

Perancangan Ulang Struktur Tahan Gempa Gedung Fasilitas Pendidikan 10 Lantai dengan Struktur Utama Portal Baja

¹Ricky Sugesty, ²Sujiastuti Danu Yudha Tirta,
³Ir. H. Prabowo Setiyawan, MT., Ph.D., ⁴Muhamad Rusli Ahyar, ST., M. Eng.

¹ Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung

² Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung

³ Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung

⁴ Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung

*Corresponding Author:

rickysugesty21@std.unissula.ac.id

Abstrak

Indonesia merupakan negara yang sering dilanda gempa bumi karena letaknya yang berada di pertemuan lempeng tektonik. Gempa bumi adalah peristiwa dimana getaran atau guncangan terjadi di permukaan bumi karena pelepasan energi tiba-tiba dari dalam bumi yang menghasilkan gelombang seismik. Getaran inilah yang menjadi penyebab keruntuhan struktur, karena gaya lateral yang terjadi pada struktur melebihi kapasitasnya untuk menahan beban lateral. Oleh karena itu, penyediaan struktur tahan gempa pada bangunan sangatlah penting.

Perancangan ini bertujuan untuk merancang struktur tahan gempa pada gedung fasilitas pendidikan 10 lantai dengan menggunakan portal baja yang merupakan sistem struktur rangka yang terdiri dari komponen-komponen balok dan kolom berbahan baja yang saling terhubung. Portal baja digunakan sebagai sistem struktur tahan gempa karena memiliki kemampuan untuk menahan beban gempa yang besar.

Metode penelitian yang digunakan adalah analisis statik ekuivalen dengan menggunakan software SAP2000. Analisis ini dilakukan untuk memperoleh gaya-gaya dalam dan luar yang bekerja pada struktur, serta untuk mengetahui dimensi dan perkuatan elemen struktur. Selain itu, penelitian ini juga memverifikasi persyaratan keselamatan struktur berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 1729:2019 tentang Proses Perencanaan Struktur Baja pada Gedung dan SNI 1726: 2019 tentang proses perencanaan ketahanan gempa pada struktur bangunan Gedung dan struktur non Gedung.

Kata Kunci: Struktur Tahan Gempa; Gedung Fasilitas Pendidikan; Portal Baja; Analisis Statik Ekuivalen; Standar Nasional Indonesia.

Abstract

Indonesia is a country that is frequently hit by earthquakes because of its location at the meeting point of tectonic plates. An earthquake is an event where vibrations or shocks occur on the earth's surface due to the sudden release of energy from within the earth which produces seismic waves. This vibration is the cause of

structural collapse, because the lateral force that occurs in the structure exceeds its capacity to withstand lateral loads. Therefore, providing earthquake-resistant structures in buildings is very important.

This design aims to design an earthquake-resistant structure in a 10-story educational facility building using a steel portal which is a frame structure system consisting of interconnected steel beam and column components. Steel portals are used as earthquake-resistant structural systems because they have the ability to withstand large earthquake loads.

The research method used is equivalent static analysis using SAP2000 software. This analysis is carried out to obtain the internal and external forces acting on the structure, as well as to determine the dimensions and strengthening of structural elements. Apart from that, this research also verifies structural safety requirements based on the Indonesian National Standard (SNI) 1729:2019 concerning the Planning Process for Steel Structures in Buildings and SNI 1726: 2019 concerning the earthquake resistance planning process for building structures and non-building structures.

Keyword : *Earthquake Resistant Structures; Educational Facilities Building; Steel Portal; Equivalent Static Analysis; Indonesian National Standards*

1. PENDAHULUAN

Gempa bumi adalah suatu guncangan atau getaran yang terjadi pada permukaan bumi yang disebabkan oleh pelepasan energi secara mendadak dari lapisan bawah permukaan bumi, yang menghasilkan gelombang seismik. Gempa bumi sendiri tidak berbahaya, tetapi dampaknya terhadap bangunan dapat menimbulkan dampak buruk bagi manusia. Ketika terjadi gempa, getaran akan bergerak ke berbagai arah yang berbeda-beda melalui struktur. Getaran inilah yang menyebabkan struktur runtuh, karena gaya lateral yang terjadi melebihi kemampuannya untuk menahan beban lateral.

Perancangan bangunan tahan gempa terutama untuk gedung yang difungsikan sebagai fasilitas pendidikan salah satunya dapat dirancang menggunakan struktur utama Portal Baja. Portal Baja merupakan sistem rangka struktur yang terbentuk dari elemen kolom dan balok berbahan baja yang saling terhubung. Portal baja digunakan sebagai sistem struktur tahan gempa karena memiliki kemampuan untuk menanggulangi tekanan gempa yang kuat.

Dalam perancangan struktur baja dengan bresing pada bangunan tahan gempa, komponen struktur seperti kolom, dinding penopang atau bresing dan sambungan struktur dirancang agar dapat mengalami deformasi yang melebihi batas elastis bahan tanpa mengurangi kapasitas kekuatan secara signifikan. Oleh karena itu, penggunaan struktur baja dapat menjadi pilihan yang tepat karena baja memiliki kekuatan tarik yang tinggi dan mampu menahan beban yang besar, termasuk beban gempa.

2. METODE

Perancangan Bangunan Struktur Tahan Gempa Gedung Fasilitas Pendidikan 10 Lantai Dengan Struktur Utama Portal Baja ini pada awalnya dirancang dengan acuan SNI 1726:2019 tentang Bangunan Tahan Gempa, SNI 1727:2020 mengenai Beban Desain Minimum untuk Bangunan dan SNI 1729:2019 mengenai Spesifikasi untuk Bangunan Baja Struktur adalah acuan utama dalam perancangan. Perhitungan struktur melibatkan perhitungan beban sesuai dengan fungsi gedung yang sedang dirancang.

Data yang digunakan dalam perancangan bangunan tahan gempa ini bersumber dari data sekunder, yaitu data yang diperoleh secara tidak langsung dari objek. Data sekunder bisa diperoleh dari literatur-literatur terdahulu yang sejenis. Contoh dari data sekunder adalah jurnal, buku dan artikel. Dalam Perancangan Struktur Tahan Gempa ini didapatkan data sekunder sebagai berikut:

- Data tanah kota Kudus
- Gambar kerja proyek
- Penelitian terdahulu
- Lokasi proyek

Tahap analisis struktur dan perancangan diperhitungkan dengan bantuan penggunaan *software* SAP2000 v.21. Dalam Perancangan Struktur Tahan Gempa Gedung Fasilitas Pendidikan 10 Lantai dengan Penggunaan Struktur Utama Portal Baja memiliki tahapan sebagai berikut:

1. Pengumpulan data
2. Melakukan pembebanan pada Struktur
3. Kombinasi pembebanan
4. Menganalisis Struktur
5. Merancang Elemen Struktur yang dipakai
6. Pengecekan kekuatan Struktur sesuai SNI
7. Perancangan Pondasi
8. Cek daya dukung Pondasi dan desain yang sesuai
9. Kesimpulan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pembebanan Struktur

a. Beban Mati (DL)

Beban mati merujuk pada beban yang timbul dari elemen-elemen struktur seperti balok, kolom dan plat lantai. Dalam proses perancangan struktur bangunan ini, material yang digunakan adalah baja dengan Berat Jenis sebesar 7.850 kg/m^3 . Perhitungan beban ini dilakukan secara otomatis menggunakan SAP2000 V 2021, berdasarkan luas lantai dan beban yang dimodelkan dalam program tersebut. Beban Mati Tambahan pada perancangan bangunan ini ditunjukkan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1 Beban Mati Tambahan

Beban Mati	W (kg/m ³)	t (m)	Total
Berat Spesi 2cm	2100	0,02	42
Berat Pasir 2 cm	1800	0,02	36
Berat Keramik 1 cm	1700	0,01	17
Plafon	18	1	18
Penggantung	7	1	7
Total Beban Mati			120 kg

b. Beban Hidup (LL)

Beban hidup tidak secara permanen menimbulkan beban struktur pada bangunan; sebagai contoh, beban yang muncul akibat kehadiran penghuni atau pemakai bangunan. Penerapan beban hidup pada struktur ini disesuaikan dengan tujuan dan fungsi setiap lantai ruangan. Adapun variasi beban hidup yang diterapkan, disesuaikan dengan tujuan serta fungsi dari bangunan dan ruangnya.

