

STUDI KOMPARATIF EFISIENSI BIAYA SISTEM RAFTER BAJA UNTUK GUDANG DI PADANG SUMATERA BARAT

FEBIANA MAULANI¹, JEPLY MURDIAMAN GUCI^{1*}, DWI JENITA MAHARANI¹

¹Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Andalas.

*Corresponding Author : ✉ jeplymurdiaman@eng.unand.ac.id

Naskah diterima : 17 Mei 2025. Disetujui: 27 Juni . Diterbitkan : 29 Juni 2025

ABSTRAK

Efisiensi biaya termasuk salah satu pertimbangan dalam pemilihan material dalam konstruksi. Penelitian ini membandingkan dan menganalisis efisiensi biaya dari tiga sistem rafter baja yaitu *Wide Flange* (WF), Balok *Castellated*, dan Truss untuk konstruksi gudang di Kota Padang. Desain struktur rafter menggunakan desain pada penelitian sebelumnya. Berdasarkan perhitungan volume material dan analisis HSP Bidang Ke PU-AN dan SHSTBGN tahun 2025, rafter dengan sistem Truss menunjukkan keunggulan biaya yang signifikan dengan penghematan mencapai 15.17% dibandingkan WF dan 10% dibandingkan Balok *Castellated*. Perhitungan menunjukkan berat material Truss hanya 73.24 kg/m dengan biaya Rp 994.254.600, lebih hemat dibanding WF (90.27 kg/m, Rp 1.172.112.500) dan Balok *Castellated* (79.34 kg/m, Rp 1.053.917.100). Efisiensi biaya Truss tidak hanya pada penghematan material, tetapi juga pada pengurangan beban struktur. Meskipun memerlukan biaya fabrikasi lebih tinggi sehingga harga satuan Truss paling tinggi, analisis terhadap biaya total menunjukkan Truss tetap menjadi pilihan paling ekonomis untuk proyek gudang di Padang. Temuan ini memberikan panduan praktis bagi kontraktor dalam pemilihan sistem rafter yang optimal untuk menekan biaya konstruksi tanpa mengorbankan kualitas struktur.

Kata kunci : efisiensi biaya, rafter baja, analisis biaya konstruksi, struktur gudang, desain struktur efisien

1. PENDAHULUAN

Perkembangan industri logistik dan pergudangan di Indonesia, khususnya di kota-kota besar seperti Padang, Sumatera Barat, telah mendorong peningkatan kebutuhan akan fasilitas gudang yang efisien dan ekonomis. Struktur baja menjadi pilihan utama dalam pembangunan gudang modern karena memiliki beberapa keunggulan dibandingkan material lain, seperti kekuatan tinggi, fleksibilitas desain, kecepatan konstruksi, dan kemampuan daur ulang (Chen & Liu, 2020). Namun, pemilihan sistem struktur yang tepat

tetap menjadi tantangan utama, terutama ketika harus mempertimbangkan aspek ekonomis tanpa mengorbankan keamanan dan keandalan struktur.

Sistem rafter sebagai komponen utama penopang atap memegang peranan kritis dalam performa keseluruhan struktur gudang. Di Padang yang memiliki karakteristik tanah lunak dan termasuk dalam zona gempa menengah hingga tinggi, pemilihan sistem rafter yang optimal menjadi semakin kompleks (SNI-1726-2019, 2019). Ketidakstabilan tanah lunak memerlukan struktur yang ringan namun tetap kaku, sementara potensi gempa mengharuskan sistem memiliki daktilitas yang memadai. Hal ini menciptakan dilema dalam perancangan antara kebutuhan kekuatan dan efisiensi biaya.

Tiga sistem rafter baja yang umum digunakan dalam konstruksi gudang adalah *Wide Flange* (WF), Balok *Castellated*, dan Truss. Masing-masing sistem memiliki karakteristik unik yang mempengaruhi performa dan biaya konstruksi. WF merupakan sistem konvensional yang mudah dalam fabrikasi namun membutuhkan material lebih banyak (Gizejowski et al., 2018). Balok *Castellated* menawarkan pengurangan berat melalui bukaan hexagonal tetapi memerlukan proses fabrikasi yang lebih rumit. Sementara itu, sistem Truss dikenal efisien dalam penggunaan material namun membutuhkan perhitungan dan pelaksanaan yang lebih presisi.

