RekaRacana: Jurnal Teknik Sipil
https://ejurnal.itenas.ac.id/index.php/rekaracana

ISSN(e): 2477-2569 | Vol. 12 | No. 2 | pp. 78 - 86
DOI : http://dx.doi.org/10.26760/rekaracana.v12i1.78 Maret 2026

Hubungan Balok-Kolom Glulam Jabon dengan Pelat Baja Siku dan Pengencang Sekrup Kunci

Article History:
Received
5 Maret 2026
Revised
15 Maret 2026
Accepted
20 Maret 2026

ERMA DESIMALIANA[1,2*], JOHANNES ADHIJOSO TJONDRO[1]
[1]Program Studi Doktor Ilmu Teknik Sipil, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung, Indonesia
[2]Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Bandung, Bandung, Indonesia
*Corresponding email: ermadesmaliana@itenas.ac.id

ABSTRAK

Penggunaan glulam Jabon pada struktur kayu rekayasa memerlukan hubungan balok-kolom yang kuat, stabil, dan daktil. Penelitian ini mengevaluasi perilaku hubungan balok-kolom glulam Jabon dengan pelat baja siku dan pengencang sekrup kunci. Pengujian monotonik dilakukan pada tiga benda uji identik dengan pembebanan lateral di ujung balok. Data beban dan perpindahan diolah menjadi kurva beban-perpindahan serta momen-rotasi untuk menentukan kapasitas, kekakuan, faktor bilinier, dan daktilitas. Hasil menunjukkan beban puncak rata-rata sebesar 2,64 kN pada perpindahan 23,44 mm. Momen leleh dan momen ultimit rata-rata masing-masing 0,75 kN-m dan 1,59 kN-m. Kekakuan rotasi leleh rata-rata 59,55 kN-m/rad, kekakuan ultimit 40,77 kN-m/rad, faktor bilinier 0,688, dan daktilitas rotasi 3,09. Kurva menunjukkan respons nonlinier dengan penurunan kekakuan akibat slip, deformasi tumpu lokal, dan rotasi sambungan. Perilaku tersebut menunjukkan bahwa transfer gaya berlangsung bertahap tanpa kegagalan mendadak pada zona sambungan. Sambungan berperilaku semi-rigid, daktil, dan tidak getas sehingga berpotensi dikembangkan sebagai alternatif sambungan glulam Jabon untuk struktur kayu rekayasa.

***Kata kunci**: glulam Jabon, hubungan balok-kolom, pelat baja siku, sekrup kunci*

ABSTRACT

The use of Jabon glulam in engineered wood structures requires strong, stable, and ductile beam-column connections. This study evaluates the behavior of Jabon glulam beam-column connections with angle steel plates and keyed screw fasteners. Monotonic testing was conducted on three identical test specimens with lateral loading applied at the beam end. Load and displacement data were processed into load-displacement and moment-rotation curves to determine capacity, stiffness, bilinearity factor, and ductility. The results showed an average peak load of 2.64 kN at a displacement of 23.44 mm. The average yield moment and ultimate moment were 0.75 kN-m and 1.59 kN-m, respectively. The average yield rotational stiffness was 59.55 kN-m/rad, the ultimate stiffness was 40.77 kN-m/rad, the bilinearity factor was 0.688, and the rotational ductility was 3.09. The curves show a nonlinear response with a decrease in stiffness due to slip, local bearing deformation, and joint rotation. This behavior indicates that force transfer occurs gradually without sudden failure in the joint zone. The joint behaves as semi-rigid, ductile, and non-brittle, making it a potential alternative to Jabon glulam joints for engineered wood structures.

***Keywords**: Jabon glulam, beam-column connection, angle steel plate, lag screw*

This is an open-access article under the CC BY-SA license

PENDAHULUAN

Kayu rekayasa seperti *glued laminated timber* (glulam) semakin banyak digunakan dalam sistem struktur modern karena memiliki rasio kekuatan terhadap berat yang baik, mudah diprefabrikasi, dan mendukung konstruksi yang lebih efisien. Salah satu kayu lokal yang potensial untuk dikembangkan sebagai bahan glulam adalah Jabon (Anthocephalus cadamba). Sifat fisis dan mekanis kayu Jabon, baik sebagai kayu solid maupun lamina penyusun glulam, telah dikaji pada penelitian terdahulu [1], [4], [18]. Dalam sistem rangka momen kayu, kinerja struktur tidak hanya ditentukan oleh kapasitas balok dan kolom, tetapi juga oleh perilaku sambungan balok-kolom yang berfungsi menyalurkan gaya dalam, memengaruhi kekakuan lateral, serta menentukan kemampuan rotasi dan deformasi inelastik struktur.

