E-ISSN : 3025-1311
https://ejournal.cahayailmubangsa.institute/index.php/kohesi

Kohesi: Jurnal Multidisiplin Saintek
Volume 11 No 2 Tahun 2026

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG PARKIR UNIVERSITAS NEGERI PADANG BERDASARKAN PETA GEMPA 2024

Anggreta Janua Sari[1], Fajri Yusmar[2], Nevi Sandra[3], Putri Fauziahtul Asri[4]
Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

Email : anggretajanuasari@gmail.com

ABSTRAK

Meningkatnya aktivitas masyarakat dan jumlah kendaraan di Universitas Negeri Padang menimbulkan kebutuhan akan fasilitas gedung parkir sepeda motor bertingkat yang aman dan efisien. Penelitian ini bertujuan merencanakan struktur gedung parkir baja enam lantai menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dengan mempertimbangkan kondisi kegempaan Kota Padang berdasarkan Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia 2024. Analisis struktur dilakukan menggunakan perangkat lunak ETABS v22 dengan mengacu pada SNI 1726:2019, SNI 1727:2020, dan SNI 1729:2020. Pemodelan struktur meliputi balok baja profil IWF, kolom H-Beam, pelat lantai komposit, tangga, dan ramp yang dianalisis terhadap beban gravitasi dan beban gempa menggunakan metode gaya lateral ekivalen dan respons spektrum. Hasil analisis menunjukkan bahwa struktur memenuhi persyaratan kinerja terhadap beban gempa. Periode fundamental struktur sebesar 0,785 detik pada arah X dan 0,759 detik pada arah Y masih berada di bawah batas maksimum sebesar 1,023 detik. Simpangan antar lantai maksimum sebesar 40,34 mm pada arah X dan 43,67 mm pada arah Y, koefisien stabilitas P-Delta maksimum sebesar 0,0258 pada arah X dan 0,0230 pada arah Y, serta rasio ketidakberaturan torsi maksimum sebesar 1,040 pada arah X dan 1,014 pada arah Y, seluruhnya memenuhi persyaratan desain. Pemeriksaan kekuatan elemen menunjukkan rasio kapasitas terhadap tuntutan ($Mu/\phi Mn$ dan $Vu/\phi Vn$) pada balok dan kolom lebih kecil dari 1,0 sehingga seluruh elemen memenuhi persyaratan kekuatan. Dengan demikian, struktur gedung parkir baja enam lantai yang direncanakan memenuhi persyaratan kekuatan, kekakuan, dan stabilitas terhadap pembebanan gravitasi maupun gempa serta dapat dijadikan referensi dalam perencanaan gedung parkir bertingkat di wilayah rawan gempa.

Kata kunci: Gedung Parkir Bertingkat, Struktur Baja, SRPMK, ETABS, Profil IWF, H-Beam, SNI 1726:2019, Peta Gempa 2024.

ABSTRACT

The increasing number of activities and vehicles at Universitas Negeri Padang has created the need for a safe and efficient multi-story motorcycle parking facility. This study aims to design a six-story steel parking structure using a Special Moment Resisting Frame (SMRF) system while considering the seismic hazard of Padang City based on the 2024 Indonesian Earthquake Source and Hazard Map. Structural analysis was carried out using ETABS v22 in accordance with SNI 1726:2019, SNI 1727:2020, and SNI 1729:2020. The structural model consisted of IWF steel beams, H-Beam columns, composite floor slabs, stairs, and ramps, which were analyzed under gravity and seismic loads using the equivalent lateral force and response spectrum methods.

The analysis results indicated that the proposed structure satisfied the required seismic performance criteria. The fundamental periods were 0.785 s in the X-direction and 0.759 s in the Y-direction, both of which

Article History
Received: Juli 2026
Reviewed:Juli 2026
Published: Juli 2026

Plagiarism Checker
No 237.u873247.fh8374

Copyright : Author
Publish by : Kohesi

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

were below the maximum allowable period of 1.023 s. The maximum interstory drifts were 40.34 mm in the X-direction and 43.67 mm in the Y-direction, while the maximum P-Delta stability coefficients were 0.0258 and 0.0230, respectively. In addition, the maximum torsional irregularity ratios were 1.040 in the X-direction and 1.014 in the Y-direction, all of which satisfy the design requirements. Strength verification shows that the demand-to-capacity ratios (Mu/ϕMn and Vu/ϕVn) for all beams and columns are less than 1.0, indicating adequate structural capacity. All evaluated parameters satisfied the design requirements. Therefore, the proposed six-story steel parking structure met the required strength, stiffness, and stability criteria under both gravity and seismic loading and can serve as a reference for the design of multi-story parking buildings in earthquake-prone areas.

