tinggi takikan 35% dari h balok dan variasi benda uji E tinggi takikan 30% dari h balok ke arah kanan atau turun pada daerah tarik balok kayu dengan sudut pada takikan sambungan dibuat sama semua. Pemilihan variasi tersebut dikarenakan adanya dugaan bahwa pada sambungan yang rawan adalah tarik sehingga perubahan posisi takikan lebih difokuskan turun kebawah dari titik tengah. Dibawah ini sketsa dari gambaran variasi setiap benda uji sambungan balok kayu untuk memperjelas ukuran-ukuran setiap detail sambungan kayu tersebut :



Gambar 2. Bentuk Benda Uji Variasi Sambungan

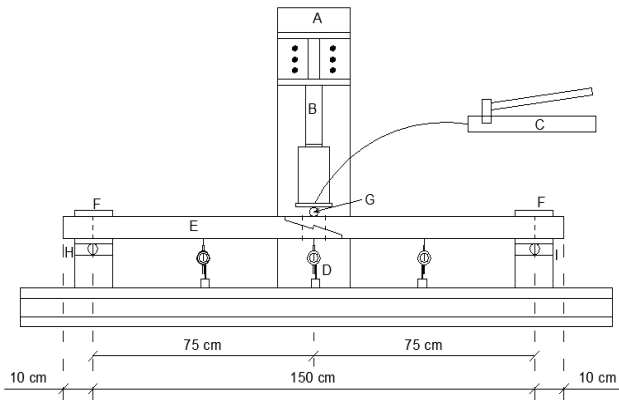
Material benda uji yang dipakai merupakan kayu jenis meranti yang umum digunakan dipasaran, kayu meranti untuk benda uji tersebut diperoleh atau dibeli di beberapa toko galangan khusus material kayu di Jl. Demak, Surabaya, dengan ukuran yang penampang yang sudah tersedia sesuai pasaran. Material kayu yang didapat dipilih ukuran dimensi penampang 5 cm x 7 cm dengan panjang bentang 4 m. Material kayu perlu dilakukan proses ketam untuk menghaluskan permukaan kayu. Proses ketam dilakukan dengan alat mesin ketam yang tersedia di laboratorium bengkel kerja kayu, dan hanya dilakukan di dua sisi (dari 4 sisi) permukaan kayu. Kayu asli yang awalnya 5 cm x 7 cm dibentuk dengan mengurangi dimensi sampai menjadi 4 cm x 6 cm sesuai dengan rencana benda uji balok dengan memotong permukaan panjang kayu dengan alat yang tersedia di laboratorium bengkel kerja kayu. Proses pembuatan sambungan kayu menggunakan jasa

tukang kayu. Kayu sepanjang 1 m yang telah dipotong dan berdimensi penampang 4 cm x 6 cm, dibawa ke jasa tukang kayu khusus sambungan yang beralamat di Jalan Kebraon, Surabaya. Sambungan kayu yang dibuat adalah jenis sambungan bibir miring berkait dengan jumlah total 15 benda uji yang masing-masing variabel sesuai dengan desain benda uji yang telah ditentukan. Proses pembuatan benda uji yang terakhir ada pemasangan sambungan baut, mur dan ring pada benda uji. Baut yang dipakai adalah baut tipe grade 8.8 atau sejenisnya dengan diameter 6 mm dengan jumlah 2 buah baut setiap benda uji dengan jarak antar baut adalah 8 cm.