Sambungan balok-kolom kayu umumnya menggunakan pengencang mekanis tipe dowel, seperti baut, *dowel*, batang baja, paku, atau sekrup, yang dikombinasikan dengan pelat baja maupun konektor profil baja. Sambungan tipe ini menunjukkan respons nonlinier akibat deformasi tumpu kayu di sekitar pengencang, slip antarkomponen, dan deformasi pengencang selama pembebanan [2], [3], [9], [12]. Oleh karena itu, evaluasi sambungan perlu dilakukan melalui respons beban-perpindahan dan momen-rotasi agar kapasitas, kekakuan awal, transisi menuju kondisi leleh, dan kemampuan rotasi ultimit dapat diidentifikasi. Ketentuan desain sambungan kayu juga perlu memperhatikan arah serat, jarak tepi, jarak ujung, jarak antarpengencang, serta konfigurasi alat sambung sebagaimana diatur dalam SNI 7973:2013 [14].

Sejumlah penelitian telah membahas sambungan balok-kolom kayu dan glulam dengan berbagai sistem konektor, antara lain ring modifikasi dan paku [5], profil siku dan batang baja pada glulam Akasia [6], pelat baja ganda pada hubungan balok-kolom glulam [12], serta batang berulir, *screwheads*, dan sekrup miring pada elemen kayu atau glulam [8], [10], [11]. Penelitian mengenai pelat baja perantara dengan sekrup kunci pada hubungan balok-kolom kayu Meranti merah juga telah dilaporkan [13]. Namun, data eksperimental hubungan balok-kolom glulam Jabon dengan pelat baja siku dan pengencang sekrup kunci masih terbatas, terutama untuk menilai kapasitas, kekakuan rotasi, karakteristik semi-rigid, dan daktilitas akibat pembebanan monotonik.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini menguji tiga benda uji hubungan balok-kolom glulam Jabon dengan pelat baja siku dan pengencang sekrup kunci. Pengujian monotonik dilakukan untuk memperoleh kurva beban-perpindahan dan momen-rotasi, kemudian digunakan untuk menentukan kapasitas puncak, momen ultimit, kekakuan rotasi, faktor bilinier, dan daktilitas rotasi. Hasil penelitian diharapkan dapat menambah data eksperimental sambungan kayu rekayasa lokal dan menjadi dasar awal pengembangan detailing sambungan balok-kolom glulam Jabon untuk aplikasi struktur kayu di Indonesia.

METODE

Karakteristik Material Glulam Jabon, Pelat Baja Siku dan Sekrup Kunci

Karakteristik material glulam Jabon, pelat baja siku, dan sekrup kunci diperoleh melalui pengujian eksperimental. Pada glulam Jabon, pengujian kadar air dan berat jenis mengacu pada ASTM D2395 [17], sedangkan pengujian kuat tarik sejajar dan tegak lurus serat, kuat tekan sejajar serat, kuat geser sejajar serat, kuat lentur, MOR, dan MOE mengacu pada ASTM D143 [15]. Nilai MOE ditentukan dari kemiringan kurva beban-perpindahan pada rentang 10–40% beban maksimum menggunakan defleksi mid-span LVDT, dengan pendekatan EN 26891 [16]. Pelat baja siku dievaluasi melalui kuat tarik leleh dan kuat tarik ultimit, sedangkan sekrup kunci dievaluasi melalui kuat lentur leleh. Rekapitulasi hasil pengujian material disajikan pada **Tabel 1**.

Berdasarkan **Tabel 1**, glulam Jabon memiliki kadar air rata-rata 14,24% dan berat jenis rata-rata 0,36. Nilai tersebut menunjukkan bahwa benda uji berada pada kondisi relatif kering udara dengan berat jenis rendah-sedang. Kondisi ini penting karena perilaku sambungan dengan pengencang mekanis sangat dipengaruhi oleh kemampuan glulam Jabon untuk menahan tegangan tumpu lokal di sekitar sekrup kunci.

Tabel 1. Rekapitulasi Karakteristik Glulam Jabon, Pelat Baja Siku dan Sekrup Kunci

No.	Karakteristik	Simbol	Rata-Rata	Satuan
	Glulam Jabon			
1	Kadar air	MC	14,24	%
2	Berat jenis	SG	0,36	
3	Kuat tarik sejajar serat	$F_{t,0}$	55,11	MPa
4	Kuat tarik tegak lurus serat	$F_{t,90}$	1,56	MPa
5	Kuat tekan sejajar serat	F_c	32,43	MPa
6	Kuat geser sejajar serat	F_v	5,66	MPa
7	Kuat lentur sejajar serat	F_b	52,97	MPa
8	*Modulus of Rupture* (Lentur)	MOR	63,96	MPa
9	*Modulus of Elasticity* (Lentur)	MOE	9.276,66	MPa
	Pelat Baja Siku			
10	Kuat tarik leleh	F_y	357,08	MPa
11	Kuat tarik ultimit	F_u	541,92	MPa
	Sekrup Kunci			
12	Kuat lentur leleh	F_{yb}	721,00	MPa

