

Alternatif Perancangan Struktur Gedung Gereja Toraja Jemaat Mariri Menggunakan Profil Baja: Evaluasi Kapasitas Balok dan Kolom terhadap Beban Gravitasi

Emanuel Napa Kwuta¹

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia Toraja, Jalan Nusantara No. 120, Makale Tana Toraja, 91811, Indonesia
corresponding author : napaemanuel@gmail.com

ABSTRAK

Kata Kunci:
Struktur Baja
Gedung Gereja
Balok dan Kolom
LRFD
Pra-Desain

Gedung Gereja Toraja Jemaat Mariri di Saloso, Kecamatan Rantepao, Kabupaten Toraja Utara, merupakan bangunan tiga lantai berstruktur beton bertulang dengan jarak antarkolom 4 m, sehingga lantai dasar yang difungsikan sebagai area parkir menjadi terhalang oleh kolom. Penelitian ini merancang alternatif struktur menggunakan profil baja dengan jarak antarkolom 6 m dan bentang lantai dasar yang lebih terbuka, kemudian mengevaluasi kapasitas balok dan kolom usulan terhadap beban gravitasi dengan metode LRFD berdasarkan SNI 1729:2020 dan SNI 1727:2020. Profil usulan terdiri atas kolom K1 H 400×400×13×21, kolom K2 H 300×300×10×15, balok induk WF 400×200×7×11, dan balok anak WF 300×200×9×14. Lantai ruang ibadah dibebani beban mati 3,97 kPa dan beban hidup ruang pertemuan 4,79 kPa, sehingga beban terfaktor 12,43 kPa. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa balok anak dengan bentang 6 m memenuhi syarat (rasio momen 0,82), dan kolom K1 memiliki kapasitas aksial 4.362 kN dengan rasio beban gravitasi 0,09–0,18. Namun, balok induk WF 400×200×7×11 dengan bentang 6 m tidak memenuhi kuat lentur (rasio 1,44), dan balok pada garis tengah lantai dasar yang membentang 18 m tanpa kolom antara mengalami rasio momen 5,93. Balok induk perlu diganti dengan WF 500×200×10×16 (rasio 0,75), sedangkan bentang 18 m memerlukan girder WF 900×300×16×28 (rasio 0,67; lendutan 43,7 mm < L/360) atau penambahan kolom pada as 2 dan 3 garis tengah. Struktur baja yang telah disesuaikan perlu dianalisis ulang terhadap beban gempa menggunakan model tiga dimensi sebelum dinyatakan memenuhi seluruh persyaratan.

Keywords:
Steel Structure
Church Building
Beams and Columns
LRFD
Preliminary Design

ABSTRACT

The Mariri Congregation Toraja Church building in Saloso, Rantepao District, North Toraja Regency, is a three-storey reinforced concrete building with a 4 m column spacing, so the ground floor used for parking is obstructed by columns. This study designs an alternative structure using steel sections with a 6 m column spacing and a more open ground-floor span, and evaluates the capacity of the proposed beams and columns under gravity loads using the LRFD method based on SNI 1729:2020 and SNI 1727:2020. The proposed sections consist of K1 columns H 400×400×13×21, K2 columns H 300×300×10×15, main beams WF 400×200×7×11, and secondary beams WF 300×200×9×14. The worship floor was loaded with a dead load of 3.97 kPa and an assembly live load of 4.79 kPa, giving a factored load of 12.43 kPa. The evaluation shows that the 6 m secondary beams are adequate (moment ratio 0.82), and the K1 columns have an axial capacity of 4,362 kN with gravity load ratios of 0.09–0.18. However, the WF 400×200×7×11 main beams spanning 6 m are inadequate in flexure (ratio 1.44), and the beam along the central line of the ground floor spanning 18 m without intermediate columns has a moment ratio of 5.93. The main beams should be replaced with WF 500×200×10×16 (ratio 0.75), while the 18 m span requires a WF 900×300×16×28 girder (ratio 0.67; deflection 43.7 mm < L/360) or additional columns at axes 2 and 3 on the central line. The revised steel structure must be reanalyzed for seismic loads using a three-dimensional model before it can be declared to satisfy all requirements.

