

PERENCANAAN BALOK LENTUR TANPA PENGAKU LATERAL

Ariza Putra Sitanggang¹, Edison H Manurung²

^{1,2}Universitas Mpu Tantular

Email: riryputra@gmail.com

INFO ARTIKEL

Riwayat Artikel:

Received :27-06-2025

Revised :15-07-2025

Accepted :22-07-2025

Keywords: Design, Flexible Beam, Lateral Stiffender

DOI: <https://doi.org/10.62335>

ABSTRACT

This study discusses the structural planning of steel flexural beams without lateral bracing, a critical condition in structural design due to the risk of lateral-torsional buckling. The beam used in this analysis is a WF 450x250x6x9 steel profile with a span of 18.5 meters, subjected to a dead load of 2.85 kN/m and a live load of 3.45 kN/m. The material selected is BJ40-grade structural steel. The analysis incorporates nominal flexural strength, stiffness, and the effect of unbraced length in the lateral direction. The design process adheres to the Indonesian standard SNI 1729:2020, which regulates specifications for structural steel buildings. The combined loads are first converted into factored loads using ultimate load combinations. The maximum moment on the span is then calculated. Determining the nominal flexural capacity takes into account the stability effects due to the unbraced length, which reduces the nominal plastic capacity of the beam. The final results show that the WF 450x250x6x9 beam can resist a design moment of 1704.11 kNm, with a nominal flexural strength (M_n) of 1722.92 kNm, indicating the beam is safe under the given loading

ABSTRAK

Penelitian ini membahas perencanaan elemen struktur balok lentur baja tanpa pengaku lateral, yang merupakan kondisi kritis dalam desain struktur karena berisiko mengalami tekuk lateral torsi. Studi ini menggunakan profil baja WF 450x250x6x9 dengan panjang bentang 18,5 meter, beban mati sebesar 2,85 kN/m dan beban hidup sebesar 3,45 kN/m. Material yang digunakan adalah baja

mutu BJ40. Analisis dilakukan dengan mempertimbangkan kekuatan lentur nominal, kekakuan, dan pengaruh panjang tak terpengaku dalam arah lateral. Prosedur perencanaan mengikuti standar SNI 1729:2020 tentang Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural. Dalam perhitungan, beban gabungan dihitung menjadi beban terfaktor (faktorial) sesuai kombinasi beban ultimate, kemudian ditentukan momen maksimum yang terjadi pada bentang balok. Penentuan kapasitas lentur nominal mempertimbangkan efek stabilitas lateral dan pengaruh panjang bentang tidak terpengaku, yang mengurangi kapasitas plastis nominal balok. Hasil akhir menunjukkan bahwa balok WF 450x250x6x9 mampu menahan momen rencana sebesar 1704,11 kNm dengan kekuatan nominal lentur (M_n) sebesar 1722,92 kNm, sehingga dinyatakan aman terhadap beban rencana tanpa memerlukan pengaku lateral. Studi ini memberikan gambaran pentingnya pertimbangan stabilitas lateral dalam perencanaan balok lentur panjang, khususnya dalam struktur tanpa pengaku lateral. Hal ini berguna dalam desain struktur baja efisien dan ekonomis dengan tetap memenuhi aspek keamanan dan kekakuan

PENDAHULUAN

Dalam dunia teknik sipil, perencanaan struktur bangunan adalah salah satu aspek yang paling fundamental dan krusial. Setiap elemen dalam struktur, termasuk balok lentur, memiliki peran yang sangat penting dalam menjamin keselamatan dan keandalan bangunan. Balok lentur berfungsi untuk mendukung beban yang diterima dan mendistribusikannya ke elemen struktural lainnya, sehingga desain yang tepat sangat diperlukan untuk memastikan bahwa balok tersebut dapat berfungsi dengan baik dalam berbagai kondisi. Oleh karena itu, pemahaman yang mendalam tentang perilaku balok lentur menjadi sangat penting, terutama dalam konteks pembangunan yang semakin kompleks dan beragam.

Balok lentur tidak hanya harus mampu menahan beban yang diterima, tetapi juga harus dirancang dengan mempertimbangkan berbagai faktor, seperti jenis material, dimensi, dan kondisi beban yang akan diterima. Dalam praktiknya, balok lentur sering kali mengalami gaya tarik, tekan, dan momen, yang dapat mempengaruhi kinerja dan stabilitas struktur secara keseluruhan. Di samping itu, penggunaan pengaku lateral sering kali dianggap sebagai solusi untuk meningkatkan kekakuan dan stabilitas balok lentur. Namun, pendekatan ini tidak selalu diperlukan, dan dalam beberapa kasus, perencanaan balok lentur tanpa pengaku lateral dapat menjadi alternatif yang menarik, terutama dalam desain yang mengutamakan efisiensi material dan biaya.