Kuat tarik sejajar serat sebesar 55,11 MPa jauh lebih tinggi dibandingkan dengan kuat tarik tegak lurus serat sebesar 1,56 MPa, sehingga sifat ortotropik material perlu diperhatikan dalam penempatan dan *detailing* sambungan. Kuat tekan sejajar serat sebesar 32,43 MPa dan kuat geser sejajar serat sebesar 5,66 MPa menunjukkan kemampuan material dalam menahan tegangan tekan lokal dan geser pada daerah sambungan. Kuat lentur sejajar serat sebesar 52,97 MPa, MOR sebesar 63,96 MPa, dan MOE sebesar 9.276,66 MPa menggambarkan kapasitas serta kekakuan lentur elemen glulam Jabon sebagai balok dan kolom.

Pelat baja siku memiliki kuat tarik leleh 357,08 MPa dan kuat tarik ultimit 541,92 MPa, sehingga dapat berperan sebagai media transfer gaya yang relatif kaku dibandingkan dengan elemen kayu. Sekrup kunci memiliki kuat lentur leleh 721,00 MPa dan bekerja sebagai pengencang tipe *dowel* untuk menyalurkan gaya geser dan momen pada bidang sambungan. Kombinasi karakteristik material tersebut menjadi dasar untuk mengevaluasi kapasitas, kekakuan rotasi, slip, dan daktilitas sambungan.

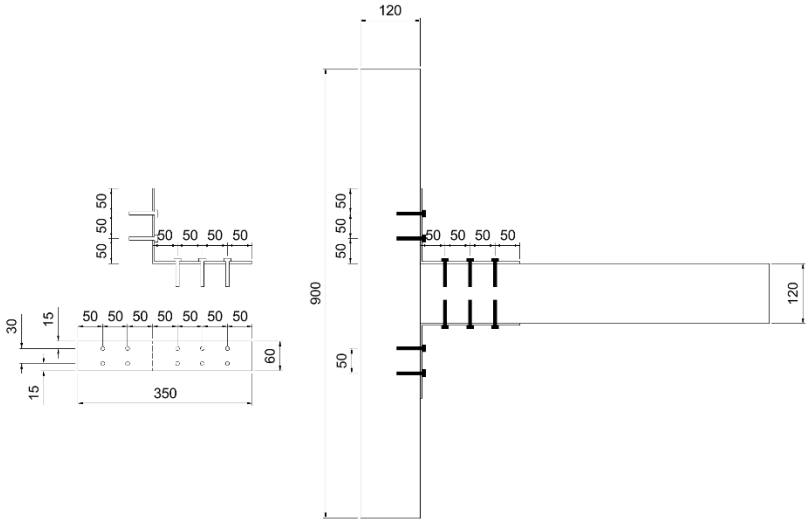
Skema Benda Uji dan *Set-Up* Pengujian

Benda uji berupa hubungan balok-kolom glulam Jabon dengan konektor pelat baja siku yang dihubungkan menggunakan sekrup kunci berdiameter 8 mm. Jumlah sekrup kunci adalah 4 buah pada sisi kolom dan 6 buah pada sisi balok, sehingga total terdapat 10 sekrup kunci pada setiap benda uji. Pelat baja siku yang digunakan memiliki tebal 4,5 mm. Detail geometri, pola pengencang, jarak tepi/ujung, dan jarak antarsekrup mengikuti rancangan benda uji. Tiga benda uji, yaitu SS1, SS2, dan SS3, diuji untuk mengevaluasi konsistensi respons sambungan pada konfigurasi yang sama.

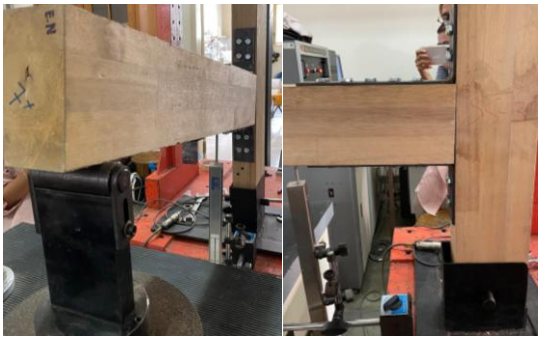
Gambar 1 menunjukkan skema geometri hubungan balok-kolom glulam Jabon dengan pelat baja siku dan pengencang sekrup kunci. Kolom diposisikan sebagai elemen vertikal, sedangkan balok sebagai elemen horizontal yang terhubung pada zona sambungan melalui pelat baja siku. Kelompok sekrup kunci ditempatkan pada sisi kolom dan sisi balok untuk mentransfer gaya dari balok ke kolom. Dimensi tebal elemen glulam Jabon sebesar 120 mm dan jarak antarpengencang sebesar 50 mm menunjukkan bahwa sambungan dirancang dengan jarak yang teratur agar area tumpu di sekitar sekrup kunci tetap memadai dan risiko retak lokal dapat diminimalkan.

