

# Pengaruh Konfigurasi Batang Tunggal dan Ganda Terhadap Kapasitas Kuda-Kuda Kayu Bengkirai

HAMZAH HAIKHAL FADILLAH<sup>1</sup>, BADRIANA NURANITA<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Mahasiswa Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Bandung, Indonesia

<sup>2</sup> Dosen Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Bandung, Indonesia

Email: [nuranitabadriana@itenas.ac.id](mailto:nuranitabadriana@itenas.ac.id)

## ABSTRAK

*Penelitian ini membandingkan efisiensi konfigurasi penampang batang tunggal dan batang ganda terhadap kapasitas struktur kuda-kuda kayu dengan tipe rangka Modified Post Queen bentang 10 m. Analisis dilakukan berdasarkan aspek tegangan, lendutan, dan berat struktur. Jenis kayu yang digunakan adalah kayu Bengkirai yang umum digunakan sebagai material konstruksi bangunan. Perhitungan struktur mengacu pada kriteria Desain Faktor Beban Ketahanan (DFBK) sesuai SNI 7973-2013 dan SNI 1727-2020. Hasil analisis menunjukkan rasio tegangan tarik dan tegangan tekan pada kuda-kuda batang ganda lebih besar 5,882%-32,496% dan 22,379%-49,333% dibandingkan batang tunggal. Lendutan aktual pada kuda-kuda batang tunggal mencapai 5,018 mm, sementara batang ganda 5,367 mm, keduanya masih memenuhi syarat lendutan ijin. Sementara untuk berat struktur, batang ganda lebih ringan 16,351% dibandingkan batang tunggal. Secara keseluruhan, kedua jenis kuda-kuda memenuhi standar kekuatan (rasio tegangan) dan kekakuan (lendutan), namun batang ganda lebih unggul dari aspek berat, sehingga lebih direkomendasikan untuk pengaplikasian struktural.*

**Kata kunci:** kuda-kuda kayu, batang tunggal, batang ganda, rasio tegangan, lendutan, berat struktur

## ABSTRACT

*This study compares the efficiency of single-section and double-section configurations in the structural capacity of a 10-meter span wooden truss with a Modified Post Queen frame type. The analysis is conducted based on stress ratios, deflection, and structural weight aspects. Bengkirai wood, commonly used as a construction material, is selected for this study. Structural calculations follow the Load and Resistance Factor Design (LRFD) criteria based on SNI 7973-2013 and SNI 1727-2020. The analysis results indicate that the tensile and compressive stress ratios in the double-section truss are 5.882%-32.496% and 22.379%-49.333% higher, respectively, than those in the single-section truss. The actual deflection of the single-section truss reaches 5.018 mm, while the double-section truss is 5.367 mm, both meeting the allowable deflection limits. In terms of structural weight, the double-section truss is 16.351% lighter than the single-section truss. Overall, both truss configurations meet the strength (stress ratio) and stiffness (deflection) standards, but the double-section truss is superior in terms of weight efficiency, making it more recommended for structural applications.*

**Keywords:** wooden truss, single-section, double-section, stress ratio, deflection, structural weight

## 1. PENDAHULUAN

Kayu telah digunakan secara luas sebagai material konstruksi di berbagai negara, termasuk Jepang dan Indonesia, karena sifatnya yang fleksibel dan ketahanan terhadap gempa. Jepang yang merupakan negara rawan gempa dengan rata-rata 966 gempa per tahun [17] memanfaatkan kayu sebagai material utama rumah tinggal. Sekitar 58,9% rumah di Jepang berbahan kayu karena penduduknya ketergantungan terhadap arsitekturnya dan dibangun atas dasar kondisi geografis Jepang yang rawan gempa bumi [12]. Indonesia memiliki kondisi serupa, dengan rata-rata 5.818 gempa per tahun [15] dan sumber daya kayu yang melimpah. Pemanfaatan kayu dalam konstruksi, terutama rangka atap masih berlanjut seiring dengan pembangunan rumah tinggal.

Kayu memiliki keunggulan dalam fleksibilitas dan keamanan terhadap gempa dengan berbagai opsi sambungan. Salah satu penerapannya adalah dalam struktur rangka atap kuda-kuda kayu, yang membutuhkan efisiensi optimal dalam hal kapasitas struktur, berat, dan deformasi. Namun, pemilihan konfigurasi penampang batang tunggal atau batang ganda dalam desain kuda-kuda masih menjadi pertimbangan penting untuk mencapai keseimbangan antara kekuatan dan efisiensi material. Di antara berbagai macam tipe kayu, kayu Bengkirai dipilih sebagai material rangka kuda-kuda karena sifatnya yang kuat, tahan lama, dan lebih murah dibandingkan dengan kayu Jati [5].

