



DESAIN STRUKTUR ATAS GEDUNG REST AREA JALAN TOL RUAS PALEMBANG - BETUNG STA 71+000 MENGGUNAKAN MATERIAL BAJA

Ferdian Maulana^{1*}, Erma Desimaliana¹, dan Nessa Valiantine Diredja¹

¹Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Bandung, Bandung

*ferdian.maulana@mhs.itenas.ac.id

ABSTRACT

The structural design of the rest area building at kilometer marker 71+000 on the Palembang–Betung toll road requires a design approach that integrates strength, stability, and construction efficiency. This study aims to design and analyze the superstructure of a three-story rest area building using an Intermediate-Moment-Frame (IMF) system with ETABS software. The planned building has an area of 1,548 m² with a total height of 6 meters, utilizing H-Beam steel columns with dimensions 250×250×8×12, IWF steel beams with dimensions 300×250×6×12, and reinforced concrete slabs 190 mm thick. The analysis was conducted for gravity loads and seismic loads based on the response spectrum method in accordance with SNI 1726:2019, using design seismic acceleration parameters obtained from the seismic hazard map of Banyuasin Regency. Structural performance evaluation was performed through an examination of mass participation, seismic base shear, story drift, and P-Delta effect analysis. The analysis results indicate that the structure meets all strength and stiffness requirements established by SNI, with mass participation exceeding 90%, story drifts within allowable limits, and P-Delta stability coefficients meeting safety criteria. The resulting superstructure design is deemed adequate and ready for implementation in construction.

Keywords: steel; building; superstructure; rest area; intermediate moment frame system

ABSTRAK

Perencanaan struktur atas gedung rest area pada ruas jalan tol Palembang–Betung STA 71+000 memerlukan pendekatan desain yang memadukan aspek kekuatan, kestabilan, dan efisiensi konstruksi. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menganalisis struktur atas gedung *rest area* tiga lantai dengan sistem Rangka Baja Pemikul Momen Menengah (SRPMM) menggunakan perangkat lunak ETABS. Gedung yang direncanakan memiliki luas 1.548 m² dengan tinggi total 6 meter, menggunakan kolom baja profil H-Beam 250×250×8×12, balok baja profil IWF 300×250×6×12, dan pelat beton bertulang setebal 190 mm. Analisis dilakukan terhadap beban gravitasi dan beban gempa berdasarkan metode respons spektrum sesuai SNI 1726:2019, dengan parameter percepatan gempa desain yang diperoleh dari peta *hazard* gempa wilayah Kabupaten Banyuasin. Evaluasi kinerja struktur dilakukan melalui pemeriksaan partisipasi massa, gaya geser dasar seismik, simpangan antarlantai (*story drift*), dan analisis efek P-Delta. Hasil analisis menunjukkan bahwa struktur memenuhi seluruh persyaratan kekuatan dan kekakuan yang ditetapkan oleh SNI, dengan partisipasi massa yang melebihi 90%, simpangan antarlantai yang berada dalam batas izin, serta nilai koefisien stabilitas P-Delta yang memenuhi syarat keamanan. Desain struktur atas yang dihasilkan dinilai memadai dan siap untuk diimplementasikan dalam pelaksanaan konstruksi.

Kata kunci: baja; gedung; struktur atas; rest area; sistem rangka pemikul momen menengah

1. PENDAHULUAN

Pembangunan infrastruktur jalan tol di Indonesia terus mengalami peningkatan sebagai upaya untuk mendukung konektivitas antarwilayah dan meningkatkan pertumbuhan ekonomi nasional. Salah satu komponen penting dalam infrastruktur jalan tol adalah *rest area* yang berfungsi sebagai fasilitas pendukung bagi pengguna jalan untuk beristirahat sejenak selama perjalanan.

Perencanaan struktur rest area yang memadai menjadi aspek krusial mengingat perannya sebagai bangunan umum yang harus menjamin keselamatan dan kenyamanan pengguna [1, 2].