This is an open access article under the [CC-BY-SA](#) license.



I. Pendahuluan

Gereja merupakan bangunan dengan karakteristik arsitektur dan fungsi khusus sebagai tempat ibadah dan pusat kegiatan jemaat, sehingga perencanaannya harus memperhatikan aspek keamanan, kenyamanan, dan keindahan, serta kebutuhan ruang yang luas dan bebas dari halangan [1]. Pada banyak gedung gereja di Toraja, bangunan dirancang bertingkat dengan lantai dasar dimanfaatkan sebagai area serbaguna atau parkir, sedangkan ruang ibadah berada di lantai atas. Kondisi ini menuntut sistem struktur yang mampu memberikan bentang lebar pada lantai dasar sekaligus memikul beban ruang pertemuan yang besar pada lantai di atasnya.

Baja struktural memiliki rasio kekuatan terhadap berat yang tinggi, perilaku daktail, dan proses pemasangan yang cepat, sehingga sesuai untuk bangunan yang membutuhkan bentang lebar [2], [3]. Perencanaan struktur baja di Indonesia mengacu pada SNI 1729:2020 dengan metode desain faktor beban dan ketahanan (LRFD) [4], beban minimum mengacu pada SNI 1727:2020 [5], dan ketahanan gempa mengacu pada SNI 1726:2019 [6]. Studi alternatif perencanaan dengan portal baja telah dilakukan pada berbagai gedung, antara lain gedung gereja [1], rumah sakit [7], [8], gedung sekolah [9], gedung kampus [10], [11], serta gedung perpustakaan [12].

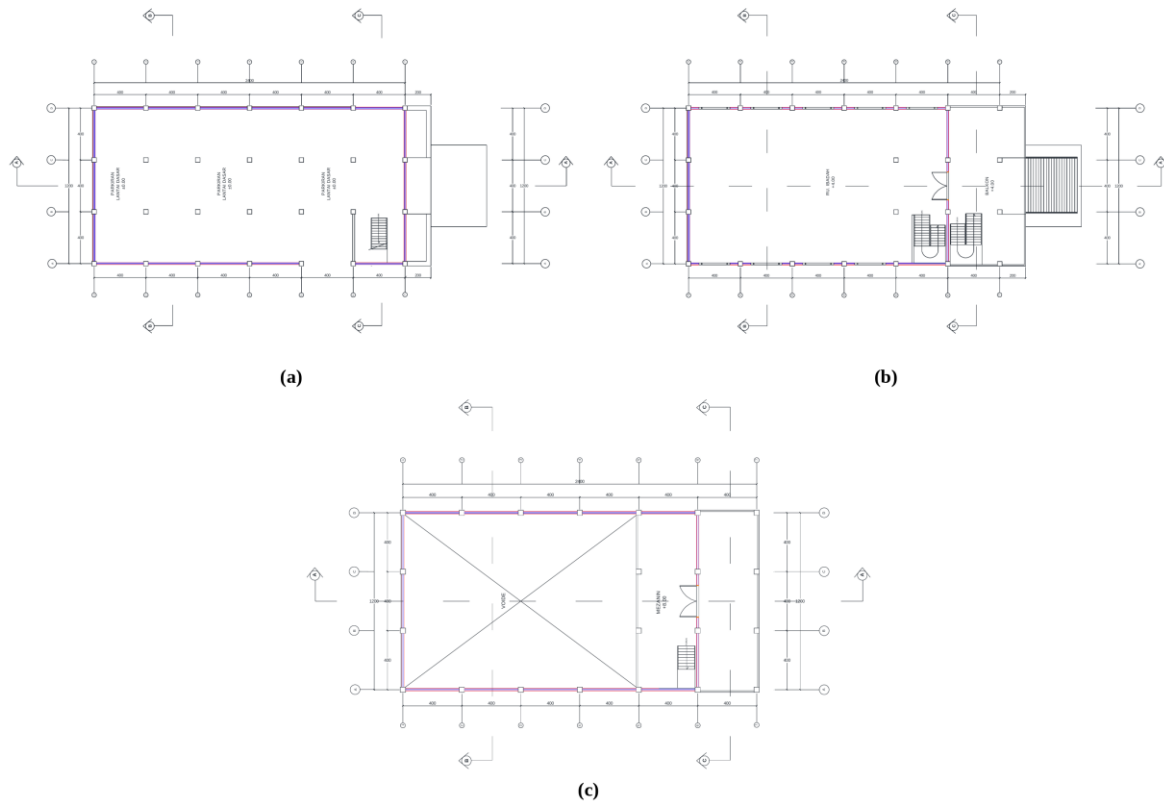
Gedung Gereja Toraja Jemaat Mariri terletak di Saloso, Kecamatan Rantepao, Kabupaten Toraja Utara. Gedung ini memiliki tiga lantai dengan panjang sekitar 22 m, lebar 12 m, dan tinggi total 11 m, serta dibangun dengan struktur beton bertulang. Jarak antarkolom eksisting yang relatif rapat, yaitu 4 m, membuat lantai dasar yang difungsikan sebagai area parkir menjadi terhalang oleh kolom. Oleh karena itu, diusulkan alternatif struktur baja dengan jarak antarkolom 6 m dan lantai dasar yang lebih terbuka.