Penelitian-penelitian terdahulu melakukan analisis perbandingan performa struktur kuda-kuda kayu dengan material lainnya seperti baja ringan [6][19], membandingkan kapasitas tegangan dan lendutan pada struktur kuda-kuda kayu dengan dua metode desain [11][12], hingga melakukan kajian perancangan batang ganda yang ideal pada struktur kayu [7]. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan efisiensi konfigurasi batang tunggal dan batang ganda pada kuda-kuda kayu dengan tipe *Modified Post Queen* bentang 10 meter. Analisis dilakukan berdasarkan aspek tegangan, lendutan, dan berat struktur dengan mengacu pada standar desain SNI 7973-2013 dan SNI 1727-2020. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi yang lebih tepat dalam desain kuda-kuda kayu untuk aplikasi struktural yang lebih efisien dan aman.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Konstruksi Kayu dan Kuda-kuda

Pemanfaatan kayu sebagai material konstruksi memberikan banyak manfaat pada sisi struktural karena perbandingan berat dan performa yang ringan, desain sederhana, perilaku seismik yang baik, serta proses produksi yang lebih ramah lingkungan dibandingkan beton dan baja [14]. Sebagai material struktural, maka sifat, jenis, dan faktor yang mempengaruhi kekuatannya harus diperhatikan [10]. Kekuatan dan ketahanan kayu dalam menahan gaya luar sangat bergantung erat pada sifat-sifat mekanik berupa kuat tarik sejajar serat, kuat tekan sejajar serat, kuat lentur, kuat geser sejajar serat dan modulus elastisitas [18]. Sifat-sifat tersebut akan mempengaruhi efektifitas penggunaan material kayu sebagai konstruksi, dalam hal ini adalah konstruksi atap. Kuda-kuda kayu digunakan sebagai pendukung atap dengan bentang paling panjang sekitar 12 m, konstruksinya harus merupakan satu kesatuan bentuk yang kokoh sehingga mampu memikul beban tanpa mengalami perubahan [10].

### 2.2 Konsep Perencanaan Struktur Kayu

Dalam perencanaan konstruksi kayu, pada setiap komponen kayu dan sambungan harus memiliki kapasitas untuk memikul beban yang bekerja. Dasar dari perencanaan struktur kayu adalah memenuhi syarat kekuatan, kekakuan dan kestabilan [8].

Mengacu pada SNI 7973-2013, perencanaan desain struktur kayu memuat dua konsep yaitu Desain Tegangan Izin (DTI) dan Desain Faktor Beban Ketahanan (DFBK). Penelitian terdahulu telah melakukan analisis perbandingan metode DTI dan DFBK pada rangka atap kayu berdasarkan SNI 7973-2013 yang menghasilkan desain metode DTI sedikit lebih konservatif dibandingkan DFBK, namun keduanya memiliki tingkat keamanan yang relatif sama [11]. Pada penelitian ini, digunakan metode perencanaan DFBK, yakni kekuatan dari elemen struktur atau sambungan kayu tidak boleh kurang dari kekuatan yang dibutuhkan dan ditentukan berdasarkan kombinasi pembebanan DFBK [3].

### **2.3 Pembebanan dan Kombinasi**

Pembebanan yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada kriteria desain [3][4], mencakup empat jenis beban utama, yaitu beban mati, beban mati tambahan, beban hidup atap, dan beban angin [6][11]. Beban mati berasal dari berat elemen struktur yang bersifat permanen seperti berat sendiri rangka kuda-kuda. Beban mati tambahan, merupakan beban dari elemen non-struktural, seperti gording, kasau dan reng. Beban hidup, beban ini ditimbulkan oleh aktivitas pekerja selama proses konstruksi atau perawatan bangunan. Dalam penelitian ini, nilai beban hidup atap ditetapkan sebesar 1,33 kN. Beban angin, kecepatan angin dasar yang digunakan pada penelitian mengacu pada data BMKG, yaitu dengan nilai sebesar 6 m/s.