Sistem struktur baja untuk bangunan bertingkat rendah hingga menengah menawarkan sejumlah keunggulan dibandingkan dengan sistem struktur beton konvensional, antara lain kecepatan pelaksanaan konstruksi yang lebih tinggi, rasio kekuatan terhadap berat yang lebih baik, serta fleksibilitas dalam penataan ruang arsitektural [3, 4]. Dalam konteks perencanaan tahan gempa, sistem rangka pemikul momen merupakan salah satu konfigurasi struktural yang paling efektif dalam mendistribusikan beban lateral, karena mekanisme disipasi energinya yang dihasilkan melalui pembentukan sendi plastis pada elemen balok dan kolom [5, 6].

Beberapa penelitian terdahulu telah mengkaji kinerja seismik pada gedung baja dengan berbagai konfigurasi sistem rangka pemikul momen. Sistem rangka pemikul momen menengah (*Intermediate Moment Frame*) memiliki kinerja seismik yang sebanding dengan sistem konvensional untuk bangunan rendah hingga menengah [7]. Simulasi numerik dilakukan untuk memprediksi kinerja seismik rangka baja pemikul momen dua lantai dan disimpulkan bahwa respons sendi plastis sangat dipengaruhi oleh tipe sambungan balok-kolom [8]. Selain itu, juga dilakukan evaluasi kinerja seismik gudang baja dengan sistem rangka pemikul momen khusus menggunakan analisis *pushover* dan *time history* [9].

Dalam konteks nasional, penelitian terdahulu menganalisis pengaruh ketidakberaturan horizontal terhadap kinerja struktur gedung baja komposit menggunakan analisis *pushover* [10], selain itu diteliti juga mengenai variasi penampang kolom pada struktur gedung *Special Plate Shear Wall* [11]. Perbandingan kinerja struktur baja SRBKK tipe *Inverted-V* pada gedung bertingkat 12, 16, dan 20 lantai menunjukkan bahwa struktur 12 lantai memiliki periode dan berat struktur paling kecil dibandingkan dengan konfigurasi lainnya [12]. Lebih lanjut, juga dikaji kinerja struktur gedung baja bresing konsentrik tipe *Inverted-V* dengan variasi profil bresing menggunakan analisis *time history*, yang menunjukkan bahwa kedua variasi profil bresing berada pada tingkat kinerja *Immediate Occupancy* (IO) [13].

Studi-studi lainnya menunjukkan perkembangan signifikan dalam metode analisis dan desain. Tinjauan komprehensif dilakukan terhadap *state-of-the-art* desain seismik struktur baja [14], sedangkan penelitian lainnya memprediksi kinerja seismik menggunakan pendekatan *machine learning* [15]. Perancangan rangka baja pemikul momen yang dilengkapi dengan *column base self-centering* [16] sementara itu, juga dikembangkan metode desain seismik teroptimasi berbasis kinerja [17]. Penelitian lainnya mengusulkan metode desain baru untuk meningkatkan performa keruntuhan rangka momen baja [18], dan penelitian yang lain mengkaji keandalan seismik rangka baja yang diperkuat dengan elemen *link* vertikal [19]. Penelitian nasional lainnya juga mengkaji perencanaan gedung dengan SRPMM dan SRPMK menggunakan *software* analisis struktur [20].

Meskipun demikian, kajian mengenai desain struktur atas gedung *rest area* dengan sistem rangka pemikul momen menengah berbahan baja pada wilayah dengan tingkat seismisitas moderat masih relatif terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menganalisis desain struktur atas gedung *rest area* tiga lantai pada ruas jalan tol Palembang–Betung STA 71+000 dengan menggunakan Sistem Rangka Baja Pemikul Momen Menengah (SRPMM). Analisis dilakukan menggunakan perangkat lunak ETABS dengan mengacu pada standar perencanaan yang berlaku, yakni SNI 1726:2019, SNI 1727:2020, dan SNI 1729:2020, guna mengevaluasi kinerja dan kelayakan struktur terhadap kombinasi pembebanan yang direncanakan.