Penelitian ini bertujuan: (1) menyusun tata letak alternatif struktur baja untuk Gedung Gereja Toraja Jemaat Mariri; (2) mengevaluasi kapasitas lentur, geser, lendutan, dan aksial profil balok dan kolom usulan terhadap beban gravitasi berdasarkan SNI 1729:2020; dan (3) menentukan penyesuaian profil yang diperlukan sebagai dasar analisis lanjutan terhadap beban gempa.

II. Metode Penelitian

A. Objek dan Data Penelitian

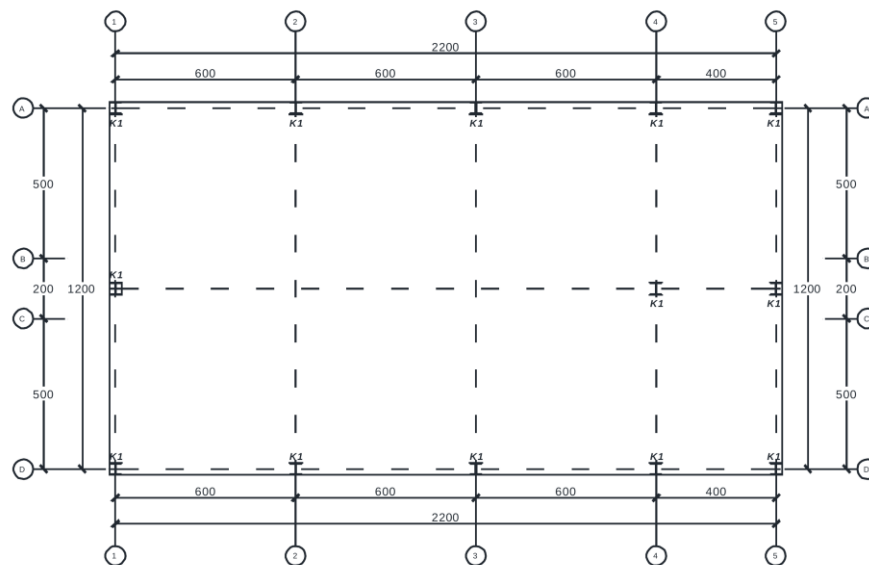
Objek penelitian adalah Gedung Gereja Toraja Jemaat Mariri. Data primer diperoleh melalui pengamatan langsung terhadap kondisi eksisting, meliputi fungsi ruang, dimensi bangunan, dan tata letak kolom. Lantai dasar berfungsi sebagai area parkir, lantai dua sebagai ruang ibadah dan balkon, dan lantai tiga sebagai mezanin dengan void di atas ruang ibadah (Gambar 1). Data sekunder berupa literatur dan standar perencanaan struktur baja [4]–[6].