Beban hidup diterapkan bervariasi sesuai tujuan dan fungsi bangunan serta ruangnya. Beban hidup merata yang digunakan dalam analisis struktur yaitu sebesar 4,79 kN/m² (sesuai dengan nilai yang ditetapkan dalam SNI 1727:2020 untuk kategori Sekolah).

c. Beban Gempa Respon Spektrum

Dalam perancangan struktur bangunan ini, metode analisis respons spektra digunakan untuk menganalisis beban gempa, disesuaikan dengan data lokasi struktur bangunan, yaitu Kota Kudus. Informasi Respon Spektra diperoleh dari peta gempa tahun 2023 yang sesuai dengan titik koordinat lokasi.

1) Faktor Keutamaan Gempa (I_e)

Bangunan ini dirancang dengan fungsi sebagai Gedung Fasilitas Pendidikan. Sesuai Tabel 1 dan 2 SNI 1726:2019 gedung ini termasuk kategori risiko IV dan nilai faktor keutamaan gempa (I_e) sebesar 1,5, ditunjukkan pada Tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori Risiko	Faktor Keutamaan Gempa
I atau II	1,00
III	1,25
IV	1,50

Sumber SNI 1726:2019

2) Klasifikasi Situs

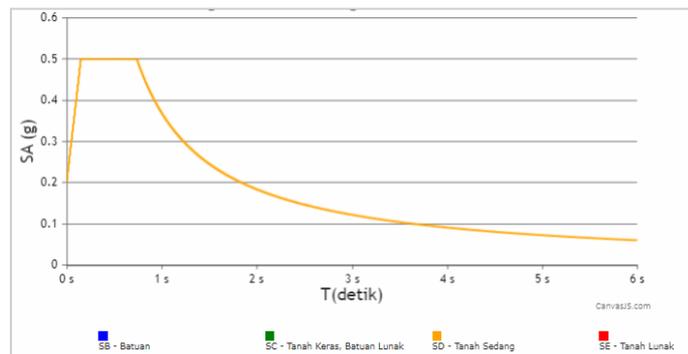
Pasal 5 pada SNI 1726:2019, klasifikasi situs ditetapkan berdasarkan 3 parameter utama, yaitu nilai rata-rata tahanan penetrasi standar lapangan (N), kecepatan rata-rata pada gelombang geser (v_s), kekuatan milamir rata-rata, bisa dapat dilihat dalam Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3 klasifikasi tanah kg/m²

Kelas situs	\bar{V}_s (m/detik)	\bar{N} atau \bar{N}_{60}	\bar{s}_u (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	< 175	<15	< 50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40\%$, 3. Kuat geser niralir $\bar{s}_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 0)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m)		

3) Parameter Respon Spektrum Gempa Terpetakan (Nilai S_s dan S_1)

Parameter Respons Spektrum Gempa Terpetakan didapat dengan memasukkan koordinat lokasi bangunan ke dalam Aplikasi Respon Spektra Indonesia yang dapat diakses melalui situs web resmi Kementerian PUPR di (<https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/>). Pusat Penelitian dan Pengembangan Konstruksi dan Mitigasi Gempa Bumi (PUSKIM) menunjukkan bahwa Parameter Respon Spektral Gempa $S_s = 0,5571$ dan $S_1 = 0,2714$, sebagaimana tergambar pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1 Grafik Respon Spektrum

Sehingga diperoleh data Nilai Parameter Respons Spektral Terpetakan Pada Tabel 4 berikut ini.

Tabel 4 Data Parameter Respons Spektral Terpetakan

Variabel	Nilai
F_{PGA}	0,2466
S_s (g)	0,5571
S_1 (g)	0,2714
S_{DS}	0,5029
S_{D1}	0,3722

4) Kategori Desain Seismik (KDS)

Setelah diketahui nilai I_e sebesar 1,5. Selanjutnya menentukan nilai kategori desain seismik berdasarkan nilai S_{DS} . Telah diketahui nilai $S_{DS} = 0,5029$ dan $S_{D1} = 0,3722$ maka kategori desain seismik yang direncanakan masuk pada

kategori risiko D. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 5 dan Tabel 6 berikut ini.

Tabel 5 Kategori Desain Seismik Risiko Periode Pendek

Nilai S_{DS}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Tabel 6 Kategori Desain Seismik Risiko Periode 1 Detik

Nilai S_{D1}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

Dengan demikian, nilai koefien modifikasi respons, faktor kuat dan faktor pembesaran defleksi dapat dihitung berdasarkan klasifikasi desain seismik D menggunakan jenis sistem pemikul momen gaya seismik, yakni sistem rangka baja pemikul momen biasa. Informasi lebih lanjut dapat ditemukan dalam tabel 7 di bawah ini.

Tabel 7 Sistem Pemikul Gaya Seismik

Sistem pemikul gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat lebih sistem, Ω_0^b	Faktor pembesaran defleksi, C_d^c	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_n (m) ^d				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^e	E ^e	F ^f
19. Dinding geser batu bata polos didetail	2	2½	2	TB	TI	TI	TI	TI
20. Dinding geser batu bata polos biasa	1½	2½	1¼	TB	TI	TI	TI	TI
21. Dinding geser batu bata prategang	1½	2½	1¼	TB	TI	TI	TI	TI
22. Dinding rangka ringan (kayu) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang dimaksudkan untuk tahanan geser	7	2½	4½	TB	TB	22	22	22
23. Dinding rangka ringan (baja canai dingin) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang dimaksudkan untuk tahanan geser, atau dengan lembaran baja	7	2½	4½	TB	TB	22	22	22
24. Dinding rangka ringan dengan panel geser dari semua material lainnya	2½	2½	2½	TB	TB	10	TB	TB
25. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2½	5	TB	TB	48	48	30
26. Dinding geser pelat baja khusus	7	2	6	TB	TB	48	48	30
C. Sistem rangka pemikul momen								
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5½	TB	TB	48	30	TI
3. Rangka baja pemikul momen menengah	4½	3	4	TB	TB	10 ^e	TI ^k	TI ^k
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3½	3	3	TB	TB	TI	TI	TI ^l
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus ^m	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI

5) Berdasarkan output yang didapatkan dari aplikasi respon spectra Indonesia maka nilai S_a dapat dilihat pada Tabel 8 berikut ini.