2. METODE PENELITIAN

Objek penelitian

Objek penelitian ini adalah gedung rest area bertingkat tiga yang berlokasi di ruas jalan tol Palembang–Betung STA 71+000, Kabupaten Banyuasin, Sumatera Selatan. Gedung ini difungsikan sebagai fasilitas umum yang menyediakan ruang makan, restoran, dan area istirahat bagi pengguna jalan tol. Sistem struktur yang diterapkan adalah Sistem Rangka Baja dan Beton Komposit Pemikul Momen Menengah (SRPMM), yang terdiri dari elemen kolom baja, balok baja, dan pelat lantai beton bertulang.

Data bangunan dan material

Spesifikasi teknis bangunan yang digunakan dalam perencanaan ini mencakup data geometri dan material sebagai berikut: bangunan terdiri dari 2 lantai dengan tinggi tiap lantai 3 meter sehingga total tinggi bangunan adalah 6 meter, dengan luas bangunan keseluruhan sebesar 1.548 m². Material yang digunakan meliputi mutu beton (f'_c) sebesar 25 MPa, mutu baja tulangan (f_{yr}) sebesar 420 MPa (BJTS 420B), mutu profil baja (F_y) sebesar 250 MPa (BJ41) dengan tegangan putus (F_u) sebesar 410 MPa, berat jenis beton 2.400 kg/m³, berat jenis baja 7.850 kg/m³, modulus elastisitas beton (E_c) sebesar 23.500 MPa, dan modulus elastisitas baja (E_s) sebesar 200.000 MPa.

Komponen struktur atas yang direncanakan terdiri dari kolom baja profil H-Beam 250×250×8×12, balok baja profil IWF 300×250×6×12, serta pelat lantai beton bertulang dengan dua variasi dimensi panel, yaitu 4.000 mm × 6.000 mm dan 6.000 mm × 6.000 mm dengan tebal pelat 190 mm.

Standar perencanaan

Perencanaan dan analisis struktur mengacu pada tiga standar nasional utama, yaitu SNI 1726:2019 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non-gedung, SNI 1727:2020 tentang beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain, serta SNI 1729:2020 tentang spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural. Selain itu, digunakan pula SNI 2847:2019 untuk persyaratan beton struktural pada komponen pelat lantai.

Metode analisis

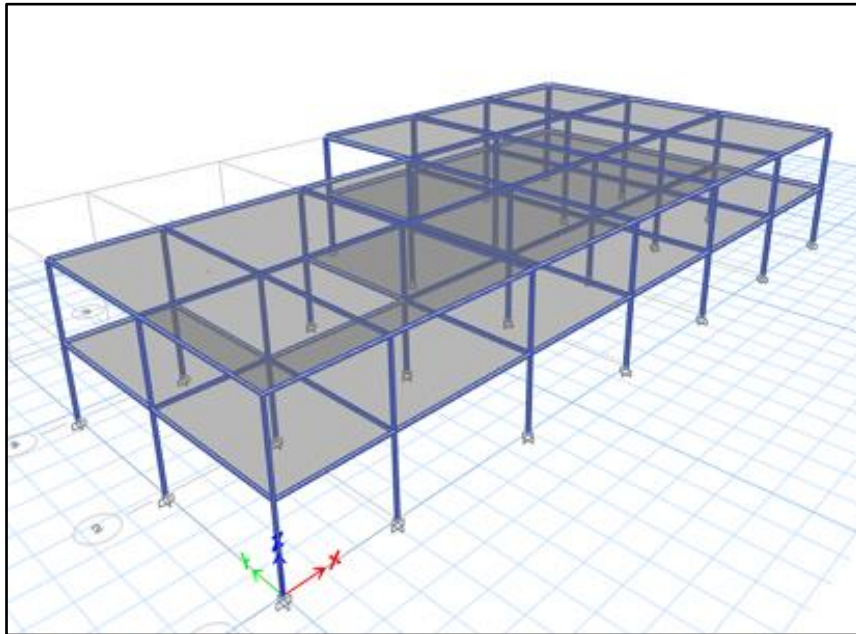
Pemodelan struktur dilakukan secara tiga dimensi menggunakan perangkat lunak ETABS untuk memperoleh respons struktur terhadap kombinasi pembebanan yang telah ditentukan. Analisis beban gempa dilakukan dengan metode respons spektrum yang mempertimbangkan kelas situs tanah dan parameter percepatan gempa desain wilayah Kabupaten Banyuasin. Tahapan penelitian meliputi:

1. Pengumpulan data teknis bangunan dan material.
2. Penentuan parameter desain seismik.
3. *Preliminary design* elemen struktur.
4. Pemodelan 3D pada ETABS (Gambar 1).
5. Analisis struktur dengan kombinasi pembebanan.
6. Evaluasi kinerja struktur berdasarkan parameter partisipasi massa, gaya geser dasar, simpangan antarlantai, dan efek P-Delta.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembebanan struktur

Beban yang diperhitungkan dalam perencanaan struktur gedung *rest area* ini meliputi beban mati (DL), beban mati tambahan (SIDL), beban hidup (LL), dan beban gempa. Beban mati sendiri dihitung secara otomatis oleh program analisis struktur berdasarkan berat isi material yang digunakan, yakni 7.850 kg/m³ untuk profil baja dan 2.400 kg/m³ untuk beton bertulang. Tabel 1 menunjukkan nilai beban mati tambahan (SIDL) dan beban hidup (LL) yang digunakan.



Gambar 1. Pemodelan 3D gedung *rest area*

Tabel 1. Beban mati tambahan (SIDL) dan beban hidup (LL) pada pelat lantai

Komponen	SIDL (kN/m ²)		Penggunaan	LL (kN/m ²)	
	Lantai 2	Lantai Atap		Lantai 2	Lantai Atap
Plester	0,35	-	Ruang makan dan restoran	4,79	-
Keramik	0,45	-	Atap datar, berhubungan dan lengkung	-	0,96
Plafon dan rangka	0,15	0,15			
Mekanikal, elektrik dan plumbing	0,25	0,25			

Kombinasi pembebanan yang digunakan mengacu pada ketentuan SNI 1727:2020 yang mencakup 9 (sembilan) kombinasi pembebanan ultimit (Tabel 2) yang melibatkan faktor beban mati, beban hidup, beban atap, beban angin, dan beban gempa dengan mempertimbangkan faktor redundansi dan efek ortogonal arah pembebanan seismik.

Tabel 2. Kombinasi pembebanan

Kombinasi	Beban
1	1,4DL
2	1,2DL + 1,6LL + 0,5(Lr atau R)
3	1,2DL + 1,6(Lr atau R) + (LL atau 0,5W)
4	1,2DL + 1,0W + 1,0LL + 0,5Lr
5	0,9DL + 1,0W
6	1,2DL + 1,0LL $\pm$ 1,0($\rho \times Q_E + 0,2SD_s \times DL$) $\pm$ 0,3($\rho \times Q_E + 0,2SD_s \times DL$)
7	1,2DL + 1,0LL $\pm$ 0,3($\rho \times Q_E + 0,2SD_s \times DL$) $\pm$ 1,0($\rho \times Q_E + 0,2SD_s \times DL$)
8	1,2DL + 1,0LL $\pm$ 1,0($\rho \times Q_E + 0,2SD_s \times DL$) $\pm$ 0,3($\rho \times Q_E + 0,2SD_s \times DL$)
9	1,2DL + 1,0LL $\pm$ 0,3($\rho \times Q_E + 0,2SD_s \times DL$) $\pm$ 1,0($\rho \times Q_E + 0,2SD_s \times DL$)

Parameter desain seismik

Penentuan parameter desain seismik diawali dengan klasifikasi kategori risiko bangunan. Mengingat gedung *rest area* ini difungsikan sebagai fasilitas pertemuan umum, bangunan ini termasuk dalam kategori risiko II dengan nilai faktor keutamaan gempa (I_e) sebesar 1,0. Kondisi tanah di bawah bangunan diklasifikasikan sebagai kelas situs SD (Tanah Sedang). Berdasarkan kelas situs tersebut dan koordinat lokasi bangunan yang diperoleh dari *website* RSA Cipta Karya, didapatkan parameter respons spektrum sebagaimana tercantum pada Tabel 3.