***Keywords**: multi-story parking building, steel structure, Special Moment Resisting Frame (SMRF), ETABS, IWF profile, H-Beam, SNI 1726:2019, 2024 Earthquake Hazard Map.*

PENDAHULUAN

Perkembangan aktivitas masyarakat yang diikuti dengan peningkatan jumlah kendaraan bermotor telah meningkatkan kebutuhan akan fasilitas parkir yang memadai. Di lingkungan Universitas Negeri Padang (UNP), keterbatasan lahan parkir menyebabkan penumpukan kendaraan, parkir yang tidak teratur, serta terganggunya sirkulasi di kawasan kampus. Salah satu solusi yang dapat diterapkan adalah pembangunan gedung parkir bertingkat menggunakan struktur baja. Struktur baja memiliki beberapa keunggulan, antara lain rasio kekuatan terhadap berat yang tinggi, kemampuan menjangkau bentang yang lebih panjang, serta waktu pelaksanaan konstruksi yang relatif lebih singkat dibandingkan struktur beton bertulang (Flynn et al., 2001)

Di sisi lain, Kota Padang merupakan wilayah dengan tingkat bahaya gempa yang tinggi karena dipengaruhi oleh aktivitas zona subduksi Sumatra dan Sesar Sumatra. Salah satu gempa besar yang pernah terjadi di Pulau Sumatera adalah gempa Padang. Padang merupakan ibu kota Provinsi Sumatera Barat yang terletak di bagian barat Pulau Sumatera. Gempa tersebut terjadi pada Tanggal 30 September 2009 dengan magnitudo momen (MW) 7,5, sedangkan pusat gempa berada di 60 km barat laut Kota Padang yang fokusnya berada pada kedalaman 81 km.(Restu et al., 2020) Kondisi tersebut menuntut setiap perencanaan bangunan bertingkat memenuhi persyaratan ketahanan gempa sesuai standar yang berlaku. Salah satu upaya pemerintah pusat untuk mengurangi dampak dari gempa bumi terhadap bangunan infrastruktur adalah dengan selalu memperbaharui peraturan-peraturan terkait dengan perencanaan struktur bangunan(Yusmar et al., 2023) Terbitnya Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia 2024 menunjukkan adanya pembaruan parameter percepatan spektral, khususnya pada periode pendek (SS) dan periode satu detik (S1), sebagai hasil penyempurnaan data sumber gempa dan pemodelan bahaya gempa nasional (Pusat Studi Gempa Nasional, 2025). Pada lokasi penelitian di Universitas Negeri Padang, berdasarkan Peta Gempa Indonesia 2017 diperoleh nilai SS = 1,355 g dan S1 = 0,599 g, sedangkan berdasarkan Peta Gempa Indonesia 2024 nilainya menjadi SS = 1,50 g dan S1 = 0,60 g. Untuk klasifikasi tanah lunak (Situs SE), Dengan demikian, parameter SS mengalami peningkatan sebesar sekitar 10,70%, sedangkan parameter S1 meningkat sekitar 0,17%, yang menunjukkan bahwa perubahan terbesar terjadi pada percepatan spektral periode pendek (Badan Standarisasi Nasional, 2019). Oleh karena itu, penerapan parameter kegempaan terbaru menjadi penting untuk menghasilkan desain struktur yang lebih representatif terhadap kondisi seismik saat ini.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini difokuskan pada perencanaan struktur gedung parkir sepeda motor enam lantai di kawasan Universitas Negeri Padang menggunakan

Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dengan material baja struktural. Analisis struktur dilakukan menggunakan perangkat lunak ETABS v22 dengan mengacu pada SNI 1726:2019 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa, SNI 1727:2020 tentang pembebanan minimum, dan SNI 1729:2020 tentang spesifikasi bangunan gedung baja struktural. Kajian penelitian dibatasi pada analisis dan perencanaan struktur atas (*superstructure*), meliputi balok, kolom, pelat komposit, tangga, dan ramp. Analisis pondasi, aspek arsitektural, estimasi biaya konstruksi, serta metode pelaksanaan tidak menjadi bagian dari penelitian ini.

Penelitian ini bertujuan menganalisis respons struktur gedung parkir baja terhadap beban mati, beban hidup, dan beban gempa berdasarkan parameter respons dinamik yang meliputi gaya geser dasar (*base shear*), periode fundamental, simpangan antar lantai (*story drift*), ketidakberaturan torsi, serta pengaruh efek P-Delta. Selain itu, penelitian ini bertujuan mengevaluasi kelayakan desain struktur berdasarkan konsep Strong Column–Weak Beam (SCWB) serta pemeriksaan kapasitas momen dan geser elemen struktur sesuai ketentuan SNI 1726:2019, SNI 1727:2020, dan SNI 1729:2020. Hasil penelitian diharapkan menghasilkan desain gedung parkir baja yang memenuhi persyaratan kekuatan, kekakuan, dan stabilitas, serta dapat menjadi referensi dalam perencanaan gedung parkir bertingkat di kawasan pendidikan yang berada pada wilayah rawan gempa.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan perencanaan struktur Gedung parkir material Baja dengan ukuran 40m x40 m, yang sudah sesuai data aktual di lapangan melalui survei lapangan serta menerapkan konsep teori perencanaan struktur Gedung baja dalam bentuk desain teknis yang mengacu pada standar yang berlaku.Perencanaan fokus pada desain profil struktural utama yaitu Balok,Kolom,pelat lantai,tangga dan ramp parkir.

1. Lokasi dan Data Penelitian

Lokasi perencanaan Gedung berada di area belakang Masjid Raya Al-Azhar Universitas Negeri Padang, tepatnya di kawasan Jl. Prof. Dr. Hamka, Air Tawar Barat, Padang Utara.

Gambar 1 Lokasi Penelitian

(Sumber : Google Maps,2026)

Data Teknik yang digunakan dari hasil survei lapangan dan pengumpulan data disajikan pada tabel 1.