Tabel 8 Rekapitulasi Nilai S_a

T (detik)	S_a (m/det ²)
0	0,2012
0,1480	1,6000
0,7400	0,5029
1	0,3722
2	0,1861
3	0,1240
4	0,0930
5	0,0744
6	0,0620
7	0,0532
8	0,0465
9	0,0413
10	0,0372
11	0,0338
12	0,0310
13	0,0286
14	0,0265
15	0,0248
16	0,0232
17	0,0219
18	0,0207
19	0,0195
20	0,0186

d. Beban Gempa Statik Ekuivalen

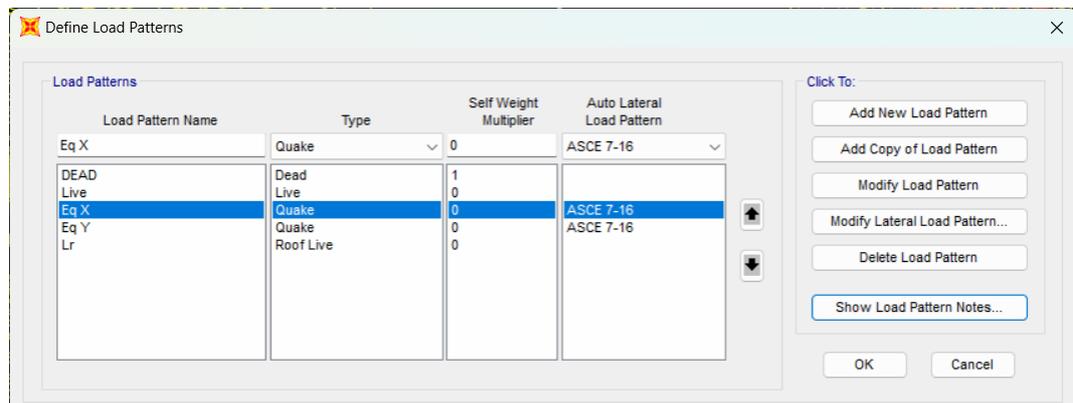
Pembebanan gaya gempa statik ekuivalen pada bangunan ini diperoleh berdasarkan SNI dengan mengacu pada KDS (Kategori Desain Seismik) dengan memperhatikan beban bangunan tiap lantai.

- 1) Setelah diketahui nilai Faktor Keutamaan Gempa (I_e) = 1,5; S_{DS} = 0,5029; S_{D1} = 0,3722; kemudian penentuan nilai R berdasarkan Tabel 12 SNI 1726:2019 didapatkan sebesar 3,5 maka selanjutnya nilai C_s dapat diketahui.
- 2) Menghitung Koefisien Respon Seismik (C_s) dapat diperoleh dari hasil pembagian antara nilai S_{ds} dengan hasil bagi antara nilai R dan I_e . Secara matematis dapat ditulis seperti berikut
- 3) Menghitung Gaya Geser Dasar Seismik, secara matematis perhitungan gaya geser dasar seismik dapat diperoleh dari formula sebagai berikut
- 4) Perhitungan nilai distribusi vertikal (CV_x) dan Gaya gempa statik ekuivalen (F_x) dapat dilihat pada ringkasan rumus Tabel 9 berikut ini.

Tabel 9 Rekapitulasi Nilai C_{vx} dan F_x

Lantai	Hi (m)	Berat Beton (kN)	Berat Baja (kN)	Wi (kN)	k	Hi ^k (m)	Wi* Hi ^k	Cvx	Fx (kN)
10	35.5	1254	544.42	1798.42	2	1260.25	2266458.81	0.26	102.91
9	32	1254	544.42	1798.42	2	1024.00	1841582.08	0.21	83.62
8	28.5	1254	544.42	1798.42	2	812.25	1460766.65	0.17	66.33
7	25	1254	544.42	1798.42	2	625.00	1124012.50	0.13	51.04
6	21.5	1254	544.42	1798.42	2	462.25	831319.65	0.09	37.75
5	18	1254	544.42	1798.42	2	324.00	582688.08	0.07	26.46
4	14.5	1254	544.42	1798.42	2	210.25	378117.81	0.04	17.17
3	11	1254	544.42	1798.42	2	121.00	217608.82	0.02	9.88
2	7.5	1254	544.42	1798.42	2	56.25	101161.13	0.01	4.59
1	4	1254	606.939	1860.939	2	16.00	29775.02	0.00	1.35
Jumlah							8833490.5	1	

5) Selanjutnya, penginputan beban gempa statik ekuivalen dapat dilakukan dengan menetapkan arah X dan arah Y untuk gempa statik ekuivalen, sesuai dengan ketentuan yang tercantum dalam SNI 1726 atau mengikuti pedoman internasional seperti ASCE 7-16. Rincian lebih lanjut dapat ditemukan pada Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2 *Define Load Pattern*

6) Selanjutnya modify load pattern untuk gempa statik arah x dengan memasukan nilai S_s , S_1 , R sesuai dengan nilai yang didapatkan dari puskim dan situs kelas berdasarkan jenis tanah di kota Kudus yaitu kelas situs D. Agar lebih detail dapat diperhatikan pada Gambar 3 dibawah ini.

The screenshot shows the 'ASCE 7-16 Seismic Load Pattern' dialog box. The 'Load Direction and Diaphragm Eccentricity' section has 'Global X Direction' selected. The 'Ecc. Ratio (All Diaph.)' is set to 0.05. The 'Time Period' section has 'Program Calc' selected with 'Ct (ft), x =' set to 0.016; 0.9. The 'Lateral Load Elevation Range' section has 'Program Calculated' selected. The 'Seismic Coefficients' section shows: 0.2 Sec Spectral Accel, Ss = 0.5571; 1 Sec Spectral Accel, S1 = 0.2714; Long-Period Transition Period = 20; Site Class = D; Site Coefficient, Fa = 1.3543; Site Coefficient, Fv = 2.0572. The 'Calculated Coefficients' section shows: SDS = (2/3) * Fa * Ss = 0.503; SD1 = (2/3) * Fv * S1 = 0.3722. The 'Factors' section shows: Response Modification, R = 3.5; System Overstrength, Omega = 3; Deflection Amplification, Cd = 3; Occupancy Importance, I = 1.5.

Gambar 3 Spesifikasi Beban Seismik Arah X

- 7) Lakukan hal yang serupa untuk bagian pembebanan gempa statik arah y, namun kali ini gunakan tanda centang pada opsi arah Y. Agar lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 4 dibawah ini.

The screenshot shows the 'ASCE 7-16 Seismic Load Pattern' dialog box. The 'Load Direction and Diaphragm Eccentricity' section has 'Global Y Direction' selected. The 'Ecc. Ratio (All Diaph.)' is set to 0.05. The 'Time Period' section has 'Program Calc' selected with 'Ct (ft), x =' set to 0.016; 0.9. The 'Lateral Load Elevation Range' section has 'Program Calculated' selected. The 'Seismic Coefficients' section shows: 0.2 Sec Spectral Accel, Ss = 0.5571; 1 Sec Spectral Accel, S1 = 0.2714; Long-Period Transition Period = 20; Site Class = D; Site Coefficient, Fa = 1.3543; Site Coefficient, Fv = 2.0572. The 'Calculated Coefficients' section shows: SDS = (2/3) * Fa * Ss = 0.503; SD1 = (2/3) * Fv * S1 = 0.3722. The 'Factors' section shows: Response Modification, R = 3.5; System Overstrength, Omega = 3; Deflection Amplification, Cd = 3; Occupancy Importance, I = 1.5.

Gambar 4 Spesifikasi Beban Seismik Arah Y

e.

Kombinasi Pembebanan Struktur

Beban kombinasi untuk bangunan telah ditentukan sesuai dengan ketentuan SNI 1726:2019 Pasal 5.3. Kombinasi pembebanan dalam perhitungan struktur bangunan dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. $1,4 D$
2. $1,2 D + 1,6 L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$
3. $1,2 D + 1,6 (Lr \text{ atau } R) + (1,0 L \text{ atau } 0,5 W)$
4. $1,2 D + 1,0 W + 1,0 L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$
5. $1,2 D + 1,0 L \pm 1,0 E$
6. $0,9 D + 1,0 W$
7. $0,9 D \pm 1,0 E$

Untuk nomor 5 dan 7 yang termasuk beban gempa berdasarkan SNI 1726:2019. Faktor beban dan kombinasi untuk beban mati, beban hidup dan beban gempa adalah sebagai berikut:

8. $(1,2 + 0,2 SDS) D + 1 L \pm 0,3 \rho Ex \pm 1 \rho Ey$
9. $(1,2 + 0,2 SDS) D + 1 L \pm 1 \rho Ex \pm 0,3 \rho Ey$
10. $(0,9 - 0,2 SDS) D \pm 0,3 \rho Ex \pm 1 \rho Ey$
11. $(0,9 - 0,2 SDS) D \pm 1 \rho Ex \pm 0,3 \rho Ey$

$S_{DS} = 0,5029$ (Kota Kudus: Tanah sedang)

$\rho = 1$ (SNI 1726:2019)

3.2 Pengecekan Prilaku Struktur Bangunan

a. Rasio Partisipasi Massa

Berdasarkan hasil analisis dengan menggunakan SAP2000, nilai partisipasi modal massa dapat dilihat pada Tabel 10 berikut.