Selanjutnya, beban-beban tersebut dikombinasikan dengan faktor beban sehingga membentuk kombinasi beban DFBK sesuai dengan standar [5], meliputi Kombinasi 1 (1,4DL, Kombinasi 2 (1,2DL + 0,5Lr), Kombinasi (1,2DL + 1,6Lr), Kombinasi (1,2DL + 0,8W), Kombinasi 5 (1,2DL + 0,5Lr + 1,6W) dan Kombinasi 6 (0,9DL + 1,6W).

### **2.4 Kapasitas Batang**

Pemeriksaan ini bertujuan untuk memastikan bahwa batang dapat menahan beban tanpa mengalami kegagalan struktur. Pemeriksaan kapasitas batang yang ditinjau yakni kapasitas batang tarik dan tekan. Batang tarik menggunakan **Persamaan 1** dan batang tekan menggunakan **Persamaan 2** berikut ini.

$$f_t \leq F_t' \quad \dots (1)$$

Keterangan:

$f_t$  = tegangan tarik aktual,  $T_u/A_n$  [N/mm<sup>2</sup>];  
 $T_u$  = gaya tarik terfaktor [N];  
 $F_t'$  = kapasitas, kuat tarik sejajar arah serat terkoreksi [MPa];  
 $A_n$  = luas penampang neto [mm<sup>2</sup>].

$$f_c \leq F_c' \quad \dots (2)$$

Keterangan:

$f_c$  = tegangan tekan aktual,  $P_u/A_g$  [N/mm<sup>2</sup>];  
 $P_u$  = gaya tekan terfaktor [N];  
 $F_c'$  = Kapasitas, kuat tekan sejajar arah serat terkoreksi [MPa];  
 $A_g$  = luas penampang bruto [mm<sup>2</sup>].

Selain pemeriksaan di atas, dilakukan juga pemeriksaan lendutan struktur sesuai standar [2]. Lendutan struktur rangka kuda-kuda akibat berat sendiri dan muatan tetap, untuk struktur rangka batang yang tidak terlindung, batasan lendutan yang diijinkan adalah seperti pada **Persamaan 3**.

$$f_{max} \leq \frac{1}{700} l \quad \dots (3)$$

$l$  adalah panjang bentang bersih.

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini melibatkan tahapan-tahapan mulai dari studi literatur, untuk mendapatkan penjelasan mengenai konsep-konsep, teori-teori dan rumus-rumus yang berkaitan dengan spesifikasi material kayu, struktur rangka atap dan kuda-kuda kayu. Selanjutnya tahap pendefinisian spesifikasi material yang meliputi jenis kayu, dimensi penampang tunggal dan ganda, geometri rangka, dan mutu kayu. Kemudian dilakukan tahap pendefinisian dan perhitungan beban-beban serta kombinasi pembebanan sesuai dengan SNI 1727-2020. Pada tahap selanjutnya, dilakukan pemodelan rangka kuda-kuda kayu Bengkirai batang tunggal dan ganda tipe *modified post queen* dalam bentuk 2 dimensi dengan bantuan *software* analisis struktur. Setelah dilakukan pemodelan, dilakukan analisis struktur kuda-kuda batang tunggal dan batang ganda dengan luaran berupa nilai gaya-gaya dalam, lendutan dan berat struktur rangka untuk mendapatkan kesimpulan terkait kapasitas masing-masing rangka berdasarkan kontrol rasio tegangan, lendutan dan berat struktur yang paling efisien. Adapun informasi mengenai spesifikasi material kayu yang digunakan dalam penelitian ini dirinci pada **Tabel 1**.

**Tabel 1. Data Spesifikasi Material Kayu [1] [3] [16]**

Data Material Kayu	
Jenis kayu	Bengkirai ( <i>Shorea leavis</i> )
Berat jenis kayu	0,72 (0,68-0,80) g/cm <sup>3</sup>
Mutu kayu	E16
Modulus Elastisitas, $E$	16.000 MPa
Kadar air	15,36 (14,90-15,85) %
Nilai desain tarik sejajar serat acuan, $F_t$	13,2 MPa
Nilai desain tekan sejajar serat acuan, $F_c$	13,2 MPa