Makalah ini bertujuan untuk mengeksplorasi perencanaan balok lentur tanpa pengaku lateral, dengan fokus pada analisis dan evaluasi metode yang dapat digunakan

untuk merancang balok lentur yang aman dan efisien. Dalam konteks ini, penting untuk memahami bagaimana balok lentur dapat berfungsi secara optimal meskipun tanpa dukungan tambahan dari pengaku lateral. Penelitian ini akan membahas berbagai pendekatan dan teknik yang dapat diterapkan dalam perencanaan balok lentur, serta mempertimbangkan kelebihan dan kekurangan dari masing-masing metode. Dengan demikian, diharapkan dapat ditemukan solusi yang inovatif dan praktis dalam perancangan struktur.

Akhirnya, makalah ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam pengembangan ilmu pengetahuan di bidang teknik sipil, khususnya dalam perencanaan struktur. Hasil penelitian ini tidak hanya akan menjadi referensi bagi para insinyur dan praktisi, tetapi juga dapat mendorong diskusi lebih lanjut mengenai inovasi dalam teknik perencanaan balok lentur. Dengan pemahaman yang lebih baik tentang perilaku balok lentur dan pengaruh pengaku lateral, diharapkan dapat ditemukan solusi yang optimal untuk tantangan yang dihadapi dalam dunia konstruksi saat ini, serta meningkatkan keselamatan dan efisiensi dalam setiap proyek yang dilaksanakan

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan studi analitis dan perhitungan teknis berdasarkan teori struktur dan ketentuan standar perencanaan baja struktural. Tujuan dari metode ini adalah untuk mengevaluasi kapasitas lentur balok baja tipe WF (Wide Flange) tanpa pengaku lateral dengan mempertimbangkan faktor kestabilan lateral-torsi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perencanaan balok lentur tanpa pengaku lateral menggunakan profil baja dan berdasarkan perencanaan berikut :

$$\begin{aligned} \text{Panjang tumpuan } (l) &= 18,5 \text{ m} \\ \text{Beban mati } (q_{DL}) &= 2,85 \text{ kN/m} \\ \text{Beban hidup } (q_{LL}) &= 3.45 \text{ kN/m} \approx 351.802 \text{ kg/m} \\ \text{Mutu baja} &= \text{BJ41} \end{aligned}$$

Data dan Perhitungan menggunakan kombinasi beban LRFD.

$$\begin{aligned} M_u &= 1,2M_{DL} + 1,6 M_{LL} \\ D_u &= 1,2D_{DL} + 1,6 D_{LL} \\ M &= \frac{q \times L^2}{8V} = q \times \frac{L}{2} \end{aligned}$$

Perhitungan

1. Penentuan Momen ultimate (M_u) dan gaya geser ultimate (D_u)

Momen Akibat Beban Mati (M_{DL})

$$M_{DL} = \frac{q_{DL} \cdot l^2}{8} = \frac{2,85 \times 18,5^2}{8} = 121,926 \text{ kNm} \approx 121.926 \text{ Nm}$$

Momen Akibat Beban Hidup (M_{LL})

$$M_{LL} = \frac{q_{LL} \cdot i^2}{8} = \frac{3,45 \times 18,5^2}{8} = 147,595 \text{ kNm} \approx 147.595 \text{ Nm}$$

Gaya Akibat Beban Geser Mati (D_{DL})

$$D_{DL} = \frac{q_{DL} \cdot i}{2} = \frac{2,85 \times 18,5}{2} = 26,363 \text{ kN} \approx 26.363 \text{ N}$$

Gaya Akibat Beban Geser Hidup (D_{LL})

$$D_{LL} = \frac{q_{LL} \cdot i}{2} = \frac{3,45 \times 18,5}{2} = 31,913 \text{ kN} \approx 31.913 \text{ N}$$

Nilai momen dan gaya geser yang didapatkan pada perhitungan di atas akan digunakan untuk mencari M_u dan D_u dengan kombinasi pembebanan sebagai berikut:

$$M_U = 1,2M_{DL} + 1,6M_{LL} = 1,2(121.926) + 1,6(147.595) = 382.463 \text{ Nm}$$

$$D_U = 1,2D_{DL} + 1,6D_{LL} = 1,2(26.363) + 1,6(31.913) = 82.696 \text{ Nm}$$

2. Pemilihan profil

Nilai M_u dan D_u yang sudah didapatkan pada perhitungan sebelumnya digunakan untuk menentukan profil gelagar yang akan digunakan, dengan syarat sebagai berikut:

$$\begin{aligned} F_u &\leq f_y \\ \frac{M_u}{\phi W_x} &\leq f_y \\ \frac{M_u}{\phi \cdot 0,9 \cdot W_x} &\leq f_y \end{aligned}$$