Tabel 1 Parameter Gedung

Parameter	Nilai
Luas Lahan	40 x40 m2
Jumlah Lantai	6 Lantai
Tinggi Antar Lantai	3 m
Luas Bangunan	9600 m2
Struktur Bangunan	Struktur baja
Sistem Struktur	SRPMK

(Sumber : Dokumen Pribadi,2026)

2. Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan Data dilakukan dalam dua cara ,yaitu :

a. Survei lapangan, yakni pengukuran jarak mengunakan pita ukur.
b. Studi literatur, yakni kajian buku teks struktur bangunan baja,jurnal ilmiah nasional,standar nasional Indonesia(SNI) terkait pembebanan struktur,perencanaan struktur,serta skripsi /tesi terdahulu yg relevan.

3. Prosedur dan Analisis Data

Analisis data dalam penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif untuk memodelkan dan mengevaluasi struktur gedung parkir baja tahan gempa. Data diperoleh dari observasi lapangan, data sekunder, dan perencanaan awal struktur. ETABS digunakan untuk analisis. Proses dimulai dengan pemodelan struktur berdasarkan dimensi, konfigurasi elemen, material baja, pembebanan, dan kondisi perletakan. Pembebanan mencakup beban mati, hidup, dan gempa sesuai SNI 1727:2020 dan SNI 1726:2019, dengan metode respons spektrum untuk analisis gempa. Analisis struktur menghasilkan parameter berupa gaya aksial, gaya geser, momen lentur, deformasi, dan respons dinamik struktur yang digunakan sebagai dasar dalam perencanaan serta pemeriksaan elemen struktur. Berdasarkan hasil analisis tersebut dilakukan perencanaan dimensi dan evaluasi kapasitas balok, kolom, pelat komposit, tangga, dan ramp. Selain itu, kinerja struktur dievaluasi melalui pemeriksaan gaya geser dasar (*base shear*), periode fundamental, simpangan antar lantai (*story drift*), pengaruh P-Delta, ketidakberaturan torsi, serta konsep *Strong Column–Weak Beam* (SCWB) untuk memastikan struktur memenuhi persyaratan kekuatan, kekakuan, dan stabilitas sesuai ketentuan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

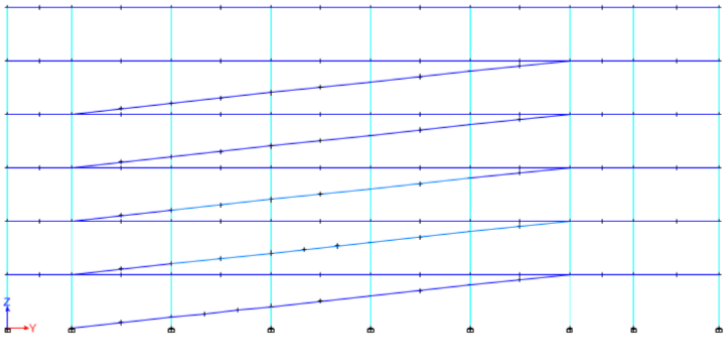
1. Analisis Data Tanah

Analisis data tanah dilakukan menggunakan data sekunder berupa hasil penyelidikan geoteknik dari proyek pembangunan gedung yang berada di lokasi bersebelahan dengan area rencana gedung parkir Universitas Negeri Padang. Mengingat jarak kedua lokasi yang berdekatan, data tersebut dianggap dapat merepresentasikan kondisi tanah pada lokasi penelitian. Berdasarkan hasil investigasi tersebut, tanah diklasifikasikan sebagai Kelas Situs SE (tanah lunak), yang selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam penentuan parameter respons spektrum gempa dan pemodelan struktur.

2. Preliminary Design Dimensi Struktur

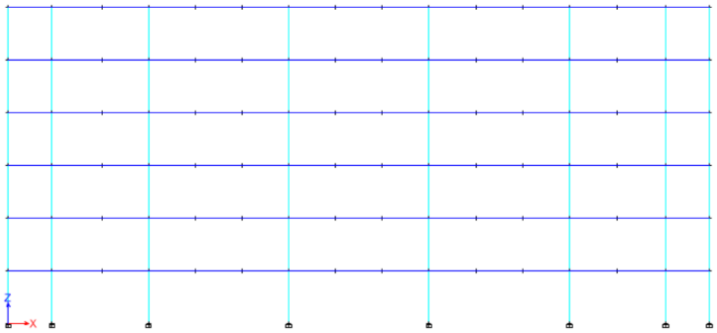
Gedung parkir yang dianalisis memiliki dimensi denah sebesar 40 m × 40 m. Sistem struktur direncanakan dengan 8 garis kolom pada arah X yang memiliki jarak antar kolom

sebesar 8 m dan 2,5 m, sedangkan pada arah Y terdiri atas 9 garis kolom dengan jarak antar kolom sebesar 3,6 m dan 5,6 m. Bangunan terdiri atas 6 lantai dengan tinggi setiap lantai 3 m, sehingga diperoleh tinggi total struktur sebesar 18 m.