Tabel 3. Data parameter respons spektrum

Variabel	Nilai
PGA (g)	0,16
S_S (g)	0,31
S_1 (g)	0,26
T_0 (detik)	0,23
T_S (detik)	1,13
S_{DS} (g)	0,32
S_{D1} (g)	0,36

Sistem rangka pemikul momen yang digunakan pada bangunan ini yaitu Rangka Baja dan Beton Komposit Pemikul Momen Menengah (SRPMM) dengan koefisien modifikasi respons (R) = 5, faktor kuat lebih sistem (Ω_0) = 3, dan faktor pembesaran defleksi (C_d) = 4,5. Penentuan tipe diafragma didasarkan pada rasio panjang dan lebar bangunan, di mana $L_y/L_x = 18.000/34.000 = 0,529 \leq 3$ dan $L_x/L_y = 34.000/18.000 = 1,889 \leq 3$, sehingga elemen struktur diafragma dianggap kaku (*rigid*). Berdasarkan kategori desain seismik D, nilai faktor redundansi (ρ) yang digunakan adalah 1,3.

Analisis periode getar dan gaya geser dasar

Periode alami pendekatan (T_a) dihitung dengan Persamaan 1 sebagai berikut:

$$T_a = C_t \times h_n^x \quad (1)$$

dengan C_t = koefisien periode pendekatan, h_n = ketinggian total struktur di atas dasar sampai tingkat tertinggi struktur (m), dan x = eksponen yang terkait dengan periode struktur. $T_a = 0,8388$ detik dari Persamaan 1.

Periode getar maksimum (T_{a-max}) diperoleh dari Persamaan 2 sebagai berikut:

$$T_{a-max} = C_u \times T_a \quad (2)$$

dengan C_t = koefisien batas atas periode. $T_{a-max} = 1,1743$ detik dari Persamaan 2. Berdasarkan hasil analisis struktur menggunakan ETABS, diperoleh nilai periode getar dan partisipasi massa untuk setiap mode getaran sebagaimana ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Periode getar struktur

Mode	T (detik)	UX	UY	RZ
1	0,581	0	0,90	0,02
2	0,462	0	0,02	0,88
3	0,424	0,88	0	0

Berdasarkan Tabel 4, nilai partisipasi massa kumulatif pada arah X dan Y masing-masing telah melebihi 90%, sehingga memenuhi persyaratan SNI 1726:2019. Selanjutnya, perhitungan koefisien respons seismik (C_s) dilakukan sebagai berikut:

$$C_s = \frac{S_{DS}}{(R/I_e)} \quad (3)$$

$$C_{s-max} = \frac{S_{D1}}{(T \times (R/I_e))} \quad (4)$$

$$C_{s-min} = 0,044 \times S_{DS} \times I_e \quad (5)$$

$$V = W \times C_s \quad (6)$$

$C_s = 0,064$ dari Persamaan 3. Namun, C_s tidak boleh melebihi nilai $C_{s-max} = 0,0613$ dari Persamaan 4, dan tidak boleh kurang dari $C_{s-min} = 0,0141$ dari Persa. Sehingga, nilai C_s yang digunakan adalah 0,0454.

Tabel 5. Berat seismik struktur

Lantai	Mass X (kg)	Mass Y (kg)
1	375.035,9	375.035,9
2	239.997,7	239.997,7
Total	615.033,6	615.033,6

Berdasarkan data berat seismik efektif (W) sebesar 615,034 kN pada Tabel 5 dan nilai C_s sebesar 0,0454, diperoleh gaya geser dasar seismik (V) = 27,923 kN. Nilai gaya geser dasar ini selanjutnya didistribusikan ke tiap lantai sesuai dengan ketentuan distribusi gaya lateral ekuivalen dalam SNI 1726:2019.