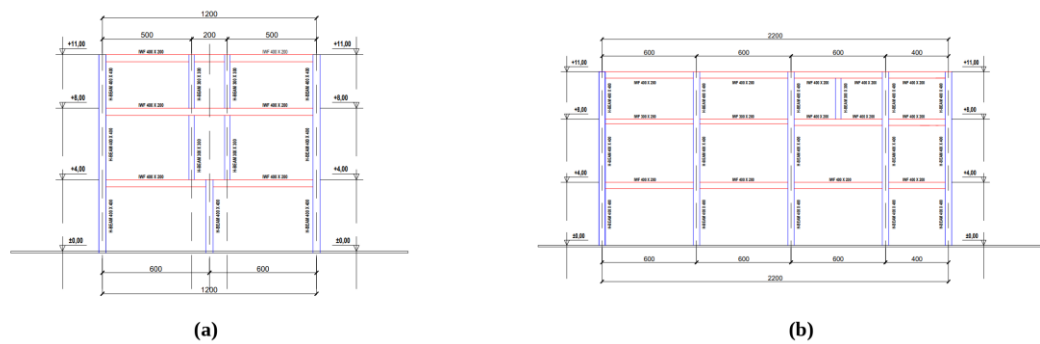
Gambar 1. Denah Arsitektur Gedung Gereja Toraja Jemaat Mariri: (a) Lantai 1 (Parkir); (b) Lantai 2 (Ruang Ibadah dan Balkon); (c) Lantai 3 (Mezanin dan Void)

B. Tata Letak Alternatif Struktur Baja

Alternatif struktur baja disusun dengan jarak antarkolom arah memanjang 6 m, 6 m, 6 m, dan 4 m (total 22 m) pada as 1–5, serta arah melintang 5 m, 2 m, dan 5 m (total 12 m) pada as A–D. Kolom K1 ditempatkan pada as A dan D di setiap as melintang, serta pada garis tengah di as 1, 4, dan 5, sehingga lantai dasar di antara as 1 dan 4 tidak memiliki kolom di tengah bangunan (Gambar 2). Kolom K2 digunakan pada lantai atas di sekitar balkon dan mezanin. Portal struktur arah X dan arah Y ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 2. Denah Kolom Lantai 1 Alternatif Struktur Baja (Satuan dalam cm)



Gambar 3. Model Portal Struktur Baja: (a) Arah X; (b) Arah Y

Profil usulan awal terdiri atas kolom K1 H 400×400×13×21, kolom K2 H 300×300×10×15, balok induk WF 400×200×7×11, dan balok anak WF 300×200×9×14. Material baja yang digunakan adalah BJ 37 dengan tegangan leleh $F_y = 240$ MPa dan modulus elastisitas $E = 200.000$ MPa [4]. Sifat penampang profil diambil dari tabel profil baja standar dan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Sifat Penampang Profil Baja Usulan dan Profil Pengganti

Profil	A (cm ²)	Berat (kg/m)	I _x (cm ⁴)	S _x (cm ³)	r _x (cm)	r _y (cm)
K1: H 400×400×13×21	218,7	172,0	66.600	3.330	17,5	10,1
K2: H 300×300×10×15	119,8	94,0	20.400	1.360	13,1	7,51
Balok induk: WF 400×200×7×11	72,16	56,6	20.000	1.010	16,7	4,48
Balok anak: WF 300×200×9×14	83,36	65,4	13.300	893	12,6	4,77
Pengganti: WF 500×200×10×16	114,2	89,6	47.800	1.910	20,5	4,33