B. Metode Pengujian Benda Uji Balok Kayu

Pengujian pada penelitian ini dibagi menjadi 2 yaitu pertama pengujian karakteristik kayu meliputi kadar air kayu, berat jenis kayu, kuat tekan karakteristik kayu, kat geser karakteristik kayu, dan kuat tarik karakteristik baut sementara yang kedua adalah pengujian kuat lentur benda uji utama balok kayu dengan variasi sambungan. Metode dan persamaan untuk penelitian karakteristik kayu menggunakan SNI yang sudah sesuai materi pengujiannya. Sementara itu, untuk pengujian balok benda uji utama akan dijelaskan lebih rinci. Jenis material balok yang digunakan yaitu balok dari kayu jenis meranti dan diuji dengan asumsi batang tunggal. Pengujian balok yang dilakukan adalah pengujian kuat lentur dengan pembebanan pada semua benda uji balok adalah beban terpusat di tengah bentang dengan kondisi ujung-ujung batang yaitu sendi-rol. Dimensi pengujian kuat lentur sambungan bibir miring berkait dengan ukuran penampang balok kayu sebesar 4 cm x 6 cm x 150 cm panjang bersih dari tumpuan ke tumpuan.

Pengujian benda uji dimulai dengan meletakkan balok kayu pada frame dengan dua tumpuan sendi dan rol di-set sesuai dengan rancangan. Benda uji dijepit dengan pelat dan dibaut agar tidak dapat bergeser atau mengguling pada saat diberikan pembebanan. Hydraulic jack kapasitas tekanan maksimal 5 ton. diletakkan di atas kayu dan berada pada tengah bentang kayu. Penempatan alat ukur dial gauge dirancang dengan penjepit serta magnet yang menempel pada frame agar tetap pada posisinya serta tidak bergeser pada saat diberikan pembebanan. 3 dial gauge diletakkan di bawah benda uji, penempatan 2 dial gauge diletakkan pada posisi di 1/3 panjang bentang kanan dan kiri, dan 1 buah dial gauge diletakkan pada posisi tepat di tengah bentang untuk membaca besarnya lendutan yang terjadi pada saat pembebanan. Pembacaan lendutan pada dial gauge dilakukan pada setiap beban 0,25 kN atau 25 kg. Pada setiap pembacaan harus dicatat agar dapat diketahui lendutan setiap titik dari balok. Pembacaan dilakukan sampai balok kayu runtuh atau pecah sehingga sudah tidak bisa menahan beban. Penelitian dapat dilakukan minimal oleh 4 orang, 1 orang pada pembebanan dan 3 orang pada pembacaan dial gauge.



Gambar 3. Set Up Pengujian Kuat Lentur Benda Uji Utama

Keterangan:

- A : Loading Frame
- B : Load Cell
- C : Hydraulic Jack
- D : Dial Gauge
- E : Balok kayu
- F : Penjepit balok
- G : Penyalur beban
- H : Tumpuan sendi
- I : Tumpuan rol

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Uji Karakteristik Kayu Meranti

Ada 2 pengujian untuk mengetahui karakteristik kayu yaitu pengujian sifat fisik kayu dan pengujian sifat mekanik kayu. Untuk pengujian karakteristik fisik kayu meliputi pengujian dan perhitungan berat jenis kering udara, berat jenis kering oven, kadar lengas dan kadar air kayu meranti. Hasil dari pengujian dan perhitungan dengan rumus yang ada diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil Pengujian Sifat Fisik Kayu

No	Sampel	Berat Jenis Udara	Berat Jenis Oven	Kadar Lengas	Kadar Air
		(gr/cm ³)	(gr/cm ³)	(%)	(%)
1	A	0,50	0,48	28,53	11,76
2	B	0,51	0,48	28,11	11,40
3	C	0,53	0,50	29,26	12,40
Rata-rata		0,51	0,49	28,63	11,85

Pada hasil pengujian sifat fisik kayu, kayu meranti yang digunakan memiliki angka kadar lengas rata-rata adalah 28,63%. Berdasarkan SNI PKKI-NI 5 1961, kadar lengas dengan angka antara 18% – 30% termasuk kategori kayu dengan jenis mutu B. Sedangkan berat jenis mencapai angka rata-rata 0,51, sehingga termasuk dalam kategori mutu kayu kelas kuat III.