Tabel 10 Rasio Partisipasi Massa

Case	Mode	Periode (sec)	UX	UY	UZ
MODAL	1	1,68	0,77	0,00	0,00
MODAL	2	1,63	0,77	0,77	0,00
MODAL	3	1,46	0,77	0,77	0,00
MODAL	4	0,51	0,88	0,77	0,00
MODAL	5	0,49	0,88	0,89	0,00
MODAL	6	0,44	0,88	0,89	0,00
MODAL	7	0,27	0,93	0,89	0,00
MODAL	8	0,25	0,93	0,94	0,00
MODAL	9	0,22	0,93	0,94	0,00
MODAL	10	0,16	0,96	0,94	0,00
MODAL	11	0,15	0,96	0,96	0,00
MODAL	12	0,14	0,96	0,96	0,02
MODAL	13	0,13	0,96	0,96	0,49
MODAL	14	0,13	0,96	0,96	0,50
MODAL	15	0,13	0,96	0,96	0,50
MODAL	16	0,12	0,96	0,96	0,50

Case	Mode	Periode (sec)	UX	UY	UZ
MODAL	17	0,12	0,96	0,96	0,50
MODAL	18	0,12	0,96	0,96	0,50
MODAL	19	0,12	0,96	0,96	0,51
MODAL	20	0,12	0,96	0,96	0,51
MODAL	21	0,11	0,96	0,96	0,51
MODAL	22	0,11	0,96	0,96	0,51
MODAL	23	0,11	0,97	0,96	0,52
MODAL	24	0,11	0,97	0,96	0,52
MODAL	25	0,11	0,98	0,96	0,53
MODAL	26	0,11	0,98	0,96	0,54
MODAL	27	0,10	0,98	0,98	0,54
MODAL	28	0,10	0,98	0,98	0,55
MODAL	29	0,10	0,98	0,98	0,55
MODAL	30	0,09	0,98	0,98	0,55
MODAL	31	0,09	0,98	0,98	0,56
MODAL	32	0,08	0,98	0,98	0,56
MODAL	33	0,08	0,98	0,98	0,56
MODAL	34	0,08	0,98	0,98	0,56
MODAL	35	0,07	0,98	0,98	0,57
MODAL	36	0,07	0,98	0,99	0,58
MODAL	37	0,07	0,98	0,99	0,62
MODAL	38	0,06	0,99	0,99	0,62
MODAL	39	0,06	0,99	0,99	0,63
MODAL	40	0,05	0,99	0,99	0,63
MODAL	41	0,05	0,99	0,99	0,63
MODAL	42	0,05	0,99	0,99	0,63
MODAL	43	0,04	0,99	0,99	0,63
MODAL	44	0,04	0,99	0,99	0,63
MODAL	45	0,04	0,99	0,99	0,64
MODAL	46	0,03	0,99	0,99	0,64
MODAL	47	0,02	0,99	0,99	0,64
MODAL	48	0,02	0,99	0,99	0,64
MODAL	49	0,01	0,99	0,99	0,64
MODAL	50	0,01	0,99	0,99	0,64

b. Perhitungan Faktor Skala Gempa

1) Perhitungan Faktor Skala Gaya

Hasil analisis SAP 2000 diperoleh nilai gaya geser dasar seismik statik dan dinamik (*V*) untuk arah X dan Y dapat dilihat pada Tabel 11 berikut:

Tabel 11 Gaya Geser Seismik

Output Case	Nilai (kN)
<i>V</i> _x statik	10395,79
<i>V</i> _y statik	10395,79
<i>V</i> _x dinamik	7,75
<i>V</i> _y dinamik	7,67

Sesuai SNI 1726:2019 gaya geser dasar V_x dan V_y harus dihitung faktor gaya gempa arah X dan arah Y dengan menggunakan ketentuan sebagai berikut:

$$\eta_x = V_x/V_{IX} \geq 1,0$$

$$\eta_y = V_y/V_{IY} \geq 1,0$$

Dimana :

η = Faktor skala

V = Gaya geser dasar statik

V_1 = Gaya geser dasar dinamik

Untuk perhitungan faktor skala dari perbandingan gaya geser statik dan dinamik adalah sebagai berikut:

$$\eta_x = 10395,79/7,75 = 1341,39$$

$$\eta_y = 10395,79/7,67 = 1355,38$$

Selanjutnya gempa dibesarkan sebesar faktor skala yang didapatkan dari arah X dan arah Y. Sehingga didapat nilai Gaya Geser Dasar Terkoreksi dapat dilihat pada Tabel 12 berikut.

Tabel 12 Gaya Geser Terkoreksi/Gaya Geser Desain

<i>Output Case</i>	Nilai (kN)
V_x statik	10395,79
V_y statik	10395,79
V_x dinamik	10395,79
V_y dinamik	10395,79

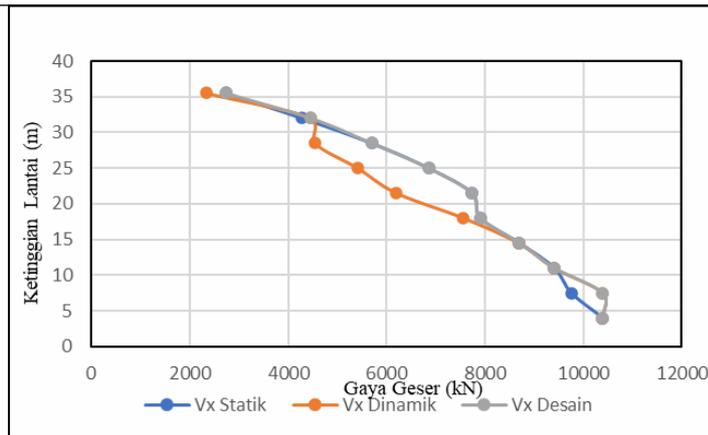
Nilai gaya geser desain untuk arah X dan arah Y dari setiap lantai diperoleh dari hasil analisis SAP 2000 ditunjukkan pada Tabel 13 berikut.