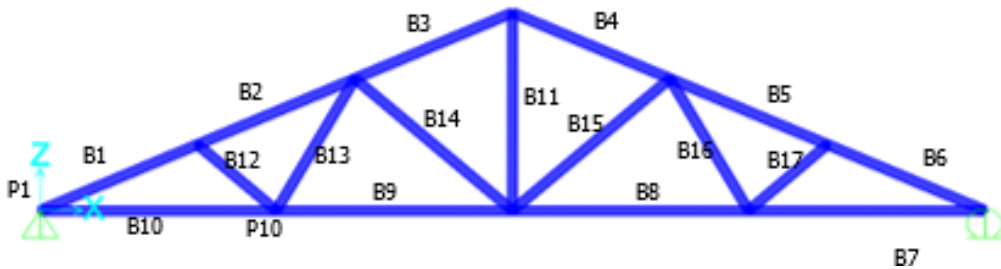
Rangka kuda-kuda kayu Bengkirai batang tunggal dan ganda pada penelitian ini memiliki tipe *modified post queen* dengan bentang 10 meter seperti terlihat pada **Gambar 1** dengan dimensi penampang tunggal dan ganda sesuai **Gambar 2**. Data detail dimensi batang dan pemodelan kuda-kuda dapat dilihat pada **Tabel 2**.

**Tabel 2. Data Pemodelan Kuda-Kuda**

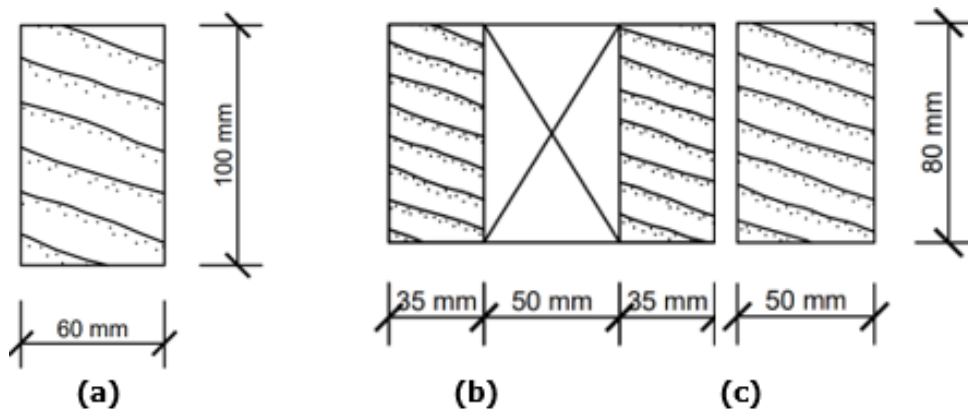
Data Kuda-Kuda	
Tipe kuda-kuda	<i>Modified post queen</i> (Multipanel)
Bentang kuda-kuda	10 m
Sudut kemiringan	22,782°
Kuda-kuda batang tunggal	
Dimensi penampang	60/100 mm
Kuda-kuda batang ganda	
Dimensi penampang diagonal	50/80 mm
Dimensi penampang ganda	2 x 35/80 mm
Jumlah batang	17 buah
Jumlah buhul	10 buah
Jumlah gording	7 buah

Pendistribusian beban-beban yang bekerja pada struktur rangka kuda-kuda, baik pada batang tunggal maupun batang ganda disajikan pada **Gambar 3**, **Gambar 4**, dan **Gambar 5**. Beban-beban tersebut mencakup beban mati tambahan, beban hidup, serta beban akibat pengaruh

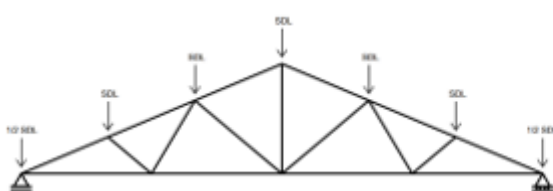
angin yang didistribusikan ke seluruh elemen kuda-kuda sesuai dengan prinsip perancangan struktur SNI 1727:2020. Visualisasi berikut memberikan gambaran lebih jelas mengenai bagaimana gaya-gaya bekerja dan terdistribusi pada setiap konfigurasi kuda-kuda yang dianalisis dalam penelitian ini.