Selain pengujian fisik kayu, ada juga pengujian karakteristik sifat mekanik kayu. Pengujian sifat mekanik kayu meliputi pengujian dan perhitungan kuat tekan sejajar serat kayu, kuat geser sejajar serat kayu, kuat lentur tegak lurus serat kayu. Hasil dari pengujian dan perhitungan diperoleh dengan rumus yang ada diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 2. Hasil Pengujian Sifat Mekanik Kayu

No	Sampel	Kuat Tekan Sejajar Serat	Kuat Geser Sejajar Serat	Kuat Lentur Tegak Lurus Serat
		$\sigma_{tk//}$	$\tau_{//}$	σ_{tL}
		(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)
1	A	344	44	682
2	B	382	47	664
3	C	356	48	698
Rata-rata		361	46	689

Dari hasil pengujian sifat mekanik kayu yang diperoleh dan dibandingkan dengan angka berdasarkan SNI PKKI-NI 5 196 maka dengan hasil angka kuat tekan sejajar serat, kuat geser sejajar serat, dan kuat lentur tegak lurus serat seperti tabel 2 diatas maka kayu meranti yang digunakan tergolong dalam kategori mutu kayu kelas kuat III.

Selanjutnya adalah pengujian karakteristik kuat tarik baut. Baut yang digunakan untuk alat sambung kayu syaratnya adalah mampu untuk memikul beban-beban yang lebih besar dibandingkan dengan beban yang dipikul oleh beban yang diterima pada bahan yang disambung yaitu balok kayu. Menurut PKKI NI-5 1961, syarat alat sambung baut memiliki syarat minimal yaitu tegangan yang diperkenankan untuk tarikan, tekanan, lenturan untuk baja yaitu Qm 37 (St 37) ialah 1200 kg/cm³. Sedangkan untuk baut yang digunakan pada alat sambung balok kayu memiliki jenis dan mutu yang sama yaitu mutu grade 8.8. Baut grade 8.8 secara teoritis memiliki tegangan putus yaitu sebesar 8463,64 kg/cm² (830 MPa). Karakteristik baut diambil sampel baut sebanyak 3 buah untuk dilakukan pengujian kuat tarik dan didapat hasil sebagai berikut :

Tabel 3. Hasil Pengujian Kuat Tarik Baut

Jenis Sampel	Beban Maksimal (kgf)	Deformasi (mm)	Keterangan
Specimen 1	2178	8,90	Putus di daerah ulir
Specimen 2	2126	5,60	Putus di daerah ulir
Specimen 3	2168	8,80	Putus di daerah ulir

Dari hasil pengujian karakteristik baut, dihitung tegangan baut dari masing-masing sampel, dengan rumus:

$$\tau_{\text{baut 1}} = \frac{\bar{S}}{A} = \frac{2178}{\frac{1}{4} \times \pi \times 0,6^2} = 7700 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_{\text{baut 2}} = \frac{\bar{S}}{A} = \frac{2126}{\frac{1}{4} \times \pi \times 0,6^2} = 7516,162 \text{ kg/cm}^2$$

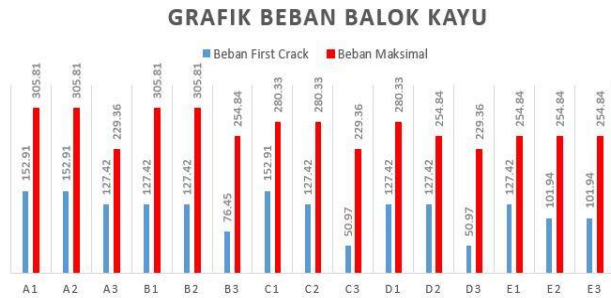
$$\tau_{\text{baut 3}} = \frac{\bar{S}}{A} = \frac{2168}{\frac{1}{4} \times \pi \times 0,6^2} = 7664,646 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_{\text{baut rata}} = 7626,936 \text{ kg/cm}^2$$

Dari hasil penelitian tegangan baut didapat angka tegangan rata-rata yaitu sebesar 7626,936 kg/cm², dimana dengan tegangan sebesar tersebut sudah melebihi dari persyaratan PKKI NI-5 1961.