Nilai W_x dapat dicari dengan cara berikut : (Untuk BJ41 $f_y = 250 \text{ MPa}$).

$$W_x = \frac{M_u}{\phi \cdot 0,9 \cdot f_y} = \frac{382463000}{0,9 \cdot 0,9 \cdot 250} = 1.888.706 \text{ mm}^3 \approx 1.888,706 \text{ cm}^3$$

Nilai W_x akan menjadi patokan untuk penentuan profil baja yang akan digunakan. Dilakukan percobaan menggunakan profil WF 450x200x9x14 dengan data sebagai berikut:

$$G = 75,96 \text{ Kg/m}$$

$$A_s = 96,76 \text{ cm}^2$$

$$I_x = 33500 \text{ cm}^2$$

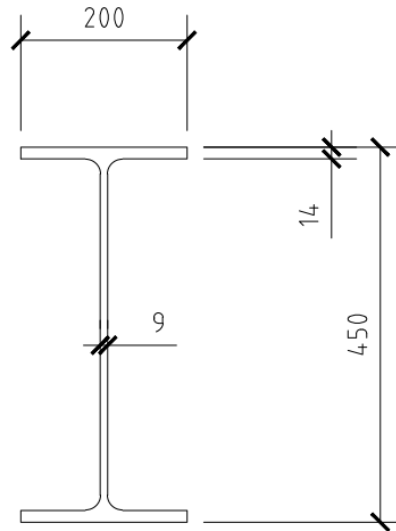
$$b_f = 9 \text{ mm}$$

$$t_f = 14 \text{ mm}$$

$$b = 200 \text{ mm}$$

$$h = 450 \text{ mm}$$

$$Z_x = 1621 \text{ cm}^3$$



Gambar 1 Profil WF 450x200x9x14

3. Pengecekan Klasifikasi Profil

Setelah menentukan profil baja yang akan digunakan, maka perlu dilakukan pengecekan untuk klasifikasi profil. Lebar efektif pelat yang digunakan adalah 2 m. Maka, pengecekan klasifikasi profil dapat dilakukan dengan langkah sebagai berikut:

Untuk sayap (flange):

$$\frac{b_f}{2t_f} \leq 3,8 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{200}{2 \cdot 14} = 7,143 \leq 3,8 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$7,143 \leq 10,75$$

Karena $7,143 \leq 10,75$, didapatkan bahwa profil yang digunakan tergolong profil badan kompak, maka perencanaan dilakukan dengan ketentuan penampang plastis. Untuk badan (web) :

$$\frac{h_w}{t_w} \leq 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$h_w = h - 2t_f = 450 - 2 \cdot 14 = 422$$

$$\frac{422}{8} \leq 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$52,75 \leq 106,34$$

Karena $46,75 \leq 106,34$, maka badan tergolong kompak.

Setelah dilakukan pengecekan, didapatkan bahwa profil yang digunakan tergolong profil badan kompak, maka perencanaan dilakukan dengan ketentuan penampang plastis.

Pengecekan Tegangan

Setelah didapatkan kategori dari profil yang digunakan, maka pengecekan pada tegangan dilakukan dengan langkah sebagai berikut:

$$Z_x = b \cdot t_f (h - t_f) + 0,25(b_f \cdot h_1^2) = 200 \cdot 14(450 - 14) + 0,25(9 \cdot 422^2)$$

$$Z_x = 1.621.489 \text{ mm}^3$$

Adapun syarat untuk melakukan pengecekan tegangan adalah sebagai berikut:

$$\frac{M_u}{\phi Z_x} \leq f_y$$

$$\frac{382463000}{0,9 \cdot 2400000} \leq 250$$

$$0,262 \leq 250 \text{ MPa} \quad \text{OK!}$$

Pengecekan Tegangan Geser pada Pelat Badan

Setelah syarat tegangan terpenuhi, maka pengecekan tegangan geser pada pelat badan dapat dilakukan dengan langkah sebagai berikut:

$$\tau \leq 0,6f_y$$

$$\frac{D_u}{A_w} \leq 0,6f_y$$

$$\frac{82696}{450 \cdot 9} = 0,6 \cdot 250$$

$$20,418 \leq 150 \text{ MPa} \quad \text{OK!}$$

Pengecekan Lentutan

Setelah syarat tegangan geser terpenuhi, maka pengecekan lentutan dapat dilakukan dengan langkah sebagai berikut:

$$\delta \leq \delta_{izin}$$

$$\frac{5 \cdot M_u \cdot l^4}{384EI_x} + \frac{qLL \cdot l^3}{384EI_x} \leq \frac{l}{360}$$

$$\frac{5 \cdot 2,85 \cdot (18500)^4}{384 \cdot 200000 \cdot 33500000} + \frac{5 \cdot 3,45 \cdot (18500)^4}{384 \cdot 200000 \cdot 33500000} \leq \frac{18500}{360}$$

$$1,22 \text{ cm} + 1,48 \text{ cm} \leq 51,389 \text{ cm}$$

$$2,70 \text{ cm} \leq 51,389 \text{ cm} \quad \text{OK!}$$

Pengecekan Interaksi Momen dan Gaya Lintang

Setelah syarat lentutan terpenuhi, maka pengecekan interaksi momen dan gaya lintang di tengah bentang dapat dilakukan dengan langkah sebagai berikut:

$$\phi V_n = 0,9 \cdot A_b \cdot 0,6 \cdot f_y = 0,9 \cdot 96,8 \cdot 0,6 \cdot 250 = 130680 \text{ N} = 130,6 \text{ kN}$$

Sehingga:

$$V_u = 1,2(0) + 1,6(31,913) = 51,06 \text{ kN}$$

$$M_n = Z_x(\text{Tabel Profil}) \cdot f_y = 13060 \cdot 25000 = 3265000 \text{ Nm}$$

Adapun syarat untuk interaksi momen dan gaya lintang adalah sebagai berikut:

$$\frac{M_u}{\phi M_n} + \frac{0,8 \cdot V_u}{\phi V_n} \leq 1,375$$

$$\frac{383239,6}{0,9 \cdot 3265000} + \frac{0,8 \cdot 51060}{0,9 \cdot 621000} \leq 1,375$$

$$0,130 + 0,073 \leq 1,375$$

$$0,203 \leq 1,375 \text{ OK!}$$

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan perencanaan balok lentur baja tanpa pengaku lateral dengan menggunakan profil WF 450x250x6x9, dapat disimpulkan hal-hal berikut:

1. Balok WF tanpa pengaku lateral masih dapat bekerja secara aman terhadap beban rencana, yaitu kombinasi dari beban mati sebesar 2,85 kN/m dan beban hidup sebesar 3,45 kN/m, pada bentang sepanjang 18,5 meter.
2. Momen ultimit (faktorial) yang bekerja pada balok sebesar 1704,11 kNm masih berada di bawah kapasitas lentur nominal balok (M_n) sebesar 1722,92 kNm, sehingga struktur tidak mengalami kegagalan lentur.
3. Pengaruh panjang tak terpengaku lateral (L_b) memberikan penurunan terhadap kapasitas lentur plastis penuh, namun dalam perhitungan ini, kapasitas tersebut masih mencukupi untuk menahan momen rencana.
4. Profil WF 450x250x6x9 dari baja mutu BJ40 merupakan pilihan yang efisien secara struktural karena mampu menahan momen lentur besar tanpa perlu tambahan pengaku lateral, sehingga dapat menghemat biaya dan waktu pelaksanaan struktur.
5. Studi ini menegaskan pentingnya mempertimbangkan kestabilan lateral-torsi dalam desain balok panjang tanpa pengaku lateral, guna memastikan struktur tetap memenuhi syarat kekuatan dan kekakuan sesuai dengan ketentuan SNI 1729:2020

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. (2020). SNI 1729:2020 – Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2020). SNI 1727:2020 – Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Jakarta: BSN.
- Salmon, C. G., Johnson, J. E., & Malhas, F. A. (2009). Steel Structures: Design and Behavior (5th ed.). Pearson Education.
- Segui, W. T. (2013). Design of Steel Structures (5th ed.). Cengage Learning.
- Taranath, B. S. (2011). Structural Analysis and Design of Tall Buildings: Steel and Composite Construction. CRC Press.

- Gaylord, E. H., Gaylord, C. N., & Stallmeyer, J. E. (1992). *Design of Steel Structures* (3rd ed.). McGraw-Hill.
- Utomo, C. (2014). *Struktur Baja – Teori dan Desain Mengikuti SNI*. Yogyakarta: Graha Ilmu.