Gambar 2 Tampak arah Y Struktur

(Sumber : Etabs v22 , 2026)



Gambar 3 Tampak arah X Struktur

(Sumber : Etabs v22 , 2026)

Tabel 2. Rangkuman Profil

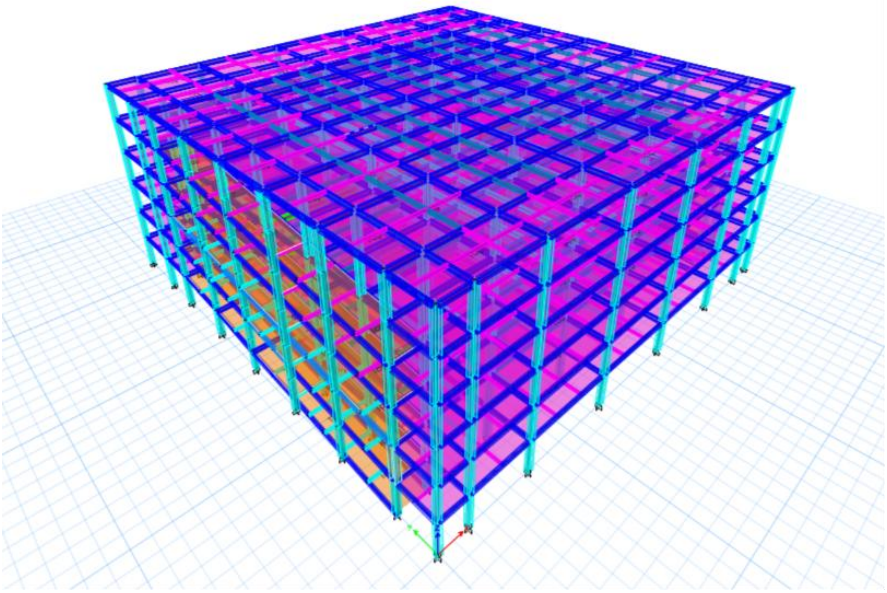
Elemen Struktur	Profil/Dimensi	Material
Balok Induk 1	400x400x8x13	Baja (IWF)
Balok Induk 2	350x175x7x11	Baja (IWF)
Balok Induk 3	450x200x9x14	Baja (IWF)
Balok Anak 1	200x100x5,5x8	Baja (IWF)
Balok Anak 2	250x125x5x8	Baja (IWF)
Balok Anak 3	300x150x5,5x8	Baja (IWF)
Kolom 1	400x400x16x24	Baja (HBEAM)
Kolom 2	500x500x20x40	Baja (HBEAM)
Pelat Komposit	Deck 75 mm	Baja
Pelat Baja	5 mm	Baja Pelat
Balok Tangga	350x175x7x11	Baja (IWF)

(Sumber : Dokumen Pribadi,2026)

Dimensi awal tersebut selanjutnya dievaluasi melalui analisis struktur dan pemeriksaan kekuatan berdasarkan kombinasi pembebanan sesuai SNI 1727:2020, SNI 1726:2019, dan SNI 1729:2020. Apabila hasil analisis menunjukkan elemen belum memenuhi persyaratan kekuatan maupun lendutan, maka dilakukan penyesuaian dimensi hingga diperoleh desain yang memenuhi ketentuan.

3. Pemodelan dan Analisis Struktur dengan ETABS

Struktur gedung parkir dimodelkan secara tiga dimensi menggunakan perangkat lunak ETABS v22. Elemen balok dan kolom dimodelkan sebagai elemen frame, sedangkan sistem lantai komposit dimodelkan sebagai elemen Deck dengan asumsi diafragma kaku (*rigid diaphragm*) pada setiap lantai untuk merepresentasikan distribusi beban lateral secara merata. Sambungan balok–kolom diasumsikan sebagai sambungan kaku (*rigid connection*), sehingga sistem struktur mampu menahan beban gravitasi maupun beban lateral akibat gempa. Analisis struktur dilakukan menggunakan analisis linier statik dan dinamik, serta mempertimbangkan pengaruh efek orde kedua (*P-Delta analysis*).



Gambar 4 Pemodelan 3D Struktur

(Sumber : ETABS,2026)

Pembebanan yang diterapkan pada model struktur meliputi beban mati (Dead Load), beban mati tambahan (*Superimposed Dead Load* / SIDL) sebesar 1,5 kN/m², beban hidup area parkir sebesar 1,92 kN/m², serta beban hidup atap (*Roof Live Load*) sebesar 0,96 kN/m². Beban angin dianalisis menggunakan fasilitas Auto Wind Load pada ETABS dengan kecepatan angin rencana sebesar 40 m/s (≈ 144 km/jam atau 89 mph) untuk wilayah Kota Padang, sehingga beban angin dihitung secara otomatis berdasarkan geometri bangunan dan parameter yang telah ditetapkan. Analisis beban gempa dilakukan menggunakan metode gaya lateral ekivalen dan respons spektrum dengan parameter kegempaan yang disesuaikan dengan lokasi penelitian dan kondisi tanah. Seluruh beban kemudian dikombinasikan ke dalam 27 kombinasi pembebanan untuk mengevaluasi kekuatan, kekakuan, stabilitas, dan kinerja struktur terhadap berbagai kondisi pembebanan.dengan parameter kegempaan yang disesuaikan dengan lokasi penelitian dan klasifikasi situs SE (tanah lunak). Kombinasi pembebanan mengacu pada ketentuan SNI 1727:2020(Badan Standarisasi Nasional, 2020), sehingga hasil analisis dapat digunakan untuk mengevaluasi kekuatan, kekakuan, stabilitas, dan kinerja struktur terhadap berbagai kondisi pembebanan.