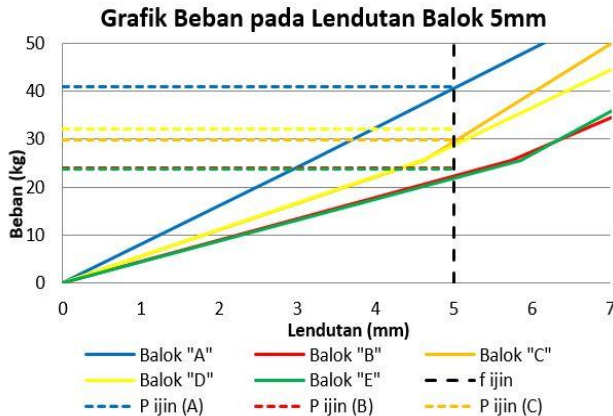
B. Hasil Beban Maksimum pada setiap Benda Uji

Dari hasil pengujian yang telah dilaksanakan, maka didapatkan beban maksimal sebagai berikut :



Gambar 4. Grafik Hasil Beban Maksimum pada Setiap Benda Uji

Dari grafik pada gambar 4 dapat diketahui bahwa beban tertinggi yang dapat diterima oleh sambungan balok kayu tipe bibir miring adalah sebesar 305,81 Kg. Beban tertinggi tersebut dapat ditahan oleh benda uji A dan B. Sementara itu, selisih beban antara retakan pertama dengan pecah yang paling tinggi diantara dua tersebut pada sambungan benda uji B. Hal tersebut menunjukkan bahwa ketika mengalami retakan pertama, sambungan balok kayu pada benda uji B masih dapat menerima beban sebesar 178,39 kg atau 140 % sampai balok kayu tersebut pecah. Hal tersebut tentunya baik untuk sambungan karena selisih beban besar. Sementara itu pada benda uji C, D, dan E kemampuan menahan beban relatif turun atau sama.



Gambar 5. Grafik Beban maksimal pada lendutan sama 5mm

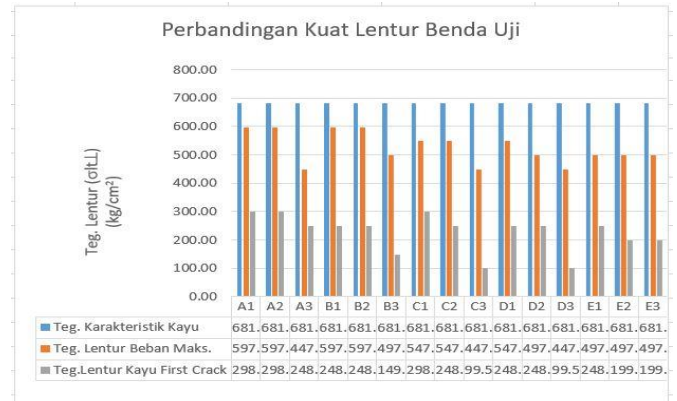
Dari grafik pada gambar 5 dapat diketahui bahwa pada lendutan yang dibuat sama yaitu sebesar 5mm maka beban yang dapat diterima benda uji A memiliki nilai yang paling besar senilai 40,99 kg. Hal tersebut menunjukkan keefektifan variasi sambungan benda uji A karena dengan lendutan yang kecil sudah menerima beban yang cukup besar. Sementara itu benda uji yang lainnya menunjukkan nilai yang relatif cukup kecil.

Dari hasil beban maksimum yang diperoleh maka dapat digunakan menghitung tegangan lentur dari setiap benda uji. Tegangan lentur yang didapatkan meliputi tegangan lentur saat first crack dan juga tegangan lentur saat beban maksimal.