Studi sebelumnya oleh (Zhang & Chen, 2012) menunjukkan bahwa pemilihan material dan sistem struktur yang tepat dapat mengurangi biaya konstruksi hingga 20% tanpa mengurangi performa struktur. Namun, penelitian khusus yang membandingkan ketiga sistem rafter baja di lokasi dengan kondisi geoteknik spesifik seperti Padang masih sangat terbatas. Padahal, karakteristik tanah lunak di Padang yang terdiri dari endapan aluvial muda memberikan pengaruh signifikan terhadap respons struktur, terutama dalam menghadapi beban dinamis seperti gempa (SNI-1726-2019, 2019).

Aspek ekonomi juga menjadi pertimbangan penting dalam pembangunan gudang. Biaya konstruksi di Padang memiliki karakteristik khusus yang dipengaruhi oleh faktor lokal seperti ketersediaan material, tenaga kerja terampil, dan akses transportasi. HSP Bidang Ke PU-AN dan SHSTBGN tahun 2025 menunjukkan variasi harga material baja yang signifikan, sehingga diperlukan analisis mendalam untuk menentukan sistem yang paling ekonomis (Pemerintahan Kota Padang Dinas Pekerjaan Umum Dan Penataan Ruang, 2025).

Penelitian ini bertujuan untuk mengisi celah pengetahuan tersebut dengan melakukan analisis komprehensif yang mempertimbangkan aspek teknis dan ekonomis secara simultan. Selain itu, perkembangan terbaru dalam teknologi konstruksi baja, termasuk metode fabrikasi yang lebih efisien dan material dengan kekuatan lebih tinggi, belum sepenuhnya diadopsi dalam praktik konstruksi di Indonesia. Penelitian ini juga akan mengkaji potensi penerapan inovasi tersebut dalam konteks lokal, khususnya untuk proyek-proyek gudang di wilayah Sumatera Barat.

Dengan demikian, studi ini tidak hanya penting untuk memberikan solusi praktis bagi pelaku konstruksi di Padang, tetapi juga berkontribusi pada pengembangan ilmu pengetahuan di bidang rekayasa struktur, khususnya dalam optimalisasi sistem rangka atap baja di lingkungan dengan tantangan geoteknik khusus. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi referensi bagi pengembangan standar dan pedoman konstruksi yang lebih spesifik untuk wilayah-wilayah dengan karakteristik serupa.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Parameter Struktur Rafter

Desain struktur rafter pada permodelan ini menggunakan desain berdasarkan penelitian dari Guci et al. tahun 2025 (Guci et al., 2025) yang dirangkum sebagai berikut :

Tiga sistem rafter yang dianalisis adalah:

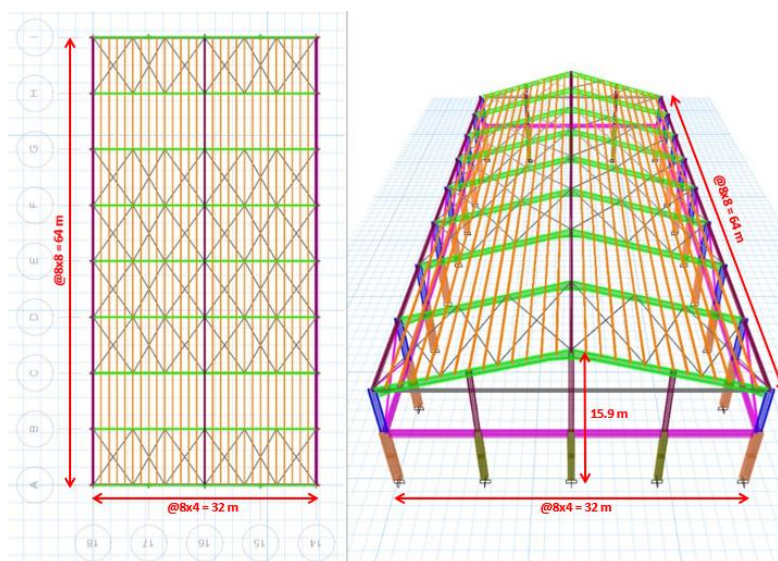
1. WF (*Wide Flange*): 500×200×10×16 mm
2. Balok *Castellated*: 600×200×8×13 mm, dibentuk dari WF 400×200×8×13 dengan bukaan hexagonal
3. Truss Baja: tinggi 1500 mm, chord atas dan bawah T-150×150×7×11 mm, web 2L-50×50×5 mm

Secara lengkap desain bangunan gudang sesuai table 1 dibawah ini :