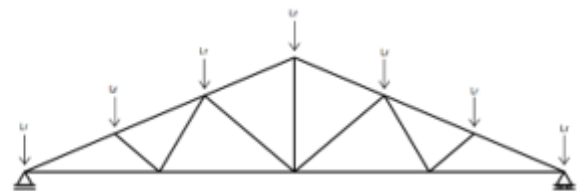
**Gambar 1. Model 2D struktur rangka kuda-kuda tipe *Modified Post Queen* batang tunggal dan ganda**



**Gambar 2. (a) Dimensi penampang pada kuda-kuda batang tunggal  
(b) Dimensi penampang ganda pada kuda-kuda batang ganda  
(c) Dimensi penampang diagonal pada kuda-kuda batang ganda**

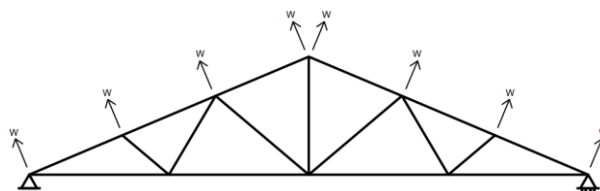


**Gambar 3. Distribusi beban mati tambahan**



**Gambar 4. Distribusi beban hidup atap**

Berdasarkan perhitungan sesuai dengan SNI 1727:2020, beban angin yang terjadi yakni angin hisap di semua permukaan atap, baik di sisi angin datang maupun di sisi angin pergi seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 5**.



**Gambar 5. Distribusi beban angin**

## 4. PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Analisis Struktur Kuda-Kuda

Berdasarkan hasil running aplikasi analisis struktur, gaya dalam *ultimate* terjadi pada kombinasi pembebanan ketiga (1,2DL + 1,6Lr). Pada kondisi ini, gaya tekan paling besar pada batang 1 (B1) dan batang 6 (B6) dengan nilai sebesar 39.857,7 N. Sementara itu, gaya tarik paling besar terjadi pada batang 7 (B7) dan batang 10 (B10) sebesar 36.748,09 N seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 3**.

**Tabel 3. Output Gaya Dalam Kuda-Kuda Batang Tunggal**

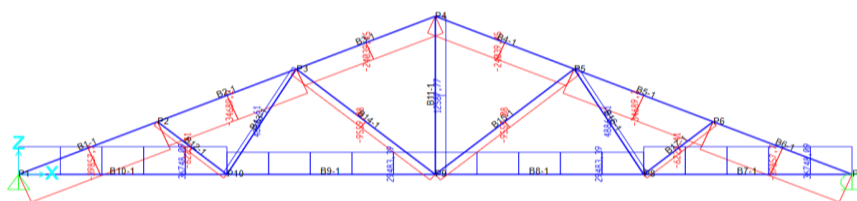
Batang	P [N]	Keterangan	Batang	P [N]	Keterangan	Batang	P [N]	Keterangan
1	-39.857,7	Tekan	7	36.748,09	Tarik	13	4.886,61	Tarik
2	-34.689,2	Tekan	8	29.483,39	Tarik	14	-9.559,08	Tekan
3	-24.039,5	Tekan	9	29.483,39	Tarik	15	-9.559,08	Tekan
4	-24.039,5	Tekan	10	36.748,09	Tarik	16	4.886,61	Tarik
5	-34.689,2	Tekan	11	12.587,77	Tarik	17	-6.223,41	Tekan
6	-39.857,7	Tekan	12	-6.223,41	Tekan			

Sama halnya dengan kuda-kuda batang tunggal, gaya dalam *ultimate* pada kuda-kuda batang ganda terjadi pada kombinasi pembebanan ketiga menghasilkan gaya tekan paling besar pada batang 1 (B1) dan batang 6 (B6) sebesar 39.525,2 N, sedangkan gaya tarik paling besar terjadi pada batang 7 (B7) dan batang 10 (B10) sebesar 36.441,53 N seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 4**.

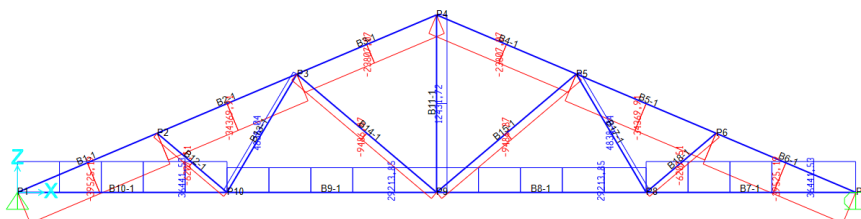
**Tabel 4. Output Gaya Dalam Kuda-Kuda Batang Ganda**