Tabel 13 Gaya Geser Desain Arah X dan Arah Y

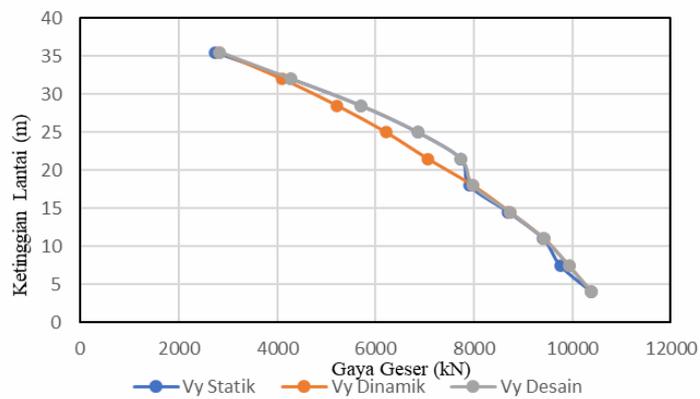
Lantai	Ketinggian (m)	Statik		Dinamik		Gaya Geser Desain	
		V_x (kN)	V_y (kN)	$V_{spec\ x}$ (kN)	$V_{spec\ y}$ (kN)	V_x desain (kN)	V_y desain (kN)
10	35,5	2727,91	2727,91	2337,08	2832,19	2727,91	2832,91
9	32	4277,57	4277,57	4457,04	4094,03	4457,04	4277,57
8	28,5	5694,43	5694,43	4546,61	5213,48	5694,43	5694,43
7	25	6854,52	6854,52	5415,77	6206,67	6854,52	6854,52
6	21,5	7734,25	7734,25	6200,55	7063,64	7734,25	7734,25
5	18	7907,68	7907,68	7564,33	7980,65	7907,68	7980,65
4	14,5	8702,48	8702,48	8682,2	8736,49	8702,48	8736,49
3	11	9408,69	9408,69	9400,27	9429,75	9408,69	9429,75
2	7,5	9756,04	9756,04	10386,79	9930,14	10386,79	9930,14
1	4	10395,79	10395,79	10395,79	10395,79	10395,79	10395,79

2) Pengecekan Gaya Geser

Gaya geser didapat dari hasil analisis dengan program SAP2000 langsung, berikut diagram geser struktur pada arah X dan arah Y dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6 berikut.



Gambar 5 Diagram Gaya Geser Gempa Arah X



Gambar 6 Diagram Gaya geser gempa arah Y

3) Pengecekan Simpangan Antar Tingkat (Story Drift)

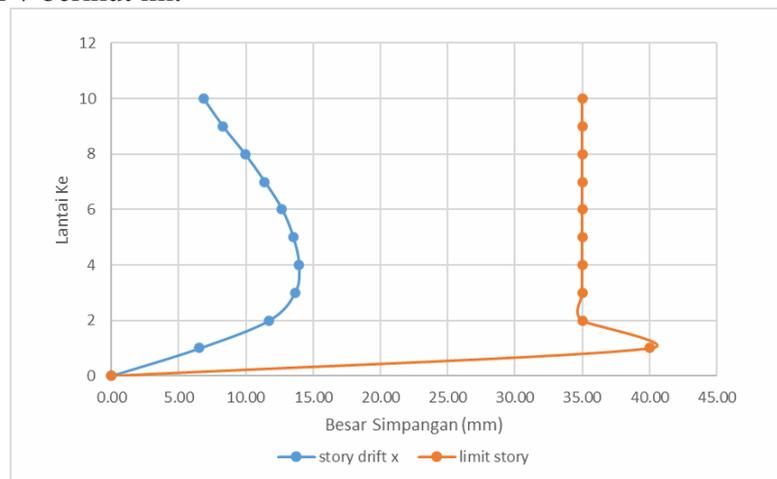
Faktor-faktor yang digunakan dalam kriteria persyaratan simpangan berdasarkan SNI 1726:2019 adalah:

- Faktor defleksi atau lendutan (C_d) = 5,5 (Tabel 8 SNI 1726:2019),
- Faktor keutamaan seismik (I_e) = 1,5 (Tabel 2 SNI 1726:2019),
- Faktor redundansi pada gedung KDS D adalah $\rho = 1$ (Pasal 7,3,4,2 1726:2019),
- Simpangan lantai izin berdasarkan SNI 1726:2019 Pasal 7,12,1 untuk sebuah gedung dengan kategori risiko IV adalah $= (0,010) \times h$, Dimana h adalah tinggi tingkat,

Tabel 14 Pengecekan *Story Drift* Arah X

Lantai	h (mm)	Perpindahan x (mm)	Perpindahan Elastik x (mm)	Story Drift x (mm)	Drift Limit (mm)	Cek
10	3500	29,58	1,87	6,85	35,00	stabil
9	3500	27,71	2,26	8,29	35,00	stabil
8	3500	25,45	2,71	9,94	35,00	stabil
7	3500	22,74	3,11	11,40	35,00	stabil
6	3500	19,63	3,46	12,68	35,00	stabil
5	3500	16,17	3,68	13,50	35,00	stabil
4	3500	12,49	3,80	13,93	35,00	stabil
3	3500	8,69	3,72	13,63	35,00	stabil
2	3500	4,97	3,19	11,69	35,00	stabil
1	4000	1,79	1,79	6,55	40,00	stabil

Diagram hasil analisis simpangan antar tingkat arah X dapat dilihat pada Gambar 7 berikut ini.

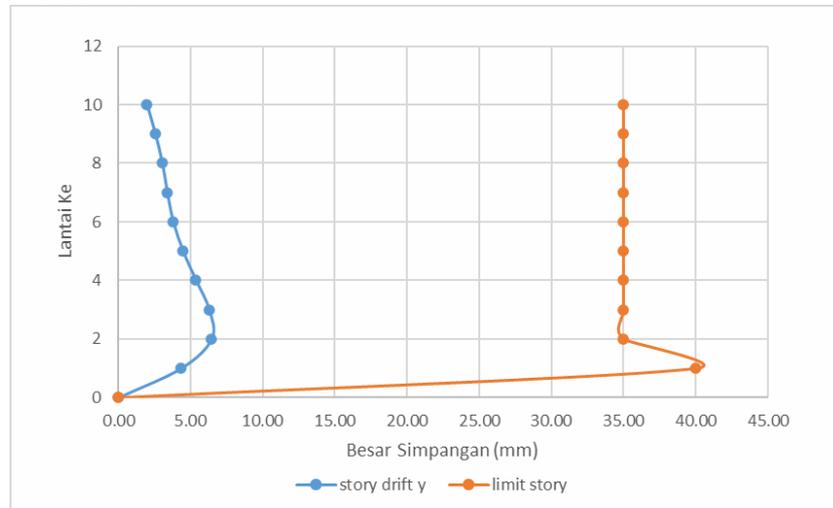


Gambar 7 Diagram *Story Drift* Arah X

Tabel 15 Pengecekan *Story Drift* Arah Y

Lantai	h (mm)	Perpindahan y (mm)	Perpindahan Elastik y (mm)	Story Drift y (mm)	Drift Limit (mm)	Cek
10	3500	0,54	0,54	1,96	35,00	stabil
9	3500	0,69	0,69	2,54	35,00	stabil
8	3500	0,83	0,83	3,03	35,00	stabil
7	3500	0,92	0,92	3,37	35,00	stabil
6	3500	1,03	1,03	3,79	35,00	stabil
5	3500	1,22	1,22	4,46	35,00	stabil
4	3500	1,46	1,46	5,36	35,00	stabil
3	3500	1,71	1,71	6,28	35,00	stabil
2	3500	1,76	1,76	6,45	35,00	stabil
1	4000	1,18	1,18	4,34	40,00	stabil
Lantai Dasar	0	0,00	0,00	0,00	0,00	stabil

Diagram hasil analisis simpangan antar tingkat arah Y dapat dilihat pada Gambar 8 berikut ini.



