

# Kajian Analisis Kapasitas Struktur Rangka Kuda-Kuda Kayu Batang Ganda Tipe *Modified Post Queen*

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

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

<sup>2</sup> Dosen Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Bandung, Indonesia  
Email: hamzah.haikhal@mhs.itenas.ac.id

## ABSTRAK

*Kayu sering digunakan dalam konstruksi bangunan, terutama struktur atap. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui efisiensi rangka kuda-kuda batang ganda dalam hal tegangan, lendutan, dan berat untuk Kuda-kuda tipe modified post queen dengan bentang 10 m, dimodelkan dengan menerapkan kombinasi pembebanan DFBK sesuai standar SNI 7973-2013 dan SNI 1727-2020, yang mencakup beban mati, beban hidup atap, dan beban angin. Hasil analisis menunjukkan bahwa kuda-kuda batang ganda memiliki rasio tegangan tarik antara 0,074 - 0,401 dan rasio tegangan tekan antara 0,095 – 0,591. Pada lendutan, didapatkan lendutan sebesar 5,367 mm. Sementara pada aspek berat, kuda-kuda memiliki berat sebesar 1.160,03 N. Secara keseluruhan, kuda-kuda tersebut memenuhi syarat kekuatan dan kekakuan.*

**Kata kunci:** *rangka kuda-kuda, batang ganda, analisis tegangan, lendutan, berat*

## ABSTRACT

*The wood is commonly used in building construction, particularly in roof structures. This study aims to determine the efficiency of double-beam roof truss in terms of stress, deflection, and weight for a modified post-queen type truss with a 10 m span, modelled by applying load combinations according to SNI 7973-2013 and SNI 1727-2020 standards, which include dead loads, roof live loads, and wind loads. The analysis results show that the double truss has a tensile stress ratio between 0,074 - 0,401 and a compressive stress ratio between 0,095 – 0,591. The deflection was found to be 5,367 mm. In terms of weight, the truss weighs 1.160,03 N. Overall, the truss meets the strength and stiffness requirements.*

**Keywords:** *roof trusses, double-beam, stress analysis, deflection, weight*

## 1. PENDAHULUAN

Jepang yang dijuluki dengan negeri matahari terbit dengan kemajuan teknologinya, ternyata memanfaatkan material kayu sebagai struktur utama dalam membangun suatu rumah tinggal yang nyaman dan aman bagi keluarga yang apabila dicermati Jepang merupakan negara yang sering terjadi gempa bumi dengan rata-rata 966 kali per tahun atau 80 kali gempa per bulan [10]. Hal serupa juga dialami oleh Indonesia yang letak geografisnya berada pada lingkaran api (*ring of fire*), banyak sekali gunung berapi dan pada kondisi saat ini sesar yang aktif memungkinkan terjadinya gempa bumi yang tidak dapat dihindari.

Indonesia merupakan salah satu negara dengan ketersediaan kekayaan alamnya yang melimpah, termasuk sumber daya alam yang dimiliki, yakni kayu. Pemanfaatan kayu sebagai material konstruksi khususnya untuk rangka atap masih sangat bisa digunakan. Struktur kayu di-*claim* lebih aman dan fleksibel jika terjadi gempa bumi.

Kayu yang dipakai untuk konstruksi bangunan sangat beragam. Kayu jati merupakan kayu yang kuat, memiliki kualitas sangat baik dan keras tetapi harganya relatif mahal dibandingkan dengan kayu-kayu lainnya. Pada penelitian ini, kayu bengkirai dipilih sebagai struktur rangka kuda-kuda karena kayu bengkirai memiliki tekstur yang keras dan padat, kokoh, tahan lama, memiliki pola serat yang indah, serta potensi melengkung dan pemuaian tergolong cukup rendah [5]. Selain itu, kayu bengkirai banyak digunakan sebagai material konstruksi bangunan serta harganya lebih murah dibandingkan dengan kayu jati.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Kayu Sebagai Material Konstruksi

Penggunaan kayu dimanfaatkan sebagai material konstruksi tidak hanya didasari akan kekuatannya saja, akan tetapi kayu juga didasari dengan keindahannya. Untuk bangunan *expose* material kayu tidak banyak memerlukan perlakuan tambahan karena kayu secara alami memiliki berbagai macam warna dan bentuk serat. Sebagai kayu struktural maka sifat-sifat, jenis-jenis dan faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan kayu harus di perhatikan [8].