Batang	P [N]	Keterangan	Batang	P [N]	Keterangan	Batang	P [N]	Keterangan
1	-39.525,2	Tekan	7	36.441,53	Tarik	13	4.838,04	Tarik
2	-34.369,9	Tekan	8	29.213,85	Tarik	14	-9.486,87	Tekan
3	-23.807,1	Tekan	9	29.213,85	Tarik	15	-9.486,87	Tekan
4	-23.807,1	Tekan	10	36.441,53	Tarik	16	4.838,04	Tarik
5	-34.369,9	Tekan	11	12.431,72	Tarik	17	-6.207,51	Tekan
6	-39.525,2	Tekan	12	-6.207,51	Tekan			

Adapun visualisasi diagram gaya dalam aksial untuk kuda-kuda batang tunggal dapat dilihat pada **Gambar 6** dan kuda-kuda batang ganda dapat dilihat pada **Gambar 7**.



**Gambar 6. Diagram gaya dalam aksial kuda-kuda batang tunggal**



**Gambar 7. Diagram gaya dalam aksial kuda-kuda batang ganda**

## 4.2 Hasil Pemeriksaan Rasio Tegangan

Perbandingan rasio tegangan masing-masing batang ditunjukkan pada **Tabel 5** dan **Tabel 6**.

**Tabel 5. Perbandingan Rasio Kapasitas Kekuatan Tarik**

No. Batang	Tipe Kuda-Kuda	Posisi Batang	Tarik		Rasio Tegangan	Perbandingan [%]
			Tegangan [N/mm <sup>2</sup> ]			
			Desain	Kapasitas		
7	Tunggal	Bawah	6,882	18,248	0,377	5,882
	Ganda		7,312	18,248	0,401	
8	Tunggal	Bawah	5,521	18,248	0,303	5,806
	Ganda		5,862	18,248	0,321	
9	Tunggal	Bawah	5,521	18,248	0,303	5,806
	Ganda		5,862	18,248	0,321	
10	Tunggal	Bawah	6,882	18,248	0,377	5,882
	Ganda		7,312	18,248	0,401	
11	Tunggal	Diagonal	2,357	18,248	0,129	32,496
	Ganda		3,492	18,248	0,191	
13	Tunggal	Diagonal	0,915	18,248	0,050	32,664
	Ganda		1,359	18,248	0,074	
16	Tunggal	Diagonal	0,915	18,248	0,050	32,664
	Ganda		1,359	18,248	0,074	

**Tabel 6. Perbandingan Rasio Kapasitas Kekuatan Tekan**

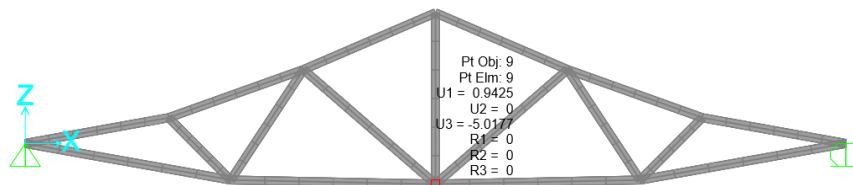
No. Batang	Tipe Kuda-Kuda	Posisi Batang	Tekan		Rasio Tegangan	Perbandingan [%]
			Tegangan [N/mm <sup>2</sup> ]			
			Desain	Kapasitas		
1	Tunggal	Atas	-6,643	14,504	-0,458	22,483
	Ganda		-7,058	11,945	-0,591	
2	Tunggal	Atas	-5,782	14,504	-0,399	22,415
	Ganda		-6,137	11,945	-0,514	
3	Tunggal	Atas	-4,007	14,504	-0,276	22,379
	Ganda		-4,251	11,945	-0,356	
4	Tunggal	Atas	-4,007	14,504	-0,276	22,379
	Ganda		-4,251	11,945	-0,356	
5	Tunggal	Atas	-5,782	14,504	-0,399	22,415
	Ganda		-6,137	11,945	-0,514	
6	Tunggal	Atas	-6,643	14,504	-0,458	22,483
	Ganda		-7,058	11,945	-0,591	
12	Tunggal	Diagonal	-1,037	14,504	-0,060	36,116
	Ganda		-1,552	11,945	-0,095	
14	Tunggal	Diagonal	-1,593	14,504	-0,128	49,333
	Ganda		-2,372	11,945	-0,253	
15	Tunggal	Diagonal	-1,593	14,504	-0,128	49,333
	Ganda		-2,372	11,945	-0,253	
17	Tunggal	Diagonal	-1,037	14,504	-0,060	36,116
	Ganda		-1,552	11,945	-0,095	