Pengujian dilakukan pada rangka reaksi seperti ditunjukkan pada **Gambar 2**. Beban diberikan secara monotonik pada ujung balok dengan kontrol perpindahan (*displacement control*). Jarak antara titik pembebanan dan pusat sambungan sebagai lengan momen adalah L = 0,60 m. Beban direkam menggunakan load cell, sedangkan perpindahan ujung balok diukur menggunakan LVDT. Selama pengujian, dilakukan pengamatan visual terhadap slip antarkomponen, deformasi lokal di sekitar

sekrup kunci, rotasi balok terhadap kolom, dan potensi retak pada elemen glulam Jabon.



Gambar 1. Skema benda uji hubungan balok-kolom glulam Jabon dengan pelat baja siku dan pengencang sekrup kunci



Gambar 2. *Set-up* pengujian hubungan balok-kolom glulam Jabon dengan pelat baja siku dan pengencang sekrup kunci

Pengolahan Data

Data pengujian monotonik berupa beban lateral (P) dan perpindahan ujung balok (Δ) diolah untuk memperoleh parameter kinerja sambungan. Pembacaan awal *load cell* dan LVDT dijadikan kondisi nol, kemudian data diplot sebagai kurva beban-perpindahan ($P-\Delta$). Kurva ini digunakan untuk mengidentifikasi respons awal sambungan, kondisi leleh, kapasitas puncak, dan deformasi pada kondisi puncak.

Beban leleh (P_y) dan perpindahan leleh (Δ_y) ditentukan dari idealisasi bilinier kurva $P-\Delta$. Beban maksimum (P_{max}) dan perpindahan ultimit (Δ_u) diambil dari nilai pada kondisi puncak. Nilai P_y, Δ_y, P_{max}, dan Δ_u digunakan untuk menyusun rekapitulasi kapasitas pada **Tabel 2**.

Data $P-\Delta$ kemudian dikonversi menjadi kurva momen-rotasi ($M-\theta$). Momen dihitung dari hasil perkalian beban lateral dengan lengan momen L, sedangkan rotasi dihitung dari rasio perpindahan ujung balok terhadap lengan momen. Berdasarkan konfigurasi pengujian, nilai L yang digunakan adalah 0,60 m atau 600 mm, sehingga perhitungan momen dan rotasi dilakukan menggunakan **Persamaan 1 sampai Persamaan 4**.

$$M_y = P_y \times L \quad (1)$$

$$M_u = P_{max} \times L \quad (2)$$

$$\theta_y = \frac{\Delta_y}{L} \quad (3)$$

$$\theta_u = \frac{\Delta_u}{L} \quad (4)$$

Dalam persamaan tersebut, P dinyatakan dalam kN, L dalam meter untuk perhitungan momen, serta Δ dan L dalam satuan panjang yang sama untuk perhitungan rotasi. Rotasi dinyatakan dalam radian. Nilai M_y dan θ_y menunjukkan kondisi leleh, sedangkan M_u dan θ_u menunjukkan kondisi ultimit yang dalam penelitian ini diambil pada saat sambungan mencapai kapasitas puncak.

Kekakuan rotasi dievaluasi melalui kekakuan sekant pada kondisi leleh dan kondisi ultimit. Kekakuan rotasi awal atau kekakuan leleh (K_y) diperoleh dari rasio antara momen leleh dan rotasi leleh, sedangkan kekakuan ultimit (K_u)

diperoleh dari rasio antara momen ultimit dan rotasi ultimit sebagaimana ditunjukkan pada **Persamaan 5** dan **Persamaan 6**.

$$K_y = \frac{M_y}{\theta_y} \quad (5)$$

$$K_u = \frac{M_u}{\theta_u} \quad (6)$$

Daktilitas rotasi (μ) dihitung sebagai rasio antara rotasi ultimit dan rotasi leleh ditunjukkan pada **Persamaan 7**. Nilai μ yang lebih besar menunjukkan kemampuan sambungan untuk mengalami rotasi lanjutan setelah kondisi leleh. Faktor bilinier (β) dihitung sebagai rasio kekakuan ultimit terhadap kekakuan leleh ditunjukkan pada **Persamaan 8**, untuk menggambarkan penurunan kekakuan sekant dari kondisi leleh menuju kondisi ultimit.