Kontrol simpangan antar lantai

Evaluasi simpangan antar lantai (*story drift*) merupakan salah satu parameter kunci dalam menilai kinerja struktur terhadap beban gempa. Batas simpangan antarlantai izin (Δ_a) untuk gedung dengan kategori risiko II adalah sebesar $h/40 = 3.000/40 = 75$ mm. Rekapitulasi hasil perhitungan simpangan antarlantai pada arah X dan Y disajikan pada Tabel 6 dan Tabel 7.

Tabel 6. Berat simpangan antar tingkat pada arah X

Lantai	H (mm)	δ_x (mm)	δ_{xe} (mm)	Δ_x (mm)	Δ_a (mm)	Kontrol
2	3.000	4,117	2,121	8,484	75	OK
1	3.000	1,996	1,996	7,984	75	OK

Tabel 7. Berat simpangan antar tingkat pada arah Y

Lantai	H (mm)	δ_y (mm)	δ_{ye} (mm)	Δ_y (mm)	Δ_a (mm)	Kontrol
2	3.000	8,846	3,998	15,992	75	OK
1	3.000	4,848	4,848	19,392	75	OK

Berdasarkan Tabel 5 dan Tabel 6, seluruh nilai simpangan antarlantai, baik pada arah X maupun arah Y, berada di bawah batas izin sebesar 75 mm. Nilai simpangan terbesar terjadi pada lantai 2 arah Y sebesar 8,484 mm, yang masih jauh di bawah batas izin. Hal ini menunjukkan bahwa kekakuan lateral struktur memadai untuk menahan deformasi akibat beban gempa desain.

Analisis efek P-Delta

Efek P-Delta merupakan efek sekunder yang timbul akibat interaksi antara gaya gravitasi yang bekerja pada struktur dan deformasi lateral yang terjadi. Analisis P-Delta dilakukan untuk memastikan bahwa efek tersebut tidak mengakibatkan ketidakstabilan struktur. Koefisien stabilitas (θ) pada setiap lantai harus lebih kecil dari nilai maksimum yang diizinkan ($\theta_{max} = 0,125$). Rekapitulasi hasil analisis P-Delta pada arah X dan Y disajikan pada Tabel 8 dan Tabel 9.

Tabel 8. P-Delta pada arah X

Lantai	P (kN)	V_x (kN)	Δ_x (mm)	H (mm)	θ_x	θ_{max}	Kontrol
2	3.322,5	1.056,9	8,484	3.000	0,0022	0,125	OK
1	9.346,9	1.720,1	7,984	3.000	0,0036	0,125	OK

Tabel 9. P-Delta pada arah Y

Lantai	P (kN)	V_y (kN)	Δ_y (mm)	H (mm)	θ_y	θ_{max}	Kontrol
2	3.322,5	159,9	15,992	3.000	0,0277	0,125	OK
1	9.346,9	231,4	19,392	3.000	0,0653	0,125	OK

Berdasarkan Tabel 7 dan Tabel 8, seluruh nilai koefisien stabilitas P-Delta (θ) pada arah X dan Y berada di bawah nilai batas maksimum ($\theta_{max} = 0,125$). Nilai koefisien stabilitas terbesar terjadi pada lantai 1 arah Y sebesar 0,0653, yang masih memenuhi syarat keamanan. Dengan demikian, efek P-Delta tidak mengakibatkan ketidakstabilan struktur dan tidak memerlukan penambahan kekakuan lateral pada struktur.

Hasil analisis menunjukkan bahwa pemilihan sistem Rangka Baja Pemikul Momen Menengah (SRPMM) untuk gedung rest area pada ruas jalan tol Palembang–Betung STA 71+000 merupakan pilihan yang tepat berdasarkan kondisi seismisitas wilayah Kabupaten Banyuasin yang termasuk dalam kategori desain seismik D dengan kelas situs tanah sedang (SD). Penggunaan SRPMM dengan nilai $R = 5$ memberikan tingkat daktilitas yang memadai untuk menjamin kinerja struktur pada wilayah gempa moderat, sesuai dengan ketentuan SNI 1726:2019 dan SNI 1729:2020.