Tegangan Lentur yang diperoleh dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\sigma_{ItL} = \frac{3PL}{2bh^2}$$

Dari rumus tersebut juga ada faktor koreksi sebesar 0,8 akibat adanya sambungan di tengah balok. Hasil perhitungan dibuat grafik berikut ini :

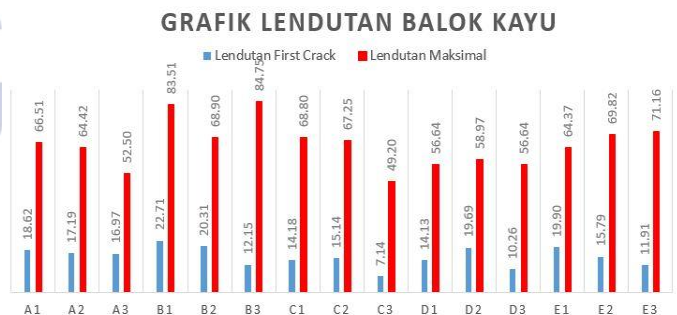


Gambar 6. Grafik Perbandingan Tegangan Lentur Benda Uji

Hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil tegangan lentur benda uji pada saat pembebanan maksimal yang terbesar adalah benda uji tipe A dan benda uji tipe B sebesar 597,286 kg/cm², selanjutnya yang lebih rendah yaitu benda uji tipe C dengan 547,512 kg/cm², selanjutnya benda uji D sebesar 522,625 kg/cm², dan yang terkecil yaitu benda uji E sebesar 497,738 kg/cm². Jadi dapat dilihat bahwa semakin kebawah posisi takikan maka semakin kecil tegangan lentur yang terjadi.

C. Hasil Lendutan Maksimum pada setiap Benda Uji

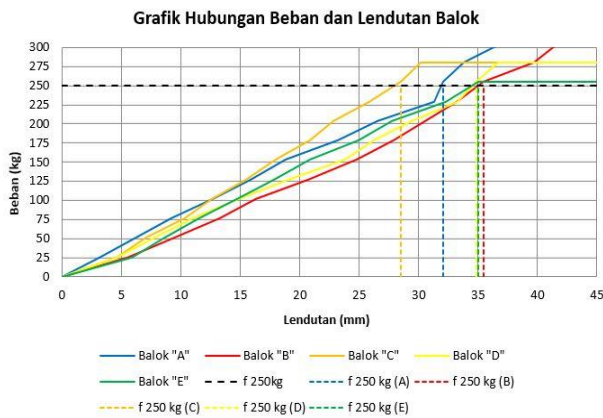
Dari hasil pengujian yang telah dilaksanakan, maka didapatkan lendutan maksimal yang terjadi pada sambungan balok kayu untuk setiap sampel benda uji adalah sebagai berikut :



Gambar 7. Grafik Hasil Lendutan Maksimum pada Setiap Benda Uji

Dari grafik pada gambar 7 dapat diketahui bahwa lendutan terbesar yang terjadi oleh sambungan balok kayu tipe bibir miring berkaitan ini adalah sepanjang 84,75 mm atau 8,475 cm. Lendutan tertinggi tersebut dialami oleh benda uji B. Sementara itu, lendutan yang

terkecil terjadi pada benda uji D dengan nilai 42,72 mm dan disusul benda uji A dengan 47,56 mm. Semakin kecil lendutan yang terjadi maka semakin baik kekakuan yang dimiliki oleh sambungan balok tersebut.



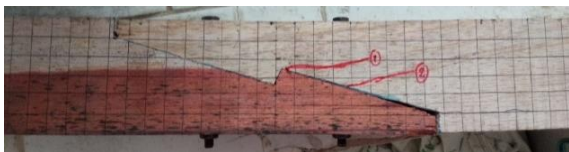
Gambar 8. Grafik Lendutan maksimal pada beban sama 250 kg

Dari grafik pada gambar 8 dapat diketahui bahwa pada beban yang sama yaitu sebesar 250 kg maka lendutan yang terjadi paling besar terdapat pada variasi sambungan benda uji B sebesar 35,49 mm. Sementara itu benda uji A yang nilai lendutannya paling kecil ketika beban 250 kg adalah benda uji C sebesar 28,55 mm, sedangkan benda uji lendutannya sebesar 32,09 mm. Pemilhan beban 250 kg ini karena mendekati P_{layan} . Semakin besar lendutan yang terjadi menunjukkan semakin rendahnya kekakuan yang dimiliki oleh variasi sambungan balok tersebut, begitupun sebaliknya. Sehingga dari grafik pada gambar 8 diatas maka variasi sambungan benda uji C dan A juga paling efektif ditinjau dari kekakuannya.