Gambar 8 Diagram *Story Drift* Arah Y

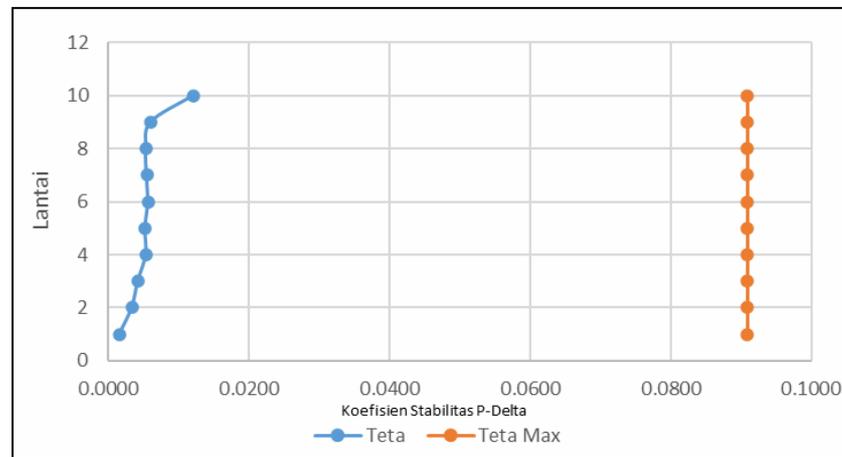
4) Pengecekan P-Delta

Pengecekan P-Delta ditentukan berdasarkan pada nilai dari koefisien stabilitas (θ), apabila nilai θ lebih kecil daripada nilai θ maksimum, maka pengaruh P-Delta diabaikan, Nilai θ maksimum dapat dihitung dengan rumus:

Hasil dari pengecekan P-Delta dapat dilihat pada Tabel 16 berikut ini,
Tabel 16 P-Delta Arah X

Lantai	h (mm)	DELTA (mm)	p (kN)	θ	θ max	cek
10	3500	19,51	31416,91	0,01	0,09	stabil
9	3500	24,11	19700,33	0,01	0,09	stabil
8	3500	29,40	18682,44	0,01	0,09	stabil
7	3500	34,49	19180,43	0,01	0,09	stabil
6	3500	38,73	20526,78	0,01	0,09	stabil
5	3500	41,87	19739,21	0,01	0,09	stabil
4	3500	42,79	20067,98	0,01	0,09	stabil
3	3500	40,74	19784,57	0,00	0,09	stabil
2	3500	33,43	19824,57	0,00	0,09	stabil
1	4000	18,07	19936,95	0,00	0,09	Stabil

Dari hasil pengecekan P-Delta arah X menghasilkan diagram stabilitas P-delta arah X ditunjukkan pada Gambar 9 dibawah ini,

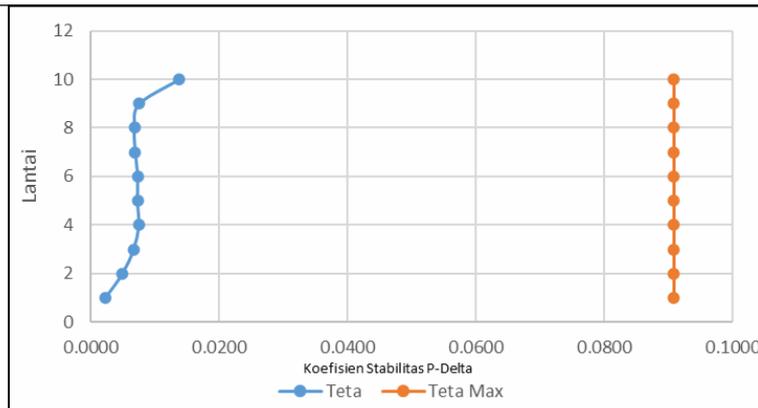


Gambar 9 P-Delta Arah X

Tabel 17 P-Delta Arah Y

Lantai	h (mm)	DELTA (mm)	p (kN)	θ	θ max	cek
10	3500	31,20	31416,91	0,01	0,09	stabil
9	3500	37,24	19700,33	0,01	0,09	stabil
8	3500	44,75	18682,44	0,01	0,09	stabil
7	3500	52,16	19180,43	0,01	0,09	stabil
6	3500	58,60	20526,78	0,01	0,09	stabil
5	3500	63,15	19739,21	0,01	0,09	stabil
4	3500	64,51	20067,98	0,01	0,09	stabil
3	3500	61,00	19784,57	0,01	0,09	stabil
2	3500	49,88	19824,57	0,00	0,09	stabil
1	4000	26,97	19936,95	0,00	0,09	stabil

Dari hasil pengecekan P-Delta arah Y menghasilkan diagram stabilitas P-delta arah Y ditunjukkan pada Gambar 10 dibawah ini.



Gambar 10 P-Delta Arah Y

3.3 Perancangan Elemen Struktur

Dalam perancangan konstruksi bangunan baja 10 lantai ini, menggunakan profil baja dengan mutu baja BJ 37 untuk profil baja balok dan BJ 50 untuk profil baja kolom.

$$\text{BJ 37} \rightarrow F_y = 240 \text{ MPa} = 2400 \text{ kg/m}^2$$

$$F_u = 370 \text{ MPa} = 3700 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{BJ 50} \rightarrow F_y = 290 \text{ MPa} = 2900 \text{ kg/m}^2$$

$$F_u = 500 \text{ MPa} = 5000 \text{ kg/m}^2$$

a. Perancangan Plat Lantai

Plat lantai yang diperhitungkan sebagai contoh memiliki spesifikasi mutu beton menggunakan $F_c'30$ MPa, tegangan leleh baja tulangan $F_y=280$ MPa kemudian tebal plat 125 mm dan dimensi 4000 x 3000 mm. Lalu pembebanan yang direncanakan dalam perancangan plat lantai ini adalah sebesar 4,2 kN/m² untuk beban mati dan 4,79 kN/m² untuk beban hidup.

Berdasarkan spesifikasi diatas, dengan cara mengalikan beban mati dengan koefisien sebesar 1,2 lalu dijumlahkan dengan 1,6 dikali beban hidup maka didapatkan nilai beban rencana terfaktor (Q_u) sebesar 12,7 kN/m². Lalu untuk mengetahui nilai momen akibat beban terfaktor dapat dihitung dengan cara mengalikan nilai tulangan arah x dengan koefisien 0,001 lalu dikali beban rencana terfaktor kemudian dikali dengan Panjang bentangan arah x2, maka diperoleh nilai momen sebesar 7,89 kN/m². Selanjutnya dari hasil nilai momen yang didapat, maka dirancangan tulangan dengan diameter 10 pada plat lantai. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada uraian dibawah ini.

1) Penulangan Plat

Diketahui faktor bentuk distribusi tegangan beton (β_1) = 1, dengan tinjauan plat lantai selebar 1m maka rasio tulangan dalam kondisi balance didapat sebesar $\rho_b = 0,0621$. Untuk tebal plat dikatakan aman apabila nilai $R_n < R_{max}$. Nilai tersebut diperoleh dari perhitungan secara matematis seperti berikut.

R_{max}

Karena nilai $R_n < R_{max}$ maka tebal plat sudah pas dan tidak perlu ditambah ketebalannya.

Kemudian untuk mengetahui jarak tulangan (s) yang dipakai bisa didapatkan dari perhitungan berikut ini.

ρ

A_s

s

s_{max}

$s_{max} = 200$ mm (jarak tulangan maksimum)

Berdasarkan ketiga nilai (s) diambil nilai yang paling minimum yaitu 200mm. Maka tulangan yang digunakan dalam perancangan plat lantai ini adalah tulangan diameter 10 dengan jarak 200. Luas tulangan yang terpakai bisa dihitung menggunakan rumus berikut.

2) Kontrol Lendutan Plat

Diketahui nilai beban merata Q sebesar 8,990 kN/mm², modulus elastisitas beton sebesar 25743 Mpa dan Inersia efektif lendutan (Ie) sebesar 157737276 mm⁴. Maka lendutan elastis akibat beban mati dan beban hidup adalah sebagai berikut.