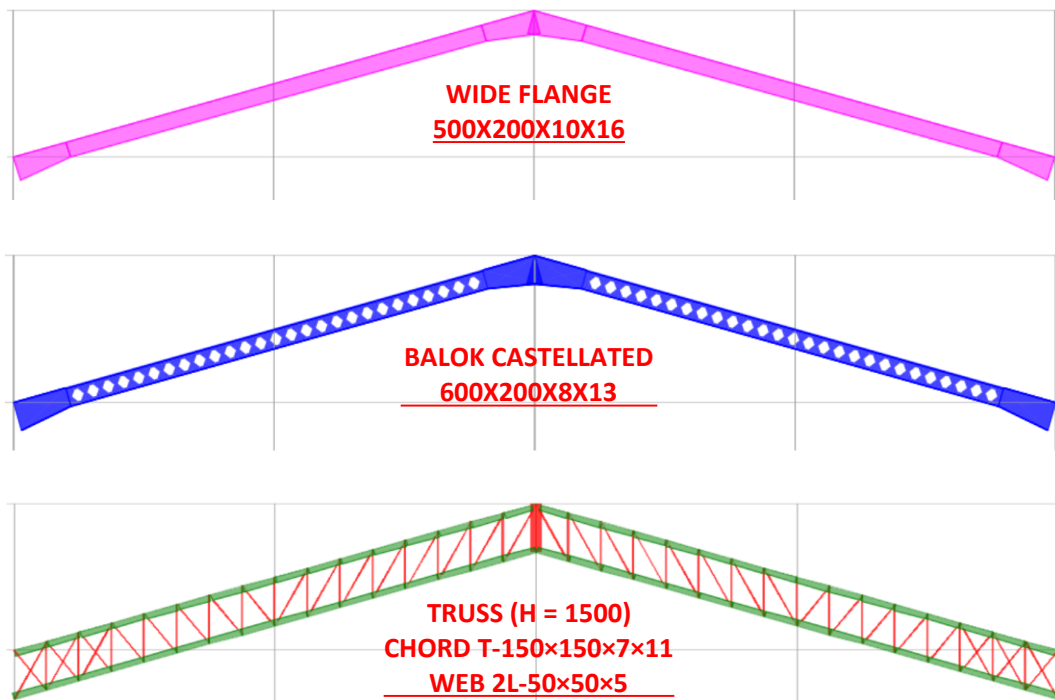
Tabel 1. Komponen Permodelan

No.	Komponen	Nilai / Deskripsi
1	Luas Bangunan	32 m × 64 m = 2.048 m ²
2	Grid Struktur	8 m × 8 m (9 frame sepanjang 64 m)
3	Total Panjang Bentang Rafter	288 m
4	Mutu Baja	FY 240 MPa
5	Wide Flange (WF)	Profil 500×200×10×16 mm
6	Balok <i>Castellated</i> , Dibentuk dari WF 400×200×8×13 mm dengan bukaan hexagonal	Profil 600×200×8×13 mm
7	Truss	Tinggi 1500 mm dengan chord atas dan bawah T-150×150×7×11 mm, dan web 2L-50×50×5 mm

*Semua struktur ditumpukan secara jepit pada kolom di elevasi lantai dasar.



Gambar 1. Denah dan Tampak 3D Warehouse



Gambar 2. Desain Rafter *Wide Flange*, *Balok Castellated*, dan *Truss*

2.2. Perhitungan Volume dan Berat Baja

Volume dan berat total dari masing-masing sistem rafter dihitung berdasarkan:

$$Volume (m^3) = \frac{Berat (Kg)}{7850 \text{ kg/m}^3} \quad (1)$$

$$Berat \text{ Total (Kg)} = Panjang \text{ Rafter (m)} \times Jumlah \text{ Rafter} \times Berat \text{ per meter (Kg/m)} \quad (2)$$

Dengan asumsi panjang bentang rafter 32 meter, tinggi 4.5 meter dan jumlah rafter 9 buah, total panjang masing – masing sistem rafter adalah 299.17 meter. Nilai berat per meter didapatkan dari penelitian sebelumnya.