### 2.2 Kuda-Kuda Kayu

Kuda-kuda kayu digunakan sebagai pendukung atap dengan bentang paling panjang sekitar 12 m. konstruksi kuda-kuda kayu harus merupakan satu kesatuan bentuk yang kokoh sehingga mampu memikul beban tanpa mengalami perubahan. Kuda-kuda kayu diletakkan di atas dua kolom bersebrangan sebagai tumpuan [7].

### 2.3 Pembebanan dan Kombinasi

Pembebanan yang digunakan pada penelitian ini sesuai dengan kriteria desain yaitu beban mati, beban mati tambahan, beban hidup atap dan beban angin. Beban-beban yang bekerja tersebut diuraikan sebagai berikut:

1. Beban mati, yaitu berat elemen struktur yang bersifat permanen seperti berat sendiri dari struktur rangka kuda-kuda.
2. Beban mati tambahan, yaitu beban mati elemen lain dari gording, kasau dan reng.
3. Beban hidup atap, beban yang bekerja pada atap yang ditimbulkan dari pekerja selama masa pembangunan atau perawatan yang diambil sebesar 1,33 kN.
4. Beban angin, yaitu semua beban yang bekerja pada gedung atau atap yang timbulkan oleh tekanan udara, pada penelitian ini diambil kecepatan angin dasar dari data BMKG sebesar 6 m/s.

Adapun kombinasi pembebanan DFBK yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- |                               |                                      |
|-------------------------------|--------------------------------------|
| 1. Kombinasi 1: 1,4DL         | 4. Kombinasi 4: 1,2DL + 0,8W         |
| 2. Kombinasi 2: 1,2DL + 0,5Lr | 5. Kombinasi 5: 1,2DL + 0,5Lr + 1,6W |
| 3. Kombinasi 3: 1,2DL + 1,6Lr | 6. Kombinasi 6: 0,9DL + 1,6W         |

## 2.4 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 kekakuan, kekuatan, dan kestabilan [6]. Perencanaan desain struktur kayu dengan konsep Desain Faktor Beban dan Ketahanan (DFBK) merupakan metode kekuatan dari elemen struktur atau sambungan kayu yang tidak boleh kurang dari kekuatan yang dibutuhkan yang ditentukan berdasarkan kombinasi pembebanan DFBK.

## 2.5 Pemeriksaan Kapasitas Batang

Batang sebagai elemen struktural yang berfungsi untuk menyalurkan beban dari satu titik ke titik lainnya pada struktur. 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**

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

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>]

Lendutan, Berdasarkan SNI 03-XXXX-2000 tentang Tata Cara Perencanaan Struktur Kayu untuk Bangunan Gedung, lendutan struktur rangka kuda-kuda akibat berat sendiri dan muatan tetap, untuk struktur rangka batang yang tidak terlindungi, lendutan maksimum,  $f_{max} \leq 1/700 L$ . Yang mana  $L$  adalah panjang bentang bersih.

## 3. METODOLOGI

### 3.1 Tahap Studi Literatur

Dari studi literatur didapatkan penjelasan mengenai konsep-konsep, teori-teori dan rumus-rumus yang digunakan dalam analisis perhitungan, yang berhubungan dengan rumah/gedung/bangunan, material kayu, struktur kayu, struktur rangka atap dan kuda-kuda kayu. Selain itu, demi tercapainya relevansi yang terkait dengan material yang digunakan, studi literatur dilakukan dengan metode wawancara terhadap ahli bangunan berpengalaman.

### 3.2 Spesifikasi Material

Informasi lengkap mengenai data spesifikasi material kayu yang digunakan pada penelitian ini, yakni ditunjukkan pada **Tabel 1**.