C. Pembebanan dan Kombinasi Beban

Evaluasi dilakukan pada lantai dua sebagai ruang ibadah, yang merupakan lantai dengan beban paling besar. Lantai diasumsikan berupa pelat beton setebal 120 mm yang ditumpu balok anak berjarak 3 m. Beban mati meliputi pelat beton 2,88 kPa, penutup lantai dan spesi 0,66 kPa, serta plafon dan instalasi mekanikal-elektrikal 0,43 kPa, sehingga $D = 3,97$ kPa. Beban hidup diambil sebagai ruang pertemuan dengan kursi dapat dipindahkan, $L = 4,79$ kPa [5]. Kombinasi beban yang menentukan untuk beban gravitasi adalah [5]:

$$q_u = 1,2D + 1,6L = 1,2(3,97) + 1,6(4,79) = 12,43 \text{ kPa} \quad (1)$$

sedangkan beban layan untuk pemeriksaan lendutan adalah $q_s = D + L = 8,76$ kPa.

D. Pemeriksaan Kapasitas Komponen

Kuat lentur balok dihitung dengan asumsi sayap tekan terkekang lateral oleh pelat lantai dan penampang kompak, sehingga momen nominal sama dengan momen plastis [4]:

$$Z_x = b_f t_f (d - t_f) + \frac{1}{4} t_w (d - 2t_f)^2 \quad \phi M_n = \phi F_y Z_x \quad (2)$$

dengan $\phi = 0,90$. Momen ultimit balok dengan beban merata dan beban terpusat di tengah bentang dihitung dengan:

$$M_u = w_u L^2 / 8 \quad M_u = P_u L / 4 \quad M_u = P_u a \quad (3)$$

dengan a adalah jarak beban terpusat ke tumpuan untuk balok yang dibebani dua beban terpusat simetris. Kuat tekan kolom dihitung berdasarkan tegangan kritis tekuk lentur [4]:

$$F_c = \pi^2 E / (KL/r)^2 \quad F_{cr} = 0,658^{F_y / F_c} F_y \quad \phi P_n = 0,90 F_{cr} A_g \quad (4)$$

yang berlaku untuk $KL/r \leq 4,71 \sqrt{E/F_y}$. Lendutan balok diperiksa terhadap batas $L/360$ untuk beban hidup dan $L/240$ untuk beban total [5]:

$$\delta = 5wL^4 / (384EI) \quad \delta = PL^3 / (48EI) \quad \delta = 23PL^3 / (648EI) \quad (5)$$

untuk beban merata, beban terpusat di tengah bentang, dan dua beban terpusat pada sepertiga bentang. Rasio kebutuhan terhadap kapasitas yang lebih kecil dari 1,0 menunjukkan komponen memenuhi syarat.

III. Hasil dan Pembahasan

A. Klasifikasi Penampang dan Kapasitas Nominal

Hasil perhitungan modulus plastis, kelangsingan, dan kapasitas penampang disajikan pada Tabel 2. Seluruh profil memiliki rasio lebar terhadap tebal sayap $b_f/2t_f$ di bawah batas kompak $0,38 \sqrt{E/F_y} = 10,97$ dan rasio tinggi terhadap tebal badan h/t_w di bawah batas $3,76 \sqrt{E/F_y} = 108,5$, sehingga seluruh profil tergolong penampang kompak. Dengan Persamaan (2), kuat lentur rencana balok induk WF 400×200×7×11 sebesar 234,9 kNm dan balok anak WF 300×200×9×14 sebesar 208,1 kNm.

Tabel 2. Klasifikasi Penampang dan Kapasitas Rencana Profil (BJ 37, $F_y = 240$ MPa)

Profil	$b_f/2t_f (\leq 10,97)$	$h/t_w (\leq 108,5)$	$Z_x (\text{cm}^3)$	$\phi M_p (\text{kNm})$	$\phi P_n, KL = 4 \text{ m} (\text{kN})$
H 400×400×13×21	9,52	27,5	3.600	777,6	4.362
H 300×300×10×15	10,00	27,0	1.465	316,4	2.240
WF 400×200×7×11	9,05	53,4	1.088	234,9	—
WF 300×200×9×14	7,18	30,0	963	208,1	—
WF 500×200×10×16	6,25	46,8	2.096	452,8	—

Perlu dicatat bahwa balok anak usulan (65,4 kg/m) lebih berat daripada balok induk usulan (56,6 kg/m), padahal balok induk memikul reaksi dari balok anak. Susunan ini tidak lazim dan menjadi indikasi awal bahwa profil balok induk perlu ditinjau ulang.