Dari hasil perhitungan tersebut, dapat dinyatakan aman apabila nilai δ_{tot} lebih kecil daripada nilai $Lx/240$. Nilai $\delta_{tot} = 6,239$ mm sedangkan nilai $Lx/240 = 12,5$ mm. Maka dengan demikian perancangan plat lantai ini aman.

b. Perancangan Balok

Profil Baja Balok HWF 440 x 300

Data Properties sebagai berikut :

- E = 200000
- A = 18744
- Ix = 1730050725
- Iy = 81044810,33
- Sx = 7863866,933
- Sy = 540298,7356
- rx = 303,8073529
- ry = 65,75540656
- J = 1353627,333
- Cw = 3608196000850
- Zx = 2727644
- Ix+Iy = 1811095536

a. Klasifikasi Penampang

Lebar efektif $\rightarrow b = 144,5$ mm

Klasifikasi penampang = $\leq 0,38 \rightarrow \leq 0,38$
 $= 8,027 \leq 10,9696$ (Kompak)

Tinggi efektif $\rightarrow h = (H - (2 \times t_2))$
 $= (440 - (2 \times 18))$
 $= 404$ mm

Klasifikasi penampang = $\leq 3,76 \rightarrow \leq 3,76$
 $= 36,72 \leq 108,54$ (Kompak)

Profil Balok Baja HWF 440 x 300 dengan Persamaan 2.22 didapatkan Klasifikasi Lebar Penampang 8,0278. Klasifikasi Lebar Penampang pada Balok

Baja HWF 440 x 300 kompak karena lebih kecil dari batas ijin yaitu 10,9696. Profil Balok Baja HWF 440 x 300 dengan Persamaan 2.23 didapatkan Klasifikasi Tinggi Penampang sebesar 36,72. Klasifikasi Tinggi Penampang pada Balok Baja HWF 440 x 300 kompak karena lebih kecil dari batas ijin yaitu 108,54.

b. Kuat Lentur Nominal

Kuat Lentur Nominal ditentukan berdasarkan Bab F2 SNI 1729 : 2020

1. Batas Leleh

$$\begin{aligned} M_n &= M_p = F_y Z_x \\ &= 240 \times 2727644 \\ &= 654634560 \text{ N.mm} \\ &= 654,63 \text{ kNm} \end{aligned}$$

2. Tekuk Torsi Lateral

$$\begin{aligned} r_y &= \\ &= \\ &= 65,75 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_p &= 1,76 r_y \\ &= 1,76 \times 65,75 \\ &= 3340,823348 \text{ mm} \\ &= 3,34 \text{ m} \end{aligned}$$

Untuk profil I simetri ganda, nilai $c = 1$ (F2-8a)

$$\begin{aligned} C_w &= \\ &= 3608195986010 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r_{ts} &= (I_y \cdot C_w)^{0,5} / S_x \\ &= (\times 3608195986010)^{0,5} / 7863866,933 \\ &= 2174,56 \end{aligned}$$

$$r_{ts} = 46,63$$

Perhitungan L_r

$$\begin{aligned} 1,95 \cdot r_{ts} &= 1,95 \times 46,63 \\ &= 108253,284 \\ &= 0,00019 \end{aligned}$$

$$6,76 = 6,76 = 4,77 \times 10^{-6}$$

$$\begin{aligned} L_r &= 1,95 \\ &= 5294 \text{ mm} \\ &= 5,29 \text{ m} \end{aligned}$$

$$L_b = 2 \text{ m}$$

Diketahui μ dari analisis Program SAP 2000 V21 adalah 392,709.

$$\begin{aligned} \text{Rasio} &= \\ &= \\ &= 0,66 \\ &= \text{Rasio} \leq 1 \text{ (Aman)} \end{aligned}$$

Berikut adalah hasil output dari SAP 2000 dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo DSTL13)						
Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
4.	18.839	-392.709	0.014	194.123	-0.005	0.011

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.2,H1-1b)
 D/C Ratio: 0.669 = 0.003 + 0.667 + 0.
 = (1/2)(Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

Gambar 11 Hasil Output Rasio SAP 2000

Karena Rasio pada Kolom profil Baja Kolom berdasarkan hitungan manual dan hasil keluaran SAP2000 adalah 0,66 lebih kecil dari angka keamanan yang ditetapkan yaitu 1 maka profil baja HWF aman digunakan.

c. Perancangan Kolom

Profil Baja Kolom HWF 800 x 350

Data Properties sebagai berikut :

E	= 200000
A	= 32254
Ix	= 14821126703
Iy	= 271790157,3
Sx	= 37052816,76
Sy	= 1553086,613
rx	= 677,873754
ry	= 91,79627783
J	= 13843850,67
Cw	= 39453331028664
Zx	= 12254536
Ix+Iy	= 15092916860

a. Klasifikasi Penampang

Sayap \rightarrow =

=

= 4,605 mm

Klasifikasi penampang = $4,605 \leq 0,56 \rightarrow \leq 0,56$

= $4,605 \leq 14,7$ (Kompak)

Badan \rightarrow = h / tw

=

= 45,5 mm

Klasifikasi penampang = $45,5 \leq 3,76 \rightarrow \leq 3,76$

= $45,5 \leq 98,74$ (Kompak)

Profil baja balok HWF 800 x 350 dengan persamaan 2.22 didapatkan Klasifikasi Penampang Sayap sebesar 4,605. Sayap pada Kolom Baja HWF 900 x 350 kompak karena lebih kecil dari batas ijin yaitu 45,5. Profil Kolom Baja HWF 800 x 350 dengan persamaan 2.23 didapatkan Klasifikasi Penampang Badan sebesar 45,5. Tinggi efektif pada Kolom Baja HWF 800 x 350 kompak karena lebih kecil dari batas ijin yaitu 98,74.

Klasifikasi Profil H adalah Penampang kompak maka kuat tekan rencana harus ditinjau berdasarkan tekuk lentur dan tekuk puntir.

b. Tegangan Kritis tekuk lentur

$\leq 4,71 = 65,917 \leq 4,71 = 43,574 \leq 123,69$, maka terjadi tekuk inelastik sehingga:

$$F_e = 330,74 \text{ MPa}$$

$$F_{cr} = \cdot f_y$$

$$= \cdot f_y$$

$$= 0,577 f_y$$

c. Kuat tekan Nominal Kolom Profil H

$$P_n = F_{cr} \times f_y \times A : 1000 = 0,577 \times 290 \times 32254 : 1000$$

$$= 5396,54 \text{ kN}$$

$$P_c = \phi P_n = 0,9 \times 5396,54 = 4856,89 \text{ Kn}$$

d. Kuat Lentur Kondisi Plastis

$$M_n = M_p = Z_x \times F_y = 3553815440 \text{ Nmm}$$

$$= 3553,81 \text{ Kn}$$

d. Parameter LTB berdasarkan ketentuan bab F2

$$L_p = 1,76 r_y$$

$$= 1,76$$

$$= 4242,8 \text{ mm} \rightarrow 4,25 \text{ m}$$

$$C = 1$$

$$C_w = 39453331028664$$

$$r_{ts}^2 =$$

$$= 2794,71$$

$$r_{ts} = 52,86$$

$$L_r = 1,95$$

$$= 5659 \text{ mm}$$

$$= 5,7 \text{ m}$$

$$L_b = 2 \text{ m}$$

e. Faktor C_b diperoleh dari program SAP 2000

$$C_b = 1,692$$

f. Untuk $L_b < L_p$, maka $M_n = M_p$

$$M_n = M_p$$

$$= 3553,81 \text{ Kn}$$

Karena $M_n = M_p$ maka Tidak terjadi LTB

Kuat Lentur Balok ditentukan oleh Kondisi Leleh :

$$M_c = \phi M_n = 0,9 \times 3553,81 = 3198,43 \text{ kNm}$$

Menghitung Persamaan Interaksi Gaya Aksial dan Momen Lentur, dengan nilai pr didapat dari perhitungan program SAP 2000

$$Pr = 1244,97$$

$$P_c \geq Pr$$

$$4856,89 \geq 1244,97$$

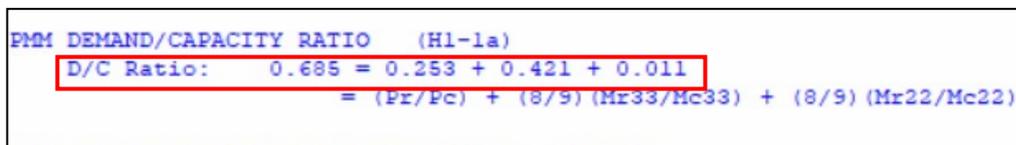
Dari perbandingan di atas kekuatan tersedia lebih besar dari kekuatan perlu, maka persyaratan kekuatan terpenuhi sehingga profil HWF 800 x 350 aman terhadap beban yang bekerja.