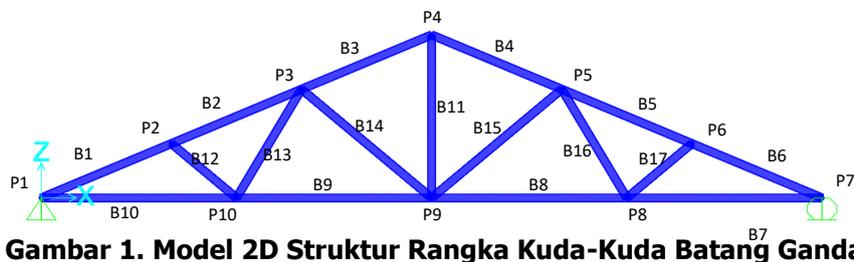
**Tabel 1. Data Spesifikasi Material Kayu**

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

(Sumber: SNI 7973:2013; Awaludin, A. & Wusqo, U., (2020); Sutandar, E., (2021))

### 3.3 Pemodelan Rangka Kuda-Kuda

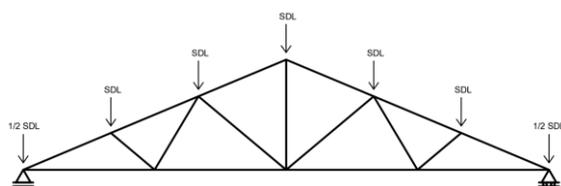
Rangka kuda-kuda kayu batang ganda tipe *modified post queen* dengan panjang bentang 10 m yang digunakan pada penelitian ini dimodelkan dalam bentuk 2 dimensi dibantu dengan menggunakan *software* analisis struktur seperti yang dapat dilihat pada **Gambar 1**.



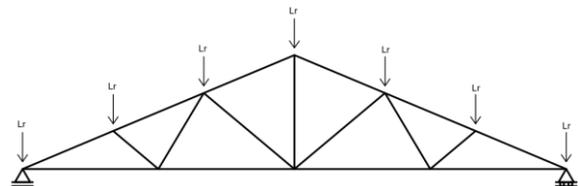
**Gambar 1. Model 2D Struktur Rangka Kuda-Kuda Batang Ganda**

## 4. HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pendistribusian beban-beban yang bekerja pada struktur rangka kuda-kuda batang ganda dapat dilihat seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2**, **Gambar 3**, dan **Gambar 4**.

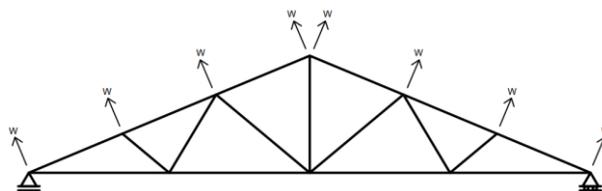


**Gambar 2. Distribusi Beban Mati Tambahan**



**Gambar 3. Distribusi Beban Hidup Atap**

Berdasarkan perhitungan sesuai 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 4**.



**Gambar 4. Distribusi Beban Angin**

Data mengenai kuda-kuda batang ganda pada penelitian ini yang digunakan untuk perhitungan analisis kapasitas struktur, yakni: tipe kuda-kuda *modified post queen*, bentang 10 m, dimensi penampang diagonal 50/80 mm, dan dimensi penampang ganda 2 x 35/80 mm.

Berdasarkan *running* aplikasi analisis struktur, gaya dalam *ultimate* 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 2**.

**Tabel 2. Output Gaya Dalam Kuda-Kuda Batang Ganda**

Batang	P [N]	Keterangan	Batang	P [N]	Keterangan	Batang	P [N]	Keterangan
1	-39525,2	Tekan	7	36441,53	Tarik	13	4838,04	Tarik
2	-34369,9	Tekan	8	29213,85	Tarik	14	-9486,87	Tekan
3	-23807,1	Tekan	9	29213,85	Tarik	15	-9486,87	Tekan
4	-23807,1	Tekan	10	36441,53	Tarik	16	4838,04	Tarik
5	-34369,9	Tekan	11	12431,72	Tarik	17	-6207,51	Tekan
6	-39525,2	Tekan	12	-6207,51	Tekan			

Sementara itu, nilai tegangan desain dan kapasitas tarik dan tekan dari masing-masing batang ditunjukkan pada **Tabel 3** dan **Tabel 4**.