$$\mu = \frac{\theta_u}{\theta_y} \quad (7)$$

$$\beta = \frac{K_u}{K_y} \quad (8)$$

Parameter P_y, Δ_y, P_{max}, Δ_u, M_y, θ_y, M_u, θ_u, K_y, K_u, μ, dan β dihitung untuk setiap benda uji, kemudian nilai rata-ratanya digunakan untuk mengevaluasi kapasitas, kekakuan, dan daktilitas sambungan. Nilai β yang lebih kecil dari 1 menunjukkan penurunan kekakuan akibat slip, deformasi tumpu lokal glulam Jabon di sekitar sekrup kunci, serta deformasi pengencang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hubungan Beban dan Perpindahan

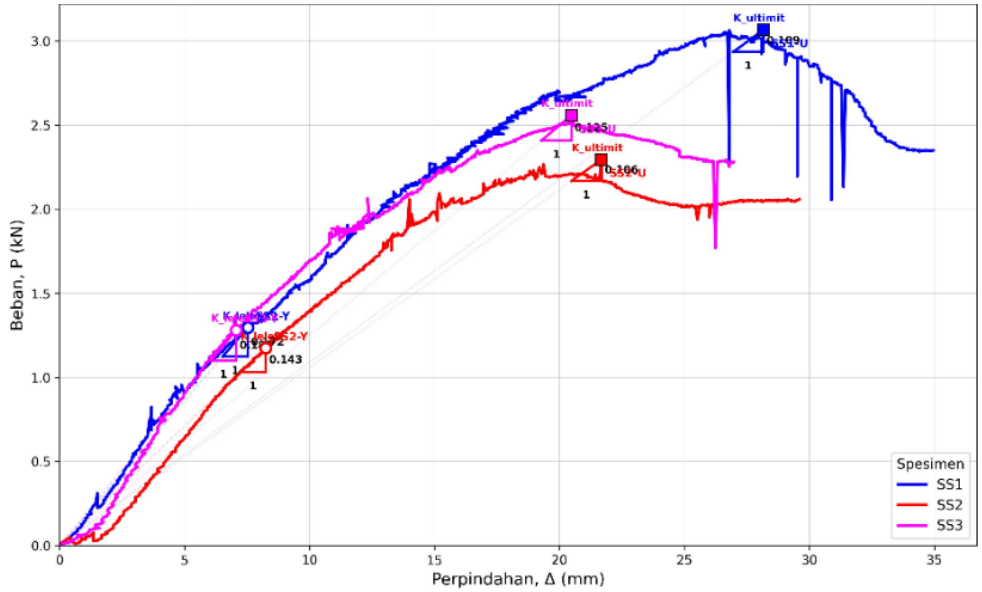
Kurva beban-perpindahan hasil pengujian monotonik pada benda uji SS1, SS2, dan SS3 menunjukkan respons yang diawali oleh peningkatan beban pada tahap awal, kemudian berangsur menjadi nonlinier seiring bertambahnya perpindahan. Perubahan kemiringan kurva mengindikasikan mulai terjadinya slip pada bidang sambungan, deformasi tumpu lokal pada glulam Jabon di sekitar sekrup kunci, serta rotasi relatif antara balok dan kolom.

Berdasarkan **Gambar 3**, ketiga benda uji memperlihatkan pola respons yang sejenis, yaitu kenaikan beban hingga mendekati kapasitas puncak, diikuti penurunan kapasitas secara bertahap setelah puncak. SS1 menghasilkan beban puncak dan perpindahan puncak terbesar, sedangkan SS2 menunjukkan beban puncak terendah. Perbedaan ini dapat dipengaruhi oleh variasi karakteristik material dan kondisi kontak pengencang pada daerah sambungan. Meskipun demikian, tidak terjadi penurunan kapasitas secara mendadak, sehingga sambungan menunjukkan perilaku pascapuncak yang relatif stabil.

Nilai beban dan perpindahan pada kondisi leleh serta puncak disajikan pada **Tabel 2**. Beban puncak berada pada rentang 2,30-3,07 kN dengan rata-rata 2,64 kN, sedangkan perpindahan puncak berada pada rentang 20,48-28,16 mm dengan rata-rata 23,44 mm. Pada kondisi leleh, beban berada pada rentang 1,18-1,30 kN dengan rata-rata 1,25 kN dan perpindahan leleh berada pada rentang 7,07-8,24 mm dengan rata-rata 7,61 mm. Hasil ini menunjukkan bahwa sambungan masih mampu mengalami peningkatan kapasitas dan deformasi setelah melewati kondisi leleh.