4. Pengecekan Struktur / Validasi Model
   a. Analisis Statik Ekivalen
      1) Gaya Dasar Geser Seismik (Base Shear)
         merupakan gaya lateral akibat beban gempa pada dasar struktur. Perbandingan hasil analisis statik ekuivalen dan respons spektrum dilakukan untuk memverifikasi

bahwa gaya gempa dinamik memenuhi persyaratan desain.(Dr. Ngudiyono, ST., 2019)

Tabel 3. Gaya Dasar Geser Seismik

Parameter	Fx (KN)	Fy (KN)
Beban gempa statik ekivalen arah X	4461,9965	0
Beban gempa statik ekivalen arah Y	0	4357.4973
Beban gempa dinamik (respons spektrum) arah X	4463.7332	64.2565
Beban gempa dinamik (respons spektrum) arah Y	70.3761	4380.3424

(Sumber : ETABS,2026)

Tabel 3 menunjukkan bahwa nilai gaya geser dasar hasil analisis respons spektrum pada arah X dan arah Y telah memenuhi ketentuan SNI 1726:2019, yaitu memiliki nilai yang tidak kurang dari 100% gaya geser dasar hasil analisis statik ekivalen. Dengan demikian, hasil analisis dinamik dapat digunakan sebagai dasar dalam evaluasi respons dan kinerja struktur terhadap beban gempa.(Yusmar et al., 2021)

2) Periode Fundamental

Pengecekan periode fundamental hasil analisis tidak boleh melebihi batas maksimum yang dihitung menggunakan persamaan $C_u T_a$, sehingga periode yang digunakan dalam analisis gempa tetap merepresentasikan karakteristik struktur secara realistis (Struktur et al., 2016). Hasil analisis periode fundamental struktur menggunakan ETABS dibandingkan dengan periode pendekatan (T_a) dan periode maksimum yang diizinkan ($C_u T_a$). Perbandingan tersebut disajikan pada Tabel 4. Hasil analisis menunjukkan bahwa periode fundamental struktur yang diperoleh dari ETABS sebesar 0,782 detik pada arah X dan 0,759 detik pada arah Y. Nilai tersebut lebih kecil daripada periode maksimum yang diizinkan, yaitu sebesar 1,023 detik ($C_u T_a$). Dengan demikian, periode fundamental hasil analisis memenuhi persyaratan dan dapat digunakan dalam analisis respons gempa.

Tabel 4 Periode Fundamental

Parameter	**Nilai**
Ct	0,0724
x	0,80
Tinggi struktur,hn (m)	18
Periode pendekatan, Ta (detik)	0,731
Koefisien batas atas, Cu	1,40
Periode maksimum, Cu.Ta (detik)	1,023
Periode ETABS arah X, Tx (detik)	0,782
Periode ETABS arah Y, Ty (detik)	0,759
Keterangan	Memenuhi

(Sumber : Microsoft Excel,2026)

3) Koefisien Respon Seismik

Koefisien respons seismik (C_s) merupakan parameter yang digunakan untuk menentukan besarnya gaya gempa rencana yang bekerja pada struktur. Nilai $C_s$dihitung berdasarkan parameter bahaya gempa, kategori risiko bangunan, sistem struktur, serta periode fundamental bangunan sesuai ketentuan SNI 1726:2019. Pemeriksaan koefisien respons seismik dilakukan untuk memastikan bahwa nilai yang digunakan dalam analisis memenuhi batas minimum dan maksimum yang dipersyaratkan.

Tabel 5 Respon Seismik

Parameter	**Nilai**	**Keterangan**
(Cs) hasil	0,0897	-
Batas atas (Cs ≤ SD1 Ie /(RT)	0,1273	Memenuhi
Batas bawah (Cs≥ 0.044 SDS Ie)	0,0387	Memenuhi

(Sumber : Microsoft Excel,2026)

Koefisien respons seismik (C_s) yang diperoleh sebesar 0,0897. Nilai tersebut berada di bawah batas maksimum sebesar 0,1273 dan di atas batas minimum sebesar 0,0387 sesuai ketentuan SNI 1726:2019. Oleh karena itu, nilai $C_s$yang digunakan dalam perhitungan gaya gempa telah memenuhi persyaratan peraturan.

4) Simpangan anatr lantai (*story drift*)

Simpangan antar lantai (*story drift*) merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk mengevaluasi kekakuan dan kinerja struktur terhadap beban gempa. Pengecekan *story drift* dilakukan dengan membandingkan simpangan antar lantai hasil analisis dengan batas simpangan izin sesuai ketentuan.Tujuan pengecekan ini adalah untuk memastikan bahwa deformasi struktur masih berada dalam batas yang diperkenankan sehingga dapat meminimalkan potensi kerusakan pada elemen struktural maupun nonstruktural.

Tabel 6. Hasil Pengecekan Simpangan Antar Tingkat (Story Drift) Arah X

Lantai	Elevasi (mm)	δxe	δx=5,5δxe	Δ	Δa/p	Δ≤Δa/p
6	18000	41.623	228.9265	25.45	60	Memenuhi
5	15000	36.996	203.478	35.48	60	Memenuhi
4	12000	30.545	167.9975	43.35	60	Memenuhi
3	9000	22.664	124.652	49.15	60	Memenuhi
2	6000	13.727	75.4985	48.38	60	Memenuhi
1	3000	4.93	27.115	27.12	60	Memenuhi

(Sumber : Microsoft Excel,2026)

Tabel 7. Hasil Pengecekan Simpangan Antar Tingkat (Story Drift) Arah Y

Lantai	Elevasi(mm)	Δxe(mm)	δx=5.5δxe	Δ	Δa/p	Δ≤Δa/p
6	18000	56.804	312.422	58.82	60	Memenuhi
5	15000	39.559	253.5995	24.22	60	Memenuhi
4	12000	35.156	193.358	48.82	60	Memenuhi
3	9000	26.279	144.5345	55.96	60	Memenuhi
2	6000	16.105	88.5775	55.09	60	Memenuhi
1	3000	6.088	33.484	33.48	60	Memenuhi

(Sumber : Microsoft Excel,2026)

Hasil analisis *story drift* pada arah X dan arah Y disajikan pada Tabel 6 dan 7. Berdasarkan hasil tersebut, nilai simpangan antar lantai pada seluruh tingkat bangunan berada di bawah batas simpangan izin yang dipersyaratkan oleh SNI 1726:2019. Dengan demikian, struktur memiliki kekakuan yang memadai dan memenuhi persyaratan kinerja terhadap pembebanan gempa.