**Tabel 3. Perbandingan Rasio Kapasitas Kekuatan Tarik**

No. Batang	Posisi Batang	TARIK		Rasio Tegangan
		Tegangan [N/mm <sup>2</sup> ]		
		Desain	Kapasitas	
7	Bawah	7,312	18,248	0,401
8	Bawah	5,862	18,248	0,321
9	Bawah	5,862	18,248	0,321
10	Bawah	7,312	18,248	0,401
11	Diagonal	3,492	18,248	0,191
13	Diagonal	1,359	18,248	0,074
16	Diagonal	1,359	18,248	0,074

**Tabel 4. Perbandingan Rasio Kapasitas Kekuatan Tekan**

No. Batang	Posisi Batang	TEKAN		Rasio Tegangan
		Tegangan [N/mm <sup>2</sup> ]		
		Desain	Kapasitas	
1	Atas	7,058	11,945	0,591
2	Atas	6,137	11,945	0,514
3	Atas	4,251	11,945	0,356
4	Atas	4,251	11,945	0,356
5	Atas	6,137	11,945	0,514
6	Atas	7,058	11,945	0,591
12	Diagonal	1,552	11,945	0,095
14	Diagonal	2,372	11,945	0,253
15	Diagonal	2,372	11,945	0,253
17	Diagonal	1,552	11,945	0,095

Adapun pada perhitungan pemeriksaan kekakuan pada kuda-kuda batang ganda, nilai lendutan aktual masih berada jauh dibawah lendutan yang diijinkan, seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 5**.

**Tabel 5. Pemeriksaan Lendutan Struktur Rangka Kuda-Kuda Batang Ganda**

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

Selanjutnya, pemeriksaan berat terhadap rangka kuda-kuda batang ganda akibat berat sendiri struktur yakni sebesar 118,29 Kg atau 1.160,03 N.

## 5. KESIMPULAN

Kesimpulan yang bisa diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Hasil analisis struktur rangka kuda-kuda kayu berdasarkan aspek kapasitas tegangan tarik menghasilkan perbandingan rasio tegangan pada kuda-kuda batang ganda antara 0,074 - 0,401 dan rasio tegangan tekan kuda-kuda batang ganda 0,095 – 0,591. Sehingga, jika ditinjau dari efisiensi kapasitasnya kuda-kuda tersebut memenuhi syarat kekuatan.
2. Hasil analisis struktur rangka kuda-kuda kayu batang ganda berdasarkan aspek lendutan menghasilkan nilai lendutan aktual sebesar 5,367 mm masih berada di bawah lendutan ijin 14,286 mm, sehingga memenuhi syarat kekakuan.
3. Berat struktur rangka kuda-kuda batang ganda sebesar 1.160,03 N masih tergolong ringan untuk material kayu dengan bentang kuda-kuda 10 meter. Sehingga, kuda-kuda batang ganda layak dan 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. (2013). *SNI 7973-2013 tentang Spesifikasi Desain untuk Konstruksi Kayu*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- [3] Badan Satandarisasi Nasional. (2020). *SNI 1727-2020 tentang Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Jakarta: Badan Satandarisasi Nasional.
- [4] Badan Standarisasi Nasional. (2000). *SNI 03-XXXX-2000 tentang Tata Cara Perencanaan Struktur Kayu untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- [5] Bermutu Indonesia. Perbandingan Kayu Jati dan Bengkirai. Dipetik 10 Maret 2024 dari <https://bermutu.id/kayu/perbandingan-kayu-jati-dan-bengkirai/>
- [6] Kaselle, H., Trisnawathy., Fattah, A. (2022). *Perencanaan Struktur Kayu Berdasarkan SNI 7973 2013*. Makassar: Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- [7] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2023). *Petunjuk Konstruksi Bangunan Sederhana*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- [8] Mulyati. *Kayu Sebagai Bahan Konstruksi*. Padang: Institut Teknologi Padang.
- [9] Sutandar, E., Juniardi, F., & Syahrudin. (2021). Sifat Fisis dan Mekanis Kayu Bengkirai. *Jurnal Teknik Sipil*. Pontianak: Universitas Tanjung Pura Pontianak.
- [10] 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>