B. Evaluasi Balok Anak dan Balok Induk

Balok anak membentang 6 m dengan jarak antarbalok 3 m, sehingga dengan berat sendiri $w_u = 38,05$ kN/m dan $M_u = 171,2$ kNm. Rasio momen terhadap kapasitas sebesar 0,82, gaya geser ultimit 114,2 kN jauh di bawah kuat geser 386,2 kN, dan lendutan total 17,1 mm masih di bawah $L/240 = 25$ mm, sehingga balok anak WF 300×200×9×14 memenuhi syarat.

Balok induk membentang 6 m dari as A ke garis tengah dan menerima reaksi balok anak dari dua sisi di tengah bentang sebesar $P_u = 12,43 \times 3 \times 6 = 223,7$ kN. Dengan Persamaan (3), $M_u = 223,7 \times 6/4 + 1,2 \times 0,56 \times 6^2/8 = 338,6$ kNm, lebih besar daripada kuat lentur rencana WF 400×200×7×11 sebesar 234,9 kNm, dengan rasio 1,44. Balok induk usulan tidak memenuhi syarat kuat lentur, walaupun lendutannya (18,0 mm) masih

dalam batas. Dengan mengganti balok induk menjadi WF 500×200×10×16, kuat lentur rencana meningkat menjadi 452,8 kNm sehingga rasio turun menjadi 0,75 dan lendutan menjadi 7,6 mm. Rekapitulasi pemeriksaan disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi Pemeriksaan Komponen terhadap Beban Gravitasi

Komponen dan profil	Bentang (m)	Kebutuhan	Kapasitas	Rasio	Lendutan (mm)	Status
Balok anak WF 300×200×9×14	6	$M_u = 171,2$ kNm	208,1 kNm	0,82	$17,1 < 25$	Memenuhi
Balok induk WF 400×200×7×11	6	$M_u = 338,6$ kNm	234,9 kNm	1,44	$18,0 < 25$	Tidak memenuhi
Balok induk WF 500×200×10×16	6	$M_u = 340,3$ kNm	452,8 kNm	0,75	$7,6 < 25$	Memenuhi
Garis tengah WF 400×200×7×11	18	$M_u = 1.366,7$ kNm	234,9 kNm	5,93	–	Tidak memenuhi
Girder WF 900×300×16×28	18	$M_u = 1.483$ kNm	2.198 kNm	0,67	$43,7 < 50$	Memenuhi
Kolom K1 tepi (18 m ²)	4	$P_u = 403$ kN	4.362 kN	0,09	–	Memenuhi
Kolom K1 tengah (36 m ²)	4	$P_u = 783$ kN	4.362 kN	0,18	–	Memenuhi

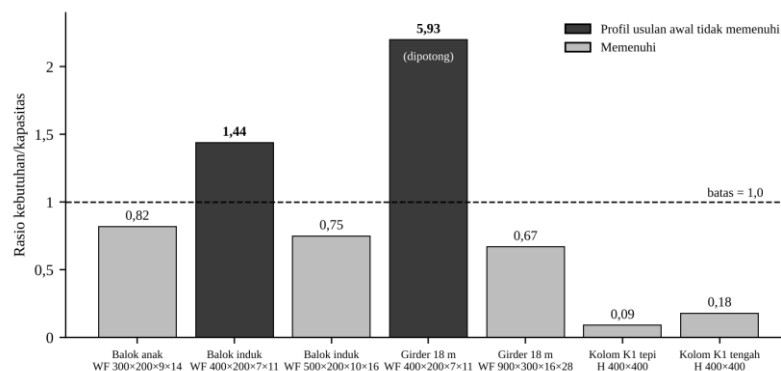
C. Evaluasi Balok Bentang 18 m pada Lantai Dasar