5) Pemeriksaan sensitivitas struktur terhadap pengaruh P delta

Efek *P-Delta* merupakan pengaruh orde kedua yang terjadi akibat interaksi antara beban aksial dan perpindahan lateral struktur selama menerima beban gempa. Pengecekan efek *P-Delta* dilakukan untuk memastikan bahwa pengaruh orde kedua tidak menyebabkan penurunan stabilitas struktur secara signifikan. Evaluasi dilakukan dengan menghitung koefisien stabilitas (θ) pada setiap tingkat bangunan sesuai ketentuan. Hasil pemeriksaan koefisien stabilitas pada arah X dan arah Y disajikan pada Tabel 8 dan Tabel 9. Berdasarkan hasil perhitungan, nilai koefisien stabilitas pada arah X berada pada rentang 0,001065-0,03101, sedangkan pada arah Y berada pada rentang 0,017-0,036. Nilai koefisien stabilitas terbesar terjadi pada lantai 2 arah Y, yaitu sebesar 0,036.

Tabel 8. Pemeriksaan pengaruh P delta Arah X

Tingkat	hsx	Δ	P	V	θ	θmax	θ<0,1	θ < θmax
	mm	mm	KN	KN	Rad	Rad		
6	3000	25.449	14905.51	2157.919	0.01065	0.0625	Memenuhi	Memenuhi
5	3000	35.481	25048.25	2157.919	0.02496	0.0625	Memenuhi	Memenuhi
4	3000	43.346	25048.25	3102.404	0.02121	0.0625	Memenuhi	Memenuhi
3	3000	49.154	35202.15	3821.149	0.02744	0.0625	Memenuhi	Memenuhi
2	3000	48.384	45362.09	4289.736	0.03101	0.0625	Memenuhi	Memenuhi
1	3000	27.115	55413.76	4475.096	0.02035	0.0625	Memenuhi	Memenuhi

(Sumber : Microsoft Excel,2026)

Tabel 9. Pemeriksaan pengaruh P delta Arah Y

Tingkat	hsx	Δ	P	V	θ	θmax	θ<0,1	θ < θmax
	mm	mm	KN	KN	Rad	Rad		
6	3000	58.8225	14905.51	2197.862	0.024	0.0625	Memenuhi	Memenuhi
5	3000	24,222	25048.25	2197.862	0.017	0.0625	Memenuhi	Memenuhi
4	3000	48.8235	25048.25	3066.871	0.024	0.0625	Memenuhi	Memenuhi
3	3000	55.957	35202.15	3735.065	0.032	0.0625	Memenuhi	Memenuhi
2	3000	55.0935	45362.09	4182.927	0.036	0.0625	Memenuhi	Memenuhi
1	3000	33.484	55413.76	4378.013	0.026	0.0625	Memenuhi	Memenuhi

(Sumber : Microsoft Excel,2026)

Seluruh nilai koefisien stabilitas yang diperoleh masih lebih kecil dari batas 0,10 maupun batas maksimum yang diizinkan $\theta_{max} = 0{,}0625$. Dengan demikian, struktur tidak sensitif terhadap pengaruh efek orde kedua (*P-Delta*), sehingga stabilitas struktur masih memenuhi ketentuan tidak memerlukan modifikasi desain akibat pengaruh *P-Delta*.

6) Torsi

Pemeriksaan torsi dilakukan untuk mengevaluasi adanya ketidakteraturan torsi (*torsional irregularity*) yang disebabkan oleh perbedaan distribusi massa dan kekakuan struktur. Ketidakteraturan tersebut dapat mengakibatkan simpangan

yang lebih besar pada salah satu sisi bangunan sehingga memengaruhi respons struktur terhadap beban gempa. Untuk mengecek ada tidaknya ketidakberaturan torsi pada suatu struktur dapat ditentukan dengan melihat defleksi maksmimum (δmax) dan defleksi rata-rata (δavg) (*Tugas Besar SI 4212 – Struktur Baja Lanjut*, n.d.):

1. δmax < 1.2δavg maka tanpa ketidakberaturan torsi
2. 1.2δavg < δmax < 1.4δavg maka ketidakberaturan torsi 1a
3. δmax > 1.4δavg maka ketidakberaturan torsi 1b

Tabel 10 Pemeriksaan Torsi

Arah dan lokasi		δmax	δavg	Ax(δmax/ δavg)	
x	6	41.623	41.239	1.009	Memenuhi
	5	36.908	36.758	1.004	Memenuhi
	4	30.454	30.453	1.000	Memenuhi
	3	22.664	22.519	1.006	Memenuhi
	2	13.727	13.503	1.017	Memenuhi
	1	4.93	4.739	1.040	Memenuhi
y	6	56.802	56.63	1.003	Memenuhi
	5	43.733	43.496	1.005	Memenuhi
	4	35.144	34.772	1.011	Memenuhi
	3	26.278	25.925	1.014	Memenuhi
	2	16.103	15.973	1.008	Memenuhi
	1	5.931	5.915	1.003	Memenuhi