D. Hasil Kerusakan Benda Uji Utama Balok Sambungan

Hasil kerusakan dari setiap benda uji tentunya memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Disini akan saya jelaskan hasil dari kerusakan masing-masing benda uji. Jika diuraikan maka tipe kerusakan hanya ada 2 yaitu kerusakan lentur atau kerusakan geser. Kerusakan lentur biasanya dapat dilihat dari pola retakan yang mengarah ke arah tegak lurus dari arah serat atau memotong serat kayu. Sedangkan kerusakan geser biasanya ditandai dengan pola retak kayu mengarah horizontal atau sejajar dengan arah serat kayu.

Pertama adalah benda uji tipe A. Dari 3 benda uji dari variasi sambungan tipe A maka didapatkan hasil bahwa kerusakan yang dialami benda uji A mengarah ke lentur. Hal tersebut terlihat dari garis kerusakan pada kayu.



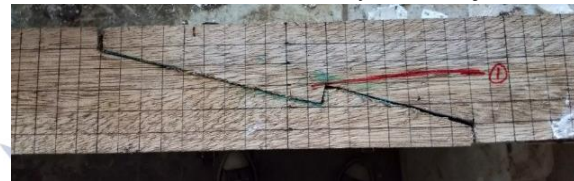
Gambar 9. Kerusakan kayu benda uji A

Selanjutnya adalah benda uji B, C, D, dan E dari masing-masing 3 benda uji dari setiap variasi

sambungan tipe B, C, D, E maka didapatkan hasil bahwa kerusakan yang dialami benda uji B, C, D, dan E mengarah ke geser. Hal tersebut terlihat dari garis kerusakan pada kayu yang lebih mengarah kesejajar dengan serat kayu.



Gambar 10. Kerusakan kayu benda uji B



Gambar 11. Kerusakan kayu benda uji C



Gambar 12. Kerusakan kayu benda uji D



Gambar 13. Kerusakan kayu benda uji E

Penyebab dari kerusakan kayu pada gambar diatas dapat juga diketahui melalui perhitungan prosentase dari tegangan lentur atau tegangan geser benda uji dibandingkan tegangan karakteristiknya. Dari grafik kekuatan lentur kayu pada gambar 6 terlihat hasil semua benda uji menunjukkan bahwa kuat lentur benda uji masih dibawah kuat lentur karakteristik kayu. Hal tersebut menunjukkan bahwa tegangan lentur benda uji A sampai benda uji E mampu menahan gaya lentur dibawah karakteristik kayu. Kerusakan yang terjadi pada balok kayu dipengaruhi oleh besarnya tegangan lentur dibandingkan dengan tegangan geser yang terjadi. Apabila tegangan lentur persentasenya lebih besar dari tegangan geser maka kayu mengalami kerusakan lentur, begitupun dengan sebaliknya.

Tabel 4. Presentase tegangan lentur dan tegangan geser

Benda Uji	Kerusakan Kayu (Foto)	Tegangan Geser (kg/cm ²)	Tegangan Lentur (kg/cm ²)	% τ terhadap τ ijin (%)	% σ terhadap σ ijin (%)
Karakteristik		46,169	681,52		
Benda Uji A	Lentur	39,707	597,286	86,00%	< 87,64%
Benda Uji B	Geser	42,354	597,286	91,74%	> 87,64%
Benda Uji C	Geser	41,251	547,512	89,35%	> 80,34%
Benda Uji D	Geser	41,692	522,625	90,30%	> 76,68%
Benda Uji E	Geser	41,913	497,738	90,78%	> 73,03%

Tegangan lentur yang terjadi pada setiap variasi menunjukkan bahwa pada benda uji A dan benda uji B memiliki nilai tegangan lentur yang paling tinggi. Hal tersebut menunjukkan bahwa benda uji tersebut mampu menahan beban yang paling besar. Sementara itu pada variasi benda uji C dan D mengalami penurunan kekuatan lentur yang cukup besar. Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin kebawah letak takikan maka beban yang mampu ditahan semakin kecil.