Elemen struktur atas yang terdiri dari balok baja profil IWF $300 \times 250 \times 6 \times 12$ dan kolom baja profil H-Beam $250 \times 250 \times 8 \times 12$ dengan mutu baja BJ41 terbukti mampu memenuhi persyaratan kekuatan dan stabilitas. Penggunaan profil baja tersebut juga memberikan keuntungan dari segi efisiensi konstruksi, mengingat proses fabrikasi dan pemasangan elemen baja yang lebih cepat dibandingkan dengan konstruksi beton konvensional, sehingga dapat mempercepat waktu pelaksanaan proyek pembangunan rest area.

Hal ini sejalan dengan hasil penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa sistem rangka pemikul momen menengah memiliki kinerja seismik yang memadai untuk bangunan bertingkat rendah [7]. Selain itu, hasil evaluasi simpangan antarlantai yang seluruhnya memenuhi batas izin juga konsisten dengan penelitian lainnya bahwa rangka pemikul momen baja dengan konfigurasi yang tepat mampu mengontrol deformasi lateral secara efektif [15].

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem struktur gedung rest area pada ruas jalan tol Palembang–Betung STA 71+000 direncanakan menggunakan Sistem Rangka Baja Pemikul Momen Menengah (SRPMM) dengan koefisien modifikasi respons $R = 5$, faktor kuat lebih $\Omega_0 = 3$, dan faktor pembesaran defleksi $C_d = 4,5$, sesuai dengan klasifikasi Kabupaten Banyuasin yang termasuk dalam kategori desain seismik D dengan kelas situs tanah sedang (SD). Elemen struktur atas yang terdiri dari balok baja profil IWF $300 \times 250 \times 6 \times 12$ dan kolom baja profil H-Beam $250 \times 250 \times 8 \times 12$ dengan mutu baja BJ41 telah memenuhi seluruh persyaratan kekuatan dan kinerja struktur sesuai standar perencanaan SNI 1729:2020, SNI 1727:2020, dan SNI 1726:2019. Hasil evaluasi kinerja struktur menunjukkan bahwa partisipasi massa kumulatif melebihi 90% pada ketiga mode pertama, seluruh simpangan antarlantai pada arah X dan Y berada di bawah batas izin 75 mm, serta seluruh nilai koefisien stabilitas P-Delta memenuhi syarat keamanan ($\theta < \theta_{max} = 0,125$), sehingga struktur dinilai aman dan layak untuk dibangun. Pemilihan sistem struktur baja dengan SRPMM untuk gedung rest area bertingkat rendah dinilai efektif, karena memberikan kinerja struktural yang memadai terhadap beban gempa sekaligus menawarkan keuntungan dari segi kecepatan konstruksi dan fleksibilitas ruang arsitektural.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Standardisasi Nasional, “SNI 1729:2020 Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural (ANSI/AISC 360-16, IDT),” Jakarta, 2020.
- [2] Badan Standardisasi Nasional, “SNI 1727:2020 Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain,” Jakarta, 2020.
- [3] Badan Standardisasi Nasional, “SNI 1726:2019 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung,” Jakarta, 2019.
- [4] Badan Standardisasi Nasional, “SNI 7860:2020 Ketentuan seismik untuk bangunan gedung baja struktural (ANSI/AISC 341-16, IDT),” Jakarta, 2020.