Tabel 2. Kapasitas Maksimum dan Perpindahan pada Beban Puncak

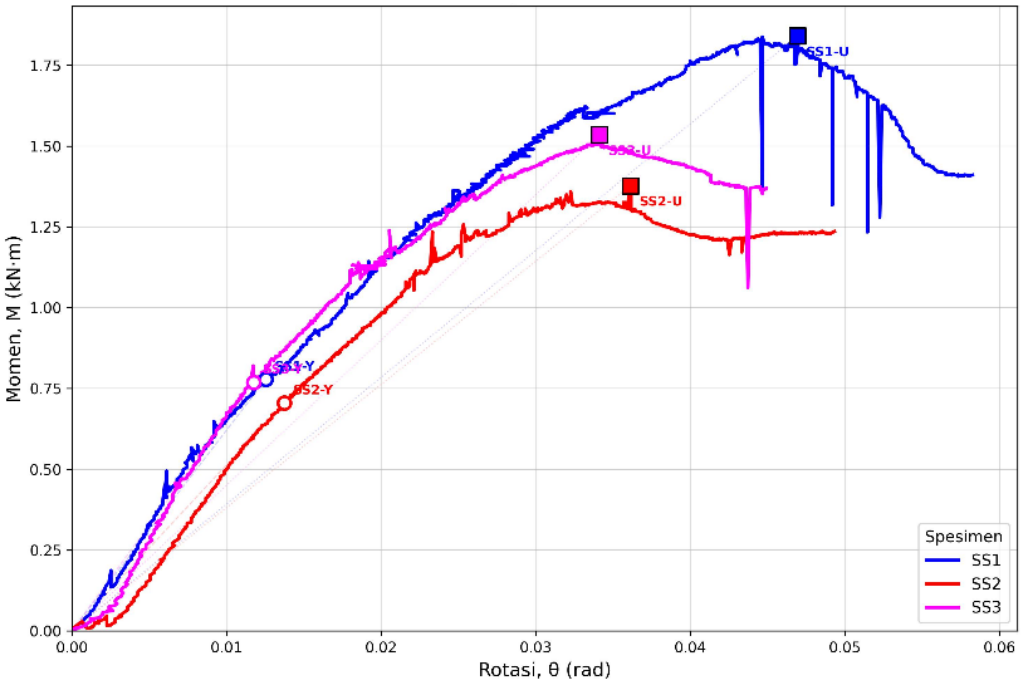
Benda Uji	P_{max} [kN]	Δ_{max} [mm]	P_y [kN]	Δ_y [mm]
SS1	3,07	28,16	1,30	7,53
SS2	2,30	21,68	1,18	8,24
SS3	2,56	20,48	1,28	7,07
Rata-Rata	2,64	23,44	1,25	7,61



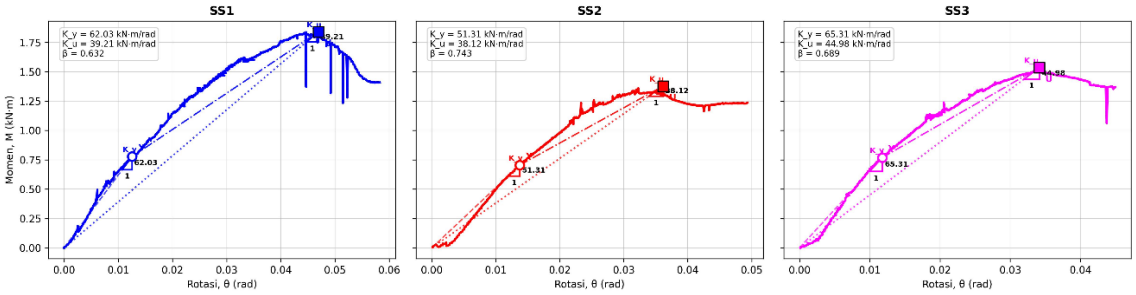
Gambar 3. Kurva hubungan beban dan perpindahan ketiga benda uji

Hubungan Momen-Rotasi, Kekakuan dan Daktilitas

Kurva momen-rotasi ketiga benda uji ditunjukkan pada **Gambar 4**. Secara umum, kurva memperlihatkan hubungan yang relatif linier pada tahap awal, kemudian bertransisi menjadi nonlinier hingga mencapai momen ultimit. Setelah momen puncak tercapai, kurva menunjukkan penurunan momen secara bertahap, terutama pada SS1 dan SS3. Pola tersebut mengindikasikan adanya akumulasi slip, deformasi tumpu, dan rotasi pada daerah sambungan. Respons ini sejalan dengan karakteristik sambungan kayu dengan pengencang mekanis tipe *dowel*, yaitu penurunan kekakuan akibat deformasi lokal pada kayu dan pengencang.



(a)



(b)

Gambar 4. Kurva hubungan momen dan rotasi: (a) ketiga benda uji dan (b) per benda uji



Gambar 5. Kondisi benda uji setelah pengujian (a) SS1, (b) SS2 dan (c) SS3

Kondisi visual benda uji setelah pengujian pada **Gambar 5** menunjukkan deformasi yang terkonsentrasi pada zona sambungan balok-kolom. Rotasi balok terhadap kolom terlihat pada ketiga benda uji, disertai indikasi slip dan deformasi lokal di sekitar area pengencang. Tidak terlihat mekanisme kerusakan getas yang dominan pada elemen glulam Jabon. Pola kerusakan bertahap ini konsisten dengan penurunan kapasitas secara gradual pada kurva pengujian.