Berdasarkan **Tabel 5** dan **Tabel 6** di atas, rasio tegangan tarik pada kuda-kuda batang ganda lebih besar sebesar 5,882% – 32,496% dibandingkan batang tunggal. Begitupun tegangan

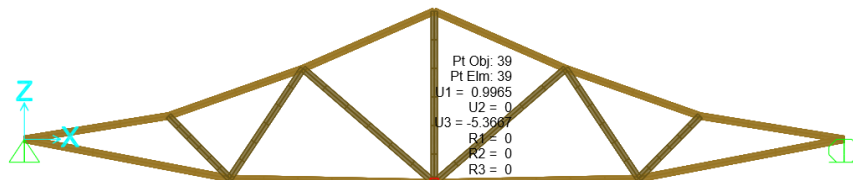
tekannya lebih besar sebesar 22,379% – 49,333% dibandingkan batang tunggal. Namun demikian, keduanya memenuhi syarat kekuatan, karena menghasilkan rasio kurang dari 1 (satu).

#### 4.3 Hasil Pemeriksaan Lendutan Struktur

Lendutan yang terjadi pada kuda-kuda pengaruhi dari beban mati (DL + SDL) melalui running aplikasi analisis struktur ditunjukkan pada **Gambar 6** untuk kuda-kuda batang tunggal dan **Gambar 7** untuk kuda-kuda batang ganda.



**Gambar 6. Lendutan aktual kuda-kuda batang tunggal**



**Gambar 7. Lendutan aktual kuda-kuda batang ganda**

Adapun pemeriksaan lendutan aktual kuda-kuda akibat pengaruh dari beban mati yang dibandingkan dengan lendutan ijin, yakni  $\delta = \frac{1}{700} = 14,286$  mm menghasilkan bahwa lendutan untuk kedua tipe struktur memenuhi persyaratan, karena nilainya tidak melebihi lendutan ijinnya. Nilai masing-masing lendutan dapat dilihat pada **Tabel 7**.

**Tabel 7. Pemeriksaan Lendutan Struktur**

Kuda-Kuda	Lendutan Aktual [mm]	Lendutan Ijin [mm]	Aktual < Ijin
Batang Tunggal	5,0177	14,286	Oke
Batang Ganda	5,3667	14,286	Oke

#### 4.4 Hasil Pemeriksaan Berat Struktur

Berat struktur rangka kuda-kuda kayu dihitung berdasarkan akibat pengaruh berat sendiri. Hasil analisis pada aspek berat dapat dilihat pada **Tabel 8**. Hasil memperlihatkan bahwa kuda-kuda batang ganda (1.386,79 N) lebih ringan dibanding kuda-kuda batang tunggal (1.386,79 N).

**Tabel 8. Pemeriksaan Berat pada Struktur**

Kuda-Kuda	Berat [kg]	Berat [N]
Batang Tunggal	141,41	1.386,79
Batang Ganda	118,29	1.160,03