(Sumber : Dokumen Excel,2026)

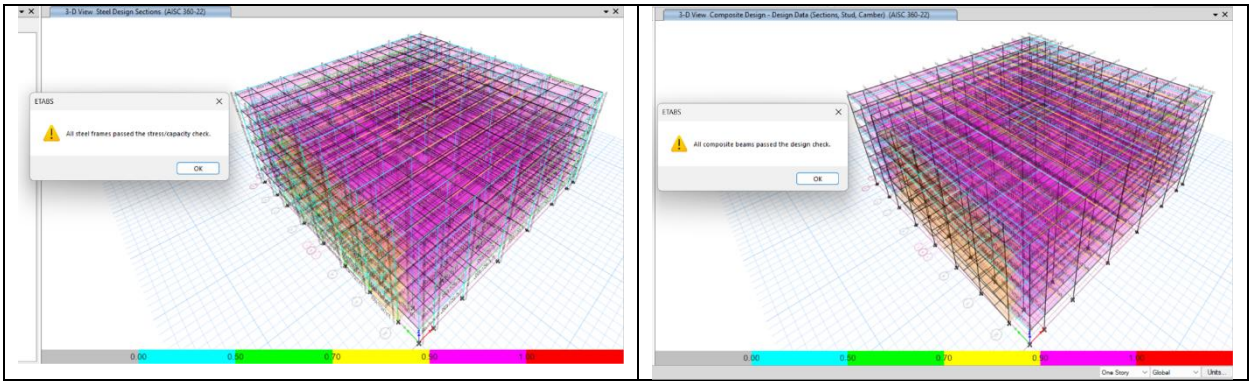
Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa rasio torsi pada arah X berada pada rentang 1,000–1,040, sedangkan pada arah Y berada pada rentang 1,000–1,040. Seluruh nilai tersebut masih lebih kecil dari batas 1,20 sehingga struktur dinyatakan tidak mengalami ketidakteraturan torsi. Hal ini menunjukkan bahwa distribusi massa dan kekakuan struktur relatif merata, sehingga respons struktur terhadap beban gempa tidak dipengaruhi secara signifikan oleh efek puntir.Ketidakberaturan.

Perencanaan Elemen

Perencanaan elemen struktur gedung parkir dilakukan berdasarkan hasil analisis pemodelan tiga dimensi menggunakan ETABS. Struktur dirancang sebagai sistem rangka baja dengan lantai komposit yang mampu menahan beban gravitasi dan beban lateral sesuai fungsi bangunan.

Struktur utama terdiri atas balok, kolom, sistem lantai, tangga, dan ramp. Balok induk menggunakan profil IWF 400×400×8×13 mm, IWF 350×175×7×11 mm, dan IWF 450x200x9x14 mm sedangkan balok anak menggunakan profil IWF 200x100x5,5x8, IWF 250x125x5x8 mm, dan IWF 300x150x5,5x8 mm. Elemen kolom menggunakan profil H-Beam 400×400x16x24 mm dan H-Beam 500×500x20x40 mm, dengan pemilihan dimensi yang disesuaikan terhadap kebutuhan kapasitas pada masing-masing tingkat bangunan.

Sistem lantai menggunakan pelat komposit dengan steel deck setebal 75 mm untuk area lantai utama, sedangkan pelat baja setebal 5 mm diterapkan pada area tangga dan ramp. Balok ramp direncanakan menggunakan profil IWF 350×175×7×11 mm sehingga mampu mendukung beban kendaraan yang bekerja pada area sirkulasi.



Gambar 5 Pemeriksaan Design

(Sumber : Etabs v22,2026)

Hasil analisis menunjukkan bahwa dimensi elemen yang digunakan telah memenuhi persyaratan kekuatan, kekakuan, dan stabilitas struktur. Terlihat hasil analisis, nilai rasio kapasitas terhadap tuntutan (demand-capacity ratio) untuk momen (Mu/ϕMn) dan gaya geser (Vu/ϕVn) salah satu elemen yang tinjau pada balok 350x175x7x11 memiliki nilai (Mu/ϕMn = 139,5 /189,19 = 0,272) dan nilai (Vu/ϕVn = 89,95 / 330,75 = 0,74) dan pada seluruh elemen balok dan kolom diperoleh lebih kecil dari 1,0 yang menunjukkan bahwa kapasitas penampang mampu menahan gaya dalam maksimum yang bekerja, sehingga elemen struktur memenuhi persyaratan kekuatan. Hal tersebut ditunjukkan oleh hasil pemeriksaan periode fundamental, gaya geser dasar, simpangan antar tingkat, pengaruh *P-Delta*, serta ketidakberaturan torsi yang memenuhi kriteria perencanaan. Oleh karena itu, dimensi elemen yang dipilih dinilai mampu memberikan kinerja struktur yang aman dan efisien untuk gedung parkir enam lantai.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan perencanaan struktur gedung parkir baja enam lantai menggunakan perangkat lunak ETABS, diperoleh bahwa struktur yang direncanakan memiliki kinerja yang memenuhi persyaratan kekuatan, kekakuan, dan stabilitas terhadap pembebanan gravitasi maupun beban gempa. Hasil analisis menunjukkan bahwa periode fundamental struktur sebesar 0,782 detik pada arah X dan 0,759 detik pada arah Y masih berada di bawah batas maksimum yang diizinkan sebesar 1,023 detik. Evaluasi gaya geser dasar (*base shear*) juga menunjukkan bahwa hasil analisis respons spektrum telah memenuhi persyaratan karena nilainya tidak lebih kecil dibandingkan hasil analisis statik ekivalen.