Tabel 3. Parameter Momen-Rotasi, Kekakuan, Daktilitas, dan Faktor Bilinier

Benda Uji	M_y [kN-m]	θ_y [rad]	M_u [kN-m]	θ_u [rad]	K_y [kN-m/rad]	K_u [kN-m/rad]	μ	β
SS1	0,78	0,01255	1,84	0,04693	62,03	39,21	3,74	0,632
SS2	0,71	0,01374	1,38	0,03613	51,31	38,12	2,63	0,743
SS3	0,77	0,01178	1,54	0,03413	65,31	44,98	2,90	0,689
Rata-Rata	0,75	0,01269	1,59	0,03906	59,55	40,77	3,09	0,688

Berdasarkan **Tabel 3**, momen leleh (M_y) berada pada rentang 0,71-0,78 kN-m dengan rata-rata 0,75 kN-m, sedangkan momen ultimit (M_u) berada pada rentang 1,38-1,84 kN-m dengan rata-rata 1,59 kN-m. Rotasi leleh (θ_y) berada pada rentang 0,01178-0,01374 rad dengan rata-rata 0,01269 rad, sedangkan rotasi ultimit (θ_u) berada pada rentang 0,03413-0,04693 rad dengan rata-rata 0,03906 rad. SS1 memberikan momen ultimit dan rotasi ultimit terbesar, yaitu 1,84 kN-m dan 0,04693 rad.

Kekakuan rotasi awal (K_y) berada pada rentang 51,31-65,31 kN-m/rad dengan rata-rata 59,55 kN-m/rad, sedangkan kekakuan pada kondisi ultimit (K_u) berada pada rentang 38,12-44,98 kN-m/rad dengan rata-rata 40,77

kN-m/rad. Faktor bilinier (β) berada pada rentang 0,632-0,743 dengan rata-rata 0,688, yang menunjukkan penurunan kekakuan sekant rata-rata sekitar 31,2% dari kondisi leleh menuju kondisi ultimit. Daktilitas rotasi (μ) berada pada rentang 2,63-3,74 dengan rata-rata 3,09. Kombinasi parameter tersebut menunjukkan bahwa sambungan berperilaku semi-rigid dan mampu mengalami deformasi rotasi yang cukup besar pada pembebanan monotonik.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian monotonik pada tiga benda uji hubungan balok-kolom glulam Jabon dengan pelat baja siku dan pengencang sekrup kunci, diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Kapasitas puncak sambungan berada pada rentang 2,30-3,07 kN dengan rata-rata 2,64 kN, sedangkan perpindahan puncak berada pada rentang 20,48-28,16 mm dengan rata-rata 23,44 mm. Pada kondisi leleh, beban berada pada rentang 1,18-1,30 kN dengan rata-rata 1,25 kN dan perpindahan leleh berada pada rentang 7,07-8,24 mm dengan rata-rata 7,61 mm. Hal ini menunjukkan bahwa sambungan masih mampu mengalami peningkatan kapasitas dan deformasi setelah melewati kondisi leleh.
2. Momen leleh (M_y) berada pada rentang 0,71-0,78 kN-m dengan rata-rata 0,75 kN-m, sedangkan momen ultimit (M_u) berada pada rentang 1,38-1,84 kN-m dengan rata-rata 1,59 kN-m. Nilai rata-rata M_y sekitar 2,12 kali M_u, sehingga sambungan memiliki cadangan kapasitas momen setelah kondisi leleh dan mampu mempertahankan respons momen-rotasi hingga rotasi ultimit.
3. Kekakuan rotasi awal (K_y) berada pada rentang 51,31-65,31 kN-m/rad dengan rata-rata 59,55 kN-m/rad, sedangkan kekakuan pada kondisi ultimit (K_u) berada pada rentang 38,12-44,98 kN-m/rad dengan rata-rata 40,77 kN-m/rad. Faktor bilinier rata-rata sebesar 0,688 menunjukkan penurunan kekakuan sekant sekitar 31,2% dari kondisi leleh menuju kondisi ultimit, yang mencerminkan pengaruh slip, deformasi tumpu lokal glulam Jabon di sekitar sekrup kunci, dan rotasi pada zona sambungan.
4. Daktilitas rotasi berada pada rentang 2,63-3,74 dengan rata-rata 3,09. Nilai tersebut menunjukkan bahwa hubungan balok-kolom glulam Jabon dengan pelat baja siku dan sekrup kunci memiliki kemampuan deformasi rotasi yang memadai. Penurunan kapasitas pascapuncak yang terjadi secara bertahap mengindikasikan perilaku *semi-rigid* yang stabil dan tidak getas pada konfigurasi serta pembebanan monotonik yang diuji.