Pada tata letak alternatif (Gambar 2), garis tengah bangunan hanya memiliki kolom pada as 1, 4, dan 5. Dengan demikian, balok pada garis tengah membentang 18 m dari as 1 ke as 4 dan menerima reaksi balok induk dari kedua sisi pada as 2 dan 3, masing-masing $P_u = 2 \times (223,7/2 + 1,2 \times 0,56 \times 3) = 227,8$ kN. Dengan Persamaan (3), momen ultimit akibat dua beban terpusat pada sepertiga bentang adalah $M_u = 227,8 \times 6 = 1.366,7$ kNm. Apabila balok ini menggunakan profil balok induk WF 400×200×7×11, rasio momen mencapai 5,93, sehingga tata letak tersebut tidak dapat dilaksanakan dengan profil usulan.

Untuk bentang 18 m, diperlukan modulus plastis minimum $Z_x = M_u/(\phi F_y) = 6.327$ cm³ dan momen inersia minimum sekitar 326.400 cm⁴ agar lendutan tidak melebihi $L/360$. Profil WF 900×300×16×28 (243 kg/m; $Z_x = 10.174$ cm³; $I_x = 411.000$ cm⁴) menghasilkan rasio momen 0,67 dan lendutan total 43,7 mm, di bawah batas $L/360 = 50$ mm. Sebagai alternatif, penambahan kolom K1 pada as 2 dan 3 di garis tengah akan mengubah bentang balok tersebut menjadi 6 m, sehingga tidak diperlukan girder bentang panjang, dengan konsekuensi berkurangnya keleluasaan ruang parkir di bagian tengah.

D. Evaluasi Kolom

Dengan Persamaan (4) dan panjang efektif $KL = 4$ m, kolom K1 H 400×400×13×21 ($KL/r = 39,6$) memiliki kuat tekan rencana 4.362 kN, sedangkan kolom K2 H 300×300×10×15 ($KL/r = 53,3$) memiliki kuat tekan rencana 2.240 kN. Beban aksial gravitasi kolom tepi dengan luas tributari 18 m² diperkirakan 403 kN dan kolom tengah dengan luas tributari 36 m² sekitar 783 kN, termasuk beban lantai tiga, atap, dan berat sendiri. Rasio aksial kolom K1 hanya 0,09–0,18, sehingga kolom memiliki cadangan kapasitas yang besar untuk menerima momen akibat beban gempa. Rasio kebutuhan terhadap kapasitas seluruh komponen ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Rasio Kebutuhan terhadap Kapasitas Komponen Struktur Baja terhadap Beban Gravitasi

E. Pembahasan

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa keunggulan struktur baja dalam menyediakan bentang lebar hanya dapat diwujudkan apabila profil balok disesuaikan dengan bentangnya. Balok anak dan kolom usulan memenuhi syarat terhadap beban gravitasi, tetapi balok induk perlu diperbesar dan balok bentang 18 m pada garis tengah lantai dasar memerlukan girder yang jauh lebih besar atau tambahan kolom. Penggantian balok induk dari WF 400×200×7×11 menjadi WF 500×200×10×16 menambah berat sekitar 33 kg/m, sedangkan girder WF 900×300×16×28 sepanjang 18 m memiliki berat sekitar 4,4 ton. Pilihan antara girder bentang panjang dan penambahan kolom perlu ditentukan bersama pemilik bangunan berdasarkan kebutuhan ruang parkir dan biaya.

Evaluasi ini bersifat pra-desain dan hanya meninjau beban gravitasi dengan pendekatan luas tributari dan balok bertumpuan sederhana. Pengaruh beban gempa terhadap momen kolom, simpangan antarlantai, sambungan balok–kolom, serta tekuk torsi lateral girder di antara titik kekang belum diperiksa. Oleh karena itu, struktur dengan profil yang telah disesuaikan perlu dimodelkan ulang secara tiga dimensi, misalnya menggunakan SAP2000, dan dianalisis dengan spektrum respons sesuai SNI 1726:2019 [6] sebelum dinyatakan memenuhi seluruh persyaratan. Klaim bahwa struktur baja lebih efisien daripada struktur beton bertulang eksisting juga perlu didukung dengan perbandingan berat dan biaya kedua sistem.