Pemeriksaan simpangan antar tingkat (*story drift*) menghasilkan simpangan maksimum sebesar 41.62 mm pada arah X dan 56,08 mm pada arah Y, yang masih berada di bawah batas simpangan izin sebesar 60 mm. Selanjutnya, pemeriksaan pengaruh *P-Delta* menghasilkan koefisien stabilitas maksimum sebesar 0,031 pada arah X dan 0,036 pada arah Y, sehingga pengaruh efek orde kedua tidak memberikan dampak yang signifikan terhadap perilaku struktur. Pemeriksaan ketidakberaturan torsi menunjukkan rasio simpangan maksimum terhadap simpangan rata-rata sebesar 1,040 pada arah X dan 1,014 pada arah Y, yang masih berada di bawah batas 1,20, sehingga struktur dinyatakan tidak mengalami ketidakberaturan torsi. Dan juga hasil pemeriksaan kapasitas penampang menunjukkan bahwa seluruh elemen struktur, baik balok, kolom, maupun elemen ramp dan tangga, memiliki nilai stress ratio lebih kecil dari 1 (stress ratio < 1), yang menunjukkan bahwa kapasitas penampang profil yang digunakan masih mampu menahan kombinasi gaya dalam yang bekerja sehingga elemen dinyatakan aman terhadap kegagalan struktural.

Berdasarkan seluruh hasil evaluasi tersebut, dimensi elemen struktur yang terdiri atas balok IWF, kolom H-Beam, sistem lantai komposit, serta elemen ramp dan tangga mampu

memberikan kinerja struktural yang aman dan layak diterapkan pada gedung parkir enam lantai. Penelitian ini masih terbatas pada aspek analisis dan perencanaan struktur, sehingga penelitian selanjutnya disarankan untuk melanjutkan kajian hingga tahap Rencana Anggaran Biaya (RAB) guna mengevaluasi kelayakan ekonomis dari desain yang dihasilkan. Selain itu, penelitian berikutnya juga dapat mencakup analisis metode pelaksanaan konstruksi, penjadwalan proyek, serta perbandingan dengan alternatif sistem struktur lainnya untuk memperoleh desain yang lebih efisien, ekonomis, dan aplikatif pada pembangunan gedung parkir bertingkat.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Standarisasi Nasional. (2019). *Perkembangan Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi , Pemeliharaan Dan Penilaian Kelayakan Dan Bangunan Gedung Dan Nongedung Sebagai Revisi Struktur Bangunan Gedung Dan Nongedung ; (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun*. (8).

Badan Standarisasi Nasional. (2020). Penetapan Standar Nasional Indonesia 1727 : 2020 Beban Desain Minimum Dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung Dan Struktur. *Badan Standarisasi Nasional 1727:2020*, (8), 1–336.

Dr. Ngudiyono, ST., M. (2019). *Analisa Beban Gempa Statik Ekivalen (Sni 03-1726-2019)*.

Flynn, L. J., Astaneh-Asl, A., & Principal, P. E. (2001). *Notes On Design Of Steel Parking Structures Including Seismic Effects*. (September). Www.Ce.Berkeley.Edu/~Astaneh

Pusat Studi Gempa Nasional. (2025). Peta Sumber Dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2024. In *Kementrian Pekerjaan Umum* (Vol. 1, Number 2).

Restu, L. J., Juliafad, E., Yusmar, F., Teknik, F., & Padang, U. N. (2020). *Evaluasi Struktur Bangunan Pasar Inpress Blok Iv Gedung B Dengan Metode Pushover*. *8*(3), 117–127.

Struktur, P., Pada, B., Perkantoran, G., Sistem, D., Penahan, R., & Khusus, M. (2016). *Tugas Besar Dosen : Dyah Kusumastuti , S . T ., M . T ., Ph . D . Disusun Oleh :* (25014311).

Tugas Besar SI 4212 – Struktur Baja Lanjut. (N.D.). 1–109.

Yusmar, F., Melinda, A. P., Sandra, N., Sipil, J. T., Teknik, F., Padang, U. N., Hamka, J. P., Bar, A. T., Utara, K. P., Padang, K., & Barat, S. (2021). *EKUIVALEN MENGGUNAKAN APLIKASI METODE ELEMEN HINGGA DENGAN SNI 1726 2019*. *10*(2).

Yusmar, F., Sandra, N., Rifwan, F., & Juliafad, E. (2023). *Pengaruh Reduksi Kekakuan Elemen Struktur Terhadap Perilaku Struktur Bangunan Gedung Bertingkat Sedang Di Kota Padang*. *21*(November), 337–344.

Yusmar, F., Melinda, A. P., & Sandra, N. (2021). Studi Komparasi Perhitungan Beban Gempa Statik Ekuivalen Menggunakan Software SAP2000 Dengan SNI 1726:2019. *Jurnal Teknik Sipil*, *10*(2), 114–123.