DAFTAR RUJUKAN

[1] A. S. R. D. Lestari, Y. S. Hadi, D. Hermawan and A. Santoso, "Physical and Mechanical Properties of Glued Laminated Lumber of Pine (Pinus merkusii) and Jabon (Anthocephalus cadamba)," Journal of the Korean Wood Science and Technology, vol. 46, no. 2, pp. 143-148, 2018.

[2] X. H. Fan, S. D. Zhang and W. J. Qu, "Load-Carrying Behaviour of Dowel-Type Timber Connections with Multiple Slotted-in Steel Plates," Applied Mechanics and Materials, Vols. 94-96, pp. 43-47, 2011.

[3] J. Cao, J. Du, H. Zhang, H. He, C. Bao and Y. Liu, "Mechanical properties of multi-bolted Glulam connection with slotted-in steel plates," Construction and Building Materials, vol. 433, no. 3, p. 136608, 2024.

[4] N. Nugroho, R. L. Savitri and L. Karlinasari, "Sifat Fisis dan Mekanis Kayu Jabon (Anthocephalus cadamba (Roxb.) Miq.)," Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Hutan, vol. 4, no. 2, pp. 58-64, 2011.

[5] Y. A. Pranata, A. Kristianto and O. C. Pattipawaej, "Pengembangan Sambungan Hubungan Join Balok-Kolom Kayu dengan Ring-Modifikasi dan Perkuatan-Paku," Jurnal Teknik Sipil Jurnal Teoritis dan Terapang Bidang Rekayasa Sipil, vol. 22, no. 1, pp. 37-48, 2015.

[6] D. Simanta, B. Suryoatmono and J. A. Tjondro, "Sambungan Balok-Kolom Eksterior Kayu Glulam Akasia dengan Sistim Profil Siku dan Batang Baja," Jurnal Teknik Sipil Mekanik, vol. I, no. 1, pp. 29-35, 2016.

[7] X. Li, J. Liu, Z. Zhang, D. Ma and L. Pang, "Experimental study on seismic performance of glulam structural columns with anchored," Journal of

Wood Science, vol. 70, no. 47, pp. 1-21, 2024.
[8] Z. Shu, B. Ning, H. Dong, Z. Li, Z. Peng and Y. Yang, "Glulam Beam-to-Column Connection with Coupled Steel Rods with Screwheads: Concept and Experimental Verifications," KSCE Journal of Civil Engineering, vol. 27, no. 6, pp. 2570-2585, 2023.
[9] F. Solarino, L. Giresini, W. S. Chang dan H. Huang, “Experimental Tests on a Dowel-Type Timber Connection and Validation of Numerical Models,” Buildings, vol. 7, no. 4, pp. 116, 2017.
[10] H. Yang, C. Wang, J. Hu, H. Tao, J. Liu, L. Tang and B. Shi, "Experimental Static and Seismic Behaviour of Glulam Beam-to-Column Connection with Screwed-in Threaded Rod Joints," BioResources, vol. 16, no. 3, pp. 5272-5286, 2021.
[11] R. Tomasi, A. Crosatti and M. Piazza, "Theoretical and experimental analysis of timber-to-timber joints connected with inclined screws," Construction and Building Materials, vol. 24, no. 9, pp. 1560-1571, 2010.
[12] Y. A. Pranata, B. Suryoatmono, R. Hasan, O. C. Pattipawaej and Z. Ahmad, "Structural Behavior of Beam-to-Column Glued Laminated Timber Connection Using Double Steel Plates," BioResources, vol. 20, no. 4, p. 8551–8565, 2025.
[13] T. Agustina, J. A. Tjondro and D. Setiawan, "Uji Eksperimental Sambungan Pelat Baja Perantara dengan Sekrup Kunci pada Hubungan Balok-Kolom Kayu Meranti Merah," Siklus : Jurnal Teknik Sipil, vol. 10, no. 2, pp. 177-188, 2024.
[14] Badan Standardisasi Nasional, "SNI 7973:2013 tentang Spesifikasi Desain untuk Konstruksi Kayu," Badan Standardisasi Nasional, Jakarta, 2013.
[15] ASTM International, ASTM D143-22 Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2022.
[16] European Committee for Standardization, EN 26891:1991 Timber Structures – Joints Made with Mechanical Fasteners, CEN, Brussels, 1991.
[17] ASTM International, ASTM D2395-17 Standard Test Methods for Density and Specific Gravity (Relative Density) of Wood and Wood-Based Materials, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2017.
[18] E. Desmaliana, “Kajian eksperimental perilaku lentur balok laminasi lengkung dari kayu jabon”, RekaRacana: Jurnal Teknik Sipil, vol. 3, no. 3, pp. 12, 2017.