IV. Kesimpulan

Alternatif struktur baja Gedung Gereja Toraja Jemaat Mariri disusun dengan jarak antarkolom 6 m pada arah memanjang dan lantai dasar yang lebih terbuka. Seluruh profil usulan tergolong penampang kompak. Balok anak WF 300×200×9×14 memenuhi syarat dengan rasio momen 0,82, dan kolom K1 H 400×400×13×21 memiliki kuat tekan rencana 4.362 kN dengan rasio beban gravitasi 0,09–0,18.

Balok induk WF 400×200×7×11 tidak memenuhi kuat lentur pada bentang 6 m (rasio 1,44) dan perlu diganti dengan WF 500×200×10×16 (rasio 0,75). Balok pada garis tengah lantai dasar yang membentang 18 m tanpa kolom antara memerlukan girder WF 900×300×16×28 (rasio 0,67; lendutan 43,7 mm) atau penambahan kolom pada as 2 dan 3.

Struktur dengan profil yang telah disesuaikan perlu dianalisis ulang terhadap beban gempa menggunakan model tiga dimensi, termasuk pemeriksaan simpangan antarlantai dan sambungan, sebelum dapat dinyatakan memenuhi seluruh persyaratan SNI 1729:2020 dan SNI 1726:2019.

Daftar Pustaka

- [1] Z. Patongloan, I. Padang, H. Matana, dkk., “Perencanaan ulang struktur dengan menggunakan portal baja (studi kasus: Gedung Gereja GBI Nanggala),” *Journal Dynamic Saint*, vol. 7, no. 2, pp. 21–27, 2022.
- [2] C. G. Salmon, J. E. Johnson, dan F. A. Malhas, *Steel Structures: Design and Behavior*, ed. ke-5. Upper Saddle River, NJ, USA: Pearson Prentice Hall, 2009.
- [3] W. T. Segui, *Steel Design*, ed. ke-6. Boston, MA, USA: Cengage Learning, 2018.
- [4] Badan Standardisasi Nasional, *SNI 1729:2020 Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. Jakarta, Indonesia: BSN, 2020.
- [5] Badan Standardisasi Nasional, *SNI 1727:2020 Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Jakarta, Indonesia: BSN, 2020.
- [6] Badan Standardisasi Nasional, *SNI 1726:2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung*. Jakarta, Indonesia: BSN, 2019.
- [7] S. Pandaleke Banu, D. Handono, dan S. O. Dapas, “Perencanaan ulang bangunan struktur baja Rumah Sakit Umum Ratumbuang di Kota Manado,” *Jurnal Sipil Statik*, vol. 7, no. 6, pp. 723–732, 2019.
- [8] I. P. A. S. Gunawan, I. G. W. Giatmajaya, dan I. G. G. Wiryadi, “Analisis dan pemodelan struktur gedung rumah sakit pada wilayah gempa tinggi,” *Jurnal Ilmiah Teknik Unmas*, vol. 1, no. 1, 2021.
- [9] R. Wantania Banu, D. Handono, dan R. Pandaleke, “Perencanaan bangunan sekolah konstruksi baja 4 lantai di Kota Manado,” *Jurnal Sipil Statik*, vol. 7, no. 9, pp. 1179–1190, 2019.
- [10] I. W. A. Wibisana P., S. Indra, dan A. Santosa, “Perencanaan portal baja menggunakan metode LRFD pada gedung Fakultas Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Malang,” vol. 2, no. 1, 2020.
- [11] F. Renaldy dan A. Rachmawati, “Studi alternatif perencanaan struktur baja pada bangunan gedung Lab Terpadu Universitas Islam Malang,” Universitas Islam Malang.
- [12] B. Artanto, “Alternatif perencanaan struktur gedung Perpustakaan Daerah Kabupaten Tana Toraja dengan menggunakan portal baja,” Universitas Kristen Indonesia Toraja.