- [5] Badan Standardisasi Nasional, “SNI 2847:2019 Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan (ACI 318M-14 dan ACI 318RM-14, MOD),” Jakarta, 2019.
- [6] Badan Standardisasi Nasional, “SNI 2052:2024 Baja tulangan beton,” Jakarta, 2024. [Online]. Available: www.bsn.go.id
- [7] E. Yu, T. Kim, and J.-H. Park, “Seismic fragility analysis of steel intermediate moment frames with column-tree connections,” *Journal of building engineering*, vol. 44, p. 102955, 2021, [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:237662895>
- [8] R. Tartaglia, M. D’aniello, and R. Landolfo, “Numerical simulations to predict the seismic performance of a 2-story steel moment-resisting frame,” *Materials*, vol. 13, no. 21, pp. 1–17, Nov. 2020, doi: 10.3390/ma13214831.
- [9] N. Lisperguier, Á. López, and J. C. Vielma, “Seismic Performance Assessment of a Moment-Resisting Frame Steel Warehouse Provided with Overhead Crane,” *Materials*, vol. 16, no. 7, Apr. 2023, doi: 10.3390/ma16072815.
- [10] E. Desimaliana, N. V. Diredja, and R. Syahputra, “Analisis Pushover terhadap Ketidakberaturan Horizontal pada Struktur Gedung Baja Komposit,” *RekaRacana: Jurnal Teknil Sipil*, vol. 8, no. 2, p. 118, 2022, doi: 10.26760/rekaracana.v8i2.118.
- [11] B. Nuranita, E. Desimaliana, and ..., “Analisis Pushover terhadap Variasi Penampang Kolom pada Struktur Gedung Special Plate Shear Wall,” *Journal of Sustainable ...*, 2022, [Online]. Available: <https://journal.unpar.ac.id/index.php/josc/article/view/5699>
- [12] D. R. Benita, E. Desmaliana, and A. Pribadi, “Analisis Perbandingan Kinerja Struktur Baja SRBKK Tipe Inverted-V pada Gedungn Bertingkat 12, 16, dan 20 Lantai,” *RekaRacana: Jurnal Teknik Sipil*, vol. 5, no. 4, pp. 65–74, Dec. 2019.
- [13] E. Desimaliana, A. S. Arifin, and S. Kamaludin, “Analisis Time History terhadap Kinerja Struktur Gedung Baja Bresing Konsentrik (Inverted-V),” *Journal of Sustainable Construction*, vol. 5, no. 1, pp. 35–40, Oct. 2025, doi: 10.26593/josc.v5i1.9673.
- [14] C.-M. Uang and M. Bruneau, “State-of-the-Art Review on Seismic Design of Steel Structures,” *Journal of Structural Engineering*, vol. 144, no. 4, Apr. 2018, doi: 10.1061/(asce)st.1943-541x.0001973.
- [15] Md. H. Imam, M. Mohiuddin, N. M. Shuman, T. I. Oyshi, B. Debnath, and Md. I. M. H. Liham, “Prediction of seismic performance of steel frame structures: A machine learning approach,” *Structures*, 2024, [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:273386822>
- [16] E. Elettore, F. Freddi, M. Latour, and G. Rizzano, “Design and analysis of a seismic resilient steel moment resisting frame equipped with damage-free self-centering column bases,” *J. Constr. Steel Res.*, vol. 179, p. 106543, Apr. 2021, doi: 10.1016/J.JCSR.2021.106543.
- [17] O. Idels and O. Lavan, “Performance based formal optimized seismic design of steel moment resisting frames,” *Comput. Struct.*, vol. 235, p. 106269, Jul. 2020, doi: 10.1016/J.COMPSTRUC.2020.106269.
- [18] T. Kim and S. W. Han, “New seismic design method to improve collapse performance of steel ordinary moment frames,” *Journal of Building Engineering*, vol. 50, p. 104183, Jun. 2022, doi: 10.1016/J.JOBE.2022.104183.
- [19] V. Mohsenian, I. Hajirasouliha, and R. Filizadeh, “Seismic reliability analysis of steel moment-resisting frames retrofitted by vertical link elements using combined series–

- parallel system approach,” *Bulletin of Earthquake Engineering*, vol. 19, no. 2, pp. 831–862, Jan. 2021, doi: 10.1007/s10518-020-01013-9.
- [20] T. Andre Winata and B. Suprpto, “STUDI ALTERNATIF GEDUNG FISIP UNIVERSITAS ISLAM MALANG DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM),” *Jurnal Rekayasa Sipil*, vol. 6, no. 2, pp. 202–207, Aug. 2018.