Tabel 2. Tabel Berat Material

No	Elemen Struktur	Berat Material per meter		Berat Material	
1	Wide Flange (WF)	90.27	Kg/m	3000.8	Kg
2	Balok Castellated, Dibentuk dari WF 400x200x8x13 mm dengan bukaan hexagonal	79.34	Kg/m	2637.43	Kg
3	Truss	73.24	Kg/m	2434.66	Kg

2.3. Estimasi Biaya

Analisis biaya didasarkan pada HSP Bidang Ke PU-AN dan SHSTBGN tahun 2025. Kemudian dilakukan perhitungan AHSP masing – masing rafter baja. Komponen biaya

utama meliputi harga satuan material baja dan harga pekerjaan pemasangan baja (tenaga kerja dan peralatan). Setelahnya, di hitung estimasi biaya masing-masing sistem rafter. Kemudian hasil tersebut dibandingkan untuk menentukan sistem rafter yang paling efisien secara biaya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Estimasi Biaya Material dan Tenaga Kerja

Analisa estimasi berat total masing – masing rafter, biaya material, dan juga biaya tenaga kerja didapatkan seperti dalam tabel 3 berikut ini :

Tabel 3. Estimasi Biaya Material dan Tenaga Kerja

No	Sistem Rafter	Berat Total Baja (kg)	Biaya Baja (Rp/ Kg)	Total Biaya (Rp)
1	Wide Flange (WF) 500×200×10×16 mm	27.007,2	43.300	1.172.112.500
2	Balok Castellated 600×200×8×13 mm	23.736,87	44.400	1.053.917.100
3	Truss (H = 1500) Chord T 150×150×7×11 mm web 2L-50×50×5 mm	21.911,94	45.300	994.254.600

Dari tabel diatas di dapatkan biaya rafter dengan menggunakan sistem Truss memiliki biaya paling murah dengan total biaya Rp. 994.254.600, sedangkan biaya tertinggi dengan menggunakan rafter sistem WF dengan total biaya sebesar Rp. 1.172.112.500.

3.2. Analisis Efisiensi Biaya Sistem Rafter

Untuk efisiensi total biaya per kg masing – masing rafter didapatkan seperti didalam tabel berikut ini yaitu dengan membandingkan total biaya masing-masing sistem terhadap sistem dengan biaya tertinggi (WF).

Tabel 4. Efisiensi Total Biaya

Sistem Rafter	Total Biaya (Rp)	Selisih dari WF (Rp)	Efisiensi (%) dibanding WF
WF	1.172.112.500	-	0% (paling mahal)
Castellated	1.053.917.100	118.195.400	10,08% lebih efisien
Truss	994.254.600	177.857.900	15,17% lebih efisien

Maka dari tabel didapatkan sistem rafter dengan efisiensi biaya terbesar adalah sistem rafter truss sebesar 15.17%.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa diatas dapat disimpulkan bahwa :

- a. Harga satuan sistem rafter paling tinggi adalah Sistem Rafter Truss karena membutuhkan fabrikasi dan banyaknya sambungan dalam pemasangannya. Namun memiliki berat paling ringan diantara ketiganya. Harga satuan paling rendah adalah Sistem Rafter WF, tetapi menjadi struktur paling berat. Sedangkan diantara kedua sistem rafter adalah Sistem Rafter Castellated.
- b. Berdasarkan Analisa biaya maka didapatkan harga total biaya Sistem Rafter Truss yang paling rendah yaitu hanya Rp. 994.254.600 dengan penghematan hingga 15.17% dibandingkan menggunakan Sistem Rafter WF dan juga merupakan struktur rafter paling ringan dengan berat 73.24 Kg/m.
- c. Berdasarkan hasil analisa perhitungan maka, Sistem Rafter Truss adalah sistem rafter yang paling efisien dari segi biaya.

DAFTAR PUSTAKA

- Chen, Y., & Liu, X. (2020). *Advanced Analysis and Design of Steel Structures*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-41300-4>
- Gizejowski, M., Salah, W., & Uzzaman, A. (2018). Comparative Study of Castellated and Truss Beams in Steel Structures. *Journal of Constructional Steel Research*, 148, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2018.04.024>
- Guci, J. M., Yastari, F. P., & Elza, S. P. (2025). Studi Komparatif Kinerja Sistem Rafter Wide Flange, Balok Castellated, dan Truss pada Bangunan Warehouse. *Andalas Civil Engineering National Conference*.
- Pemerintahan Kota Padang Dinas Pekerjaan Umum Dan Penataan Ruang. (2025). *Daftar harga satuan pekerjaan bidang ke pu-an dan hsbgn* (Issue 1).
- SNI-1726-2019. (2019). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non gedung*. Badan Standarisasi Nasional.
- Zhang, H., & Chen, L. (2012). Cost Optimization of Steel Roof Systems in Industrial Buildings. *Engineering Structures*, 40, 320–329. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2012.02.038>