Tegangan geser yang terjadi dihitung dengan menggunakan rumus geser untuk sambungan. Perhitungan geser dilakukan dengan menggunakan rumus geser sambungan dengan variasi koefisien berdasarkan posisi takikan yang dianggap sebagai garis netral pada balok kayu karena dalam rumus utama belum ditemukan modifikasinya. Perbedaan letak takikan mempengaruhi besarnya perbandingan koefisien pada rumus yang digunakan. Dari perhitungan tersebut didapatkan hasil bahwa semakin kebawah takikan pada sambungan maka mengakibatkan semakin besar tegangan geser yang terjadi pada sambungan.

E. Hubungan antara Kerusakan Sambungan, Beban Maksimal, dan Lentutan Maksimal pada Setiap Tipe Benda Uji.

Setelah dilakukan penelitian dan perhitungan maka dibuat tabel perbandingan variabel-variabel yang berpengaruh dalam sambungan kayu. Dari semua variabel pengujian yang telah dilaksanakan akan didapatkan posisi takikan yang paling optimal ditinjau berdasarkan kekuatan beban yang mampu diterima, tegangan geser dan tegangan lentur yang mampu ditahan, dan lentutan yang terjadi. Variabel-variabel tersebut dianggap sebagai variabel yang paling penting dalam suatu sambungan balok kayu.

Tabel 5. Tabel Perbandingan antar Variabel Hitungan Setiap Benda Uji

Benda Uji	Kerusakan Kayu (Foto+Hiungan)	τ (kg/cm ²)	σ_{tL} (kg/cm ²)	Pmaks (kg)	ΔP (kg)	f maks (mm)	Δf (mm)
Benda Uji A	Lentur	39,707	597,286	305,81	152,91	65,47	47,56
Benda Uji B	Geser	42,354	597,286	305,81	178,39	79,05	66,70
Benda Uji C	Geser	41,251	547,512	280,33	165,65	61,75	49,60
Benda Uji D	Geser	41,692	522,625	267,58	152,91	57,42	42,72
Benda Uji E	Geser	41,913	497,738	254,84	178,39	68,45	52,58

Dari semua sampel benda uji, ada dua sampel yang memiliki karakteristik kekuatan yang cukup optimal yaitu variasi sambungan benda uji A dan benda uji B. Dari kekuatan beban yang dapat ditahan sampai runtuh benda uji A dan benda uji B sama-sama mampu menerima beban sebesar 305,81 kg. Akan tetapi, variasi benda uji B memiliki kemampuan menahan beban first crack sebesar 152,91 kg lebih tinggi jika dibandingkan variasi benda uji B yang hanya mampu menahan beban sampai first crack sebesar 127,42 kg. Selain itu, ditinjau dari segi kerusakan benda uji A

masih mengalami kerusakan lentur. Posisi takikan variasi benda uji A ini merupakan variasi yang saat ini digunakan sesuai standar SNI. Jika ditinjau dari lendutan yang terjadi maka tipe sambungan benda uji A juga memiliki rata-rata lendutan yang lebih rendah yaitu sebesar 65,47 mm dibandingkan benda uji B yang memiliki lendutan sebesar 79,05 mm. Semakin kecil lendutan maka kekakuan balok semakin baik. Jadi apabila ditinjau dari kekuatan beban yang dapat diterima dan lendutan yang terjadi maka variasi benda uji A yang sesuai standar SNI saat ini merupakan posisi takikan yang paling efektif.

SIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilaksanakan dan dihitung hasilnya, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Kekuatan Lentur dari balok sambungan kayu dari penelitian menunjukkan bahwa pada variasi benda uji A dan variasi benda uji B memiliki kekuatan lentur rata-rata yang paling besar yaitu sebesar 597,29 kg/cm² pada saat kondisi runtuh. Namun, apabila ditinjau dari beban first crack yang mampu ditahan maka variasi benda uji A memiliki nilai yang lebih besar yaitu sebesar 152,91 kg apabila dibandingkan variasi benda uji B yang hanya mampu menahan beban awal first crack sebesar 127,42 kg. Selain itu, kekakuan benda uji A juga lebih baik jika dilihat dari lendutan yang lebih kecil dibandingkan benda uji B. Lentutan maksimum benda uji A memiliki nilai sebesar 65,47 mm dibandingkan lendutan benda uji B sebesar 79,05 mm. Semakin kecil lendutan yang terjadi maka semakin baik kekakuan yang dimiliki balok kayu. Dari hasil penelitian ini maka pada saat variasi sambungan benda uji A dan benda uji B memiliki kekuatan lentur yang cukup besar sementara variasi C, D dan E memiliki kekuatan lentur yang lebih rendah.
- 2) Penelitian ini menunjukkan bahwa pada variasi sambungan balok kayu yang paling banyak terjadi adalah mengalami kegagalan geser ketika posisi takikan digeser dari posisi tengah sambungan. Rata-rata hanya benda uji A yang mengalami kegagalan lentur, sisanya semua variasi benda uji B, C, D, dan E mengalami kegagalan geser. Perbedaan variasi takikan juga mengakibatkan posisi titik berat dan garis netral pada setiap variasi balok sambungan berubah-ubah, letak garis netral ketika semakin diturunkan posisi takikan maka semakin keatas posisi garis netral yang membuat luas daerah tekan balok bagian atas untuk menerima beban semakin kecil sehingga kerusakan balok semakin mengarah pada kerusakan geser. Selain itu, kerusakan balok juga dipengaruhi karena proporsi atau persentase tegangan geser terhadap uji karakteristik geser yang terjadi pada sambungan balok kayu lebih besar dibandingkan proporsi tegangan lentur terhadap uji karakteristik lentur kayunya. Besarnya beban dan kecilnya daerah takikan mengakibatkan tegangan geser yang terjadi lebih besar. Hal tersebut sesuai teori dimana semakin kecil daerah geser pada sambungan geser maka semakin

besar tegangan geser yang terjadi pada sambungan sehingga rusak geser.

- 3) Dari penelitian dan perhitungan yang telah dilakukan, benda uji variasi A yang letak posisi takikan pada posisi tengah bentang (50% dari tinggi balok) sesuai standar SNI yang digunakan saat ini memiliki nilai beban yang besar, lendutan yang terjadi relatif kecil dibandingkan yang lainnya, tegangan lentur yang mampu ditahan juga relatif lebih besar. Benda Uji A juga masih mengalami kerusakan lentur, hal tersebut tentunya sesuai dengan teori yang mengharapkan suatu balok mengalami gagal lentur dibandingkan gagal geser.

DAFTAR PUSTAKA

- Frick, Ir. Heinz. 1981. "Ilmu Konstruksi Bangunan Kayu". Yogyakarta: Kanisius.
- Jasir, Mochammad. 2003. "Konstruksi Bangunan Umum I". Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.
- Kusnan, 2003. "Konstruksi Kayu". Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.
- PKKI NI-5 1961. 1961. Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia.
- RSNI PKKI NI-5 2002. 2002. Tata Cara Perencanaan Konstruksi Kayu Indonesia (PKKI NI-5).
- SNI 03-3400-1994. 1994. Metode Pengujian Kuat Geser Kayu di Laboratorium.
- SNI 03-3958-1995. 1995. Metode Pengujian Kuat Tekan Kayu di Laboratorium.
- SNI 03-3959-1995. 1995. Metode Pengujian Kuat Lentur Kayu di Laboratorium.