## **5. KESIMPULAN DAN SARAN**

Kesimpulan dan saran yang bisa diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Hasil analisis struktur rangka kuda-kuda kayu berdasarkan kapasitas tegangan menunjukkan bahwa rasio tegangan tarik pada kuda-kuda batang ganda lebih besar sebesar 5,882% – 32,496% dibandingkan batang tunggal. Hal serupa terjadi pada tegangan tekan batang ganda lebih besar sebesar 22,379% – 49,333% dibandingkan batang tunggal. Meskipun kuda-kuda batang ganda lebih unggul, tetapi keduanya memenuhi syarat kekuatan dan masih aman untuk digunakan.
2. Hasil analisis struktur rangka kuda-kuda kayu berdasarkan aspek lendutan menunjukkan bahwa lendutan aktual pada kuda-kuda batang tunggal terjadi sebesar 5,018 mm dan pada kuda-kuda batang ganda sebesar 5,367 mm. Kedua nilai tersebut masih berada di bawah lendutan ijin sebesar 14,286 mm, sehingga memenuhi syarat kekakuan.
3. Hasil analisis struktur rangka kuda-kuda kayu berdasarkan aspek berat sendiri menunjukkan bahwa kuda-kuda batang ganda lebih ringan 16,351% dibandingkan kuda-kuda batang tunggal. Dengan demikian, kuda-kuda batang ganda lebih direkomendasikan untuk digunakan.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Awaludin, A., & Wusqo, U. (2020). Prediksi Nilai Kuat Lentur Kayu Tropis Berdasarkan Nilai Modulus Elastis. *Jurnal Teknologi Kayu Tropis*, 27-42. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada
- [2] Badan Standarisasi Nasional. (2000). SNI 03-XXXX-2000 tentang Tata Cara Perencanaan Struktur Kayu untuk Bangunan Gedung. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- [3] Badan Standarisasi Nasional. (2013). SNI 7973-2013 tentang Spesifikasi Desain untuk Konstruksi Kayu. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- [4] Badan Satandarisasi Nasional. (2020). SNI 1727-2020 tentang Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Jakarta: Badan Satandarisasi Nasional.
- [5] Bermutu Indonesia. Perbandingan Kayu Jati dan Bengkirai. Dipetik 10 Maret 2024 dari <https://bermutu.id/kayu/perbandingan-kayu-jati-dan-bengkirai/>
- [6] Diredja, N.V., Nuranita, B., Desimaliana, E., & Pertiwi, A.C. (2021). Kajian Analisis Perbandingan Rangka Atap Kuda-Kuda Menggunakan Kayu LVL dan Baja Ringan. *RekaRacana: Jurnal Teknik Sipil*, 7(3), 172-180. Bandung: Institut Teknologi Nasional.
- [7] Ginting, A. (2005). Perancangan Batang Desak Tampang Ganda Yang Ideal Pada Struktur Kayu. *Jurnal Janateknika*, Vol. 7, No. 1. Yogyakarta: Universitas Janabadra Yogyakarta.
- [8] Kaselle, H., Trisnawathy., & Fattah, A. (2022). Perencanaan Struktur Kayu Berdasarkan SNI 7973 2013. Makassar: Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- [9] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2023). Petunjuk Konstruksi Bangunan Sederhana. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- [10] Mulyati. Kayu Sebagai Bahan Konstruksi. Padang: Institut Teknologi Padang.
- [11] Nuranita, B., & Herbudiman, B. (2020). Analisis Perbandingan Metode DTI dan DFBK pada Rangka Atap Kayu untuk Bangunan Gudang Berdasarkan SNI 7973:2013. *KonTekS-14 Konferensi Nasional Teknik Sipil* 14, 588-597. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- [12] Nuranita, B., & Herbudiman, B. (2013). Kajian Perbandingan Metode DTI dan DFBK berdasarkan NDS for Wood Construction 2012 pada Jembatan Rangka Kayu Pejalan Kaki. Tugas Akhir. Bandung: Institut Teknologi Nasional Bandung.

- [13] Nurhadi. (2022). Ini Alasan Warga Jepang Lebih Suka Rumah Kayu Dibanding Bata. Dipetik 5 Agustus 2024 dari <https://tekno.tempo.co/read/1572468/ini-alasan-warga-jepang-lebih-suka-rumah-kayu-dibanding-bata>
- [14] Permana, A. (2022). Potensi Material Kayu Sebagai Bahan Konstruksi Bangunan di Masa Depan. <https://itb.ac.id/berita/potensi-material-kayu-sebagai-bahan-konstruksi-bangunan-di-masa-depan/58589>. 1 Maret 2024 Pukul 21:20 WIB.
- [15] Salim, A. (2022). BMKG Sebut Indonesia Dilanda Gempa Sekitar 5.818 Kali Per Tahun. Dipetik 5 Agustus 2024 dari <https://www.antaraneews.com/berita/2763137/bmkg-sebut-indonesia-dilanda-gempa-sekitar-5818-kali-per-tahun>
- [16] Sutandar, E., Juniardi, F., & Syahrudin. (2021). Sifat Fisis dan Mekanis Kayu Bengkirai. Jurnal Teknik Sipil. Pontianak: Universitas Tanjung Pura Pontianak.
- [17] Setiawan, S. (2023). Belajar dari Jepang, Manusia Bisa Berdamai dengan Gempa. Dipetik 15 Maret 2024 dari <https://www.cnbcindonesia.com/research/20230911093623-128-471252/belajar-dari-jepang-manusia-bisa-berdamai-dengan-gempa>
- [18] Yunianti, A.D., Syahidah, Agussalim, Suhasman. (2020). Buku Ajar Ilmu Kayu. Masakassar: Universitas Hasanuddin.
- [19] Yusuf, H. (2009). Studi Perbandingan Rangka Atap Baja Ringan Pryda dengan Rangka Atap Kayu Konvensional. Universitas Indonesia.