$$D/C \text{ Rasio} = \frac{P_r}{P_c} = \frac{1244,97}{4856,89} = 0,252 \geq 0,2$$

Jika $\frac{P_r}{P_c} > 0,2$ maka:

$$\begin{aligned} D/C \text{ Rasio} &= \frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1 \\ &= 0,252 + 0,421 + 0,011 \leq 1 \\ &= 0,684 \leq 1 \text{ (Aman)} \end{aligned}$$

Berikut adalah hasil output dari SAP 2000 dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 12 Hasil Output rasio SAP 2000

Karena Rasio pada Kolom profil Baja Kolom adalah 0,684 lebih kecil dari angka keamanan yang ditetapkan yaitu 1 maka profil baja HWF aman digunakan. Berdasarkan hasil analisis, rangkuman mengenai nilai rasio yang didapatkan dari profil struktur yang ditunjukkan pada Tabel 19 berikut ini.

Tabel 19 Rekapitulasi Nilai Rasio Penampang

Kode Elemen	Jenis	Profil Baja	Frame ID	Rasio
B1	Balok	H-WF 450 X 200	1240	0.483
B2	Balok	H-WF 440 X 300	1250	0.669
K1	Kolo m	H-WF 900 X 350	1056	0.334
K2	Kolo m	H-WF 800 X 350	730	0.685

3.4 Perhitungan Pondasi

Perhitungan pondasi pada Perancangan Ulang Struktur Tahan Gempa Gedung Fasilitas Pendidikan 10 Lantai Dengan Struktur Utama Portal Baja ini dapat di hitung Kapasitas Dukung Dari Data SPT. Analisis Kapasitas Dukung Tiang Pancang dengan Metode Meyerhoff diambil data dari sampel tanah di lokasi perencanaan pondasi.

Perancangan Pondasi Tiang Pancang Struktur Bangunan Gedung 10 Lantai ini menggunakan Tiang Pancang dengan diameter 0,4 m. Perhitungan perancangan sebagai berikut :

a. Kapasitas Dukung Ujung Tiang (Q_p)

$$\begin{aligned}A_p &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,4^2 \\ &= 0,1256 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}8D &= 8 \times 0,4 \\ &= 3,2 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}4D &= 4 \times 0,4 \\ &= 1,6 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Panjang Tiang (L)} &= 20 \text{ m} \\ \text{N-SPT rata-rata (Nb)} &= \end{aligned}$$

$$= 48,667$$

$$\begin{aligned}Q_p &= 40 \cdot N\text{-SPT}_{\text{rata}} \cdot (Lb/d) \cdot A_p \\ &= 40 \times 48,667 \times (20/0,4) \times 0,1256 \\ &= 12225,066 \text{ kN} \\ &= 1222,506 \text{ ton}\end{aligned}$$

b. Tahanan Selimut Tiang (Q_s)

$$\begin{aligned} A_s &= \pi \times D \times L \\ &= 3,14 \times 0,4 \times 20 \\ &= 25,12 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$Q_s = = = 24,45 \text{ kN} = 2,445 \text{ ton}$$

c. Daya Dukung Ultimate dan Allowable (Ijin)

$$\begin{aligned} \text{Berat Tiang (W)} &= A_p \times L \times \text{mutu beton} \\ &= 0,1256 \times 20 \times 350 \\ &= 879,2 \text{ kN} = 87,92 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_u &= Q_p + Q_s - W \\ &= 1222,506 + 24,45 - 87,92 \\ &= 1137,031 \text{ ton} \end{aligned}$$

Tabel 20 Nilai SF

Classification of Structure	Acceptable Probability of Failure	Design Factor of Safety			
		Good Control	Normal Control	Poor Control	Very Poor Control
Monumental	10^{-5}	2,3	3,0	3,5	4,0
Permanent	10^{-4}	2,0	2,5	2,8	3,5
Temporary	10^{-3}	1,4	2,0	2,3	2,8

Diambil nilai SF = 3 (normal control)

Maka :

$$\begin{aligned} Q_{all} &= Q_u / SF \\ &= 1137,031 / 3 \\ &= 379,01 \text{ ton} \end{aligned}$$

d. Kelompok Tiang

Kebutuhan Jumlah Tiang (N_p)

Diketahui Beban Aksial pada Program SAP 2000 sebesar 4813,761 kN atau 481,376 ton, maka $V = 481,376 \text{ ton}$.

$$N_p = = = 1,270085 \approx 2 \text{ Tiang}$$

e. Syarat Jarak Antar Tiang

$$2,5 D \leq S \leq 3D$$

Digunakan $S = 3 D$

$$\begin{aligned} S &= 3 \cdot D \\ &= 3 \cdot 0,4 = 1,2 \text{ m} \end{aligned}$$

f. Efisiensi Kelompok Tiang

$$E_g = 1 - \frac{\theta}{90^\circ} \left[\frac{(n-1)m + (m-1)n'}{m \cdot n'} \right]$$

$$= \text{arc tan } \frac{D}{S}$$

$$= \text{arc tan } \frac{40}{0,9} = 88,71$$

Jumlah baris $m = 2$

Jumlah tiang dalam 1 baris $n = 1$

$$E_g = 1 - 0,49$$

$$= 0,51 = 51\%$$

g. Cek Daya Dukung Kelompok Tiang (Trial & Error)

$$Q_{tk} = E_g \times N_p \times Q_{all}$$

$Q_{tk} = 0,51 \times 2 \times 379,01 = 386,59 < V$, dengan $V = 481,376$ (Tidak Aman) Karena penggunaan tiang pancang sebanyak 2 buah tidak aman maka direncanakan kembali dengan menggunakan 3 buah tiang, sehingga didapat :

$Q_{tk} = 0,51 \times 3 \times 379,01 = 579,886 > V$, dengan $V = 481,376$ ton (Aman) Karena nilai $Q_{tk} > V$. Maka penggunaan 3 buah tiang pancang adalah aman.

h. Beban yang Ditanggung Tiap Pile

$$= 160,458 < Q_{all} \rightarrow 160,458 < 379,01 \text{ ton}$$

Setiap pile menerima beban sebesar 160,458 ton dan termasuk dalam kategori aman karena tidak melebihi dari daya dukung yang diijinkan.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari Artikel yang berjudul “Perancangan Ulang Struktur Tahan Gempa Gedung Fasilitas Pendidikan 10 Lantai Dengan Struktur Utama Portal Baja” adalah sebagai berikut:

1. Kategori desain seismik bangunan Gedung Fasilitas Pendidikan 10 Lantai pada perancangan di Kota Kudus berdasarkan SNI 1726:2019 adalah kategori D.
2. Profil baja yang digunakan pada perancangan bangunan Gedung Fasilitas Pendidikan 10 Lantai adalah profil baja dengan jenis H-WF, menggunakan mutu baja BJ37 dan BJ50 .Ukuran dimensi yang dipakai pada balok sebesar 450 x 200 mm dan 440 x 300 mm. sedangkan dimensi kolom yang dipakai sebesar 900 x 350 mm dan 800 x 350 mm.
3. Jenis pondasi yang diterapkan dalam perancangan struktur bawah bangunan ini adalah Tiang Pancang berdiameter 0,4 m dan kedalaman 20 m.

UCAPAN TERIMA KASIH

Segala Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmatNya sehingga penulis dapat menyelesaikan Artikel dengan judul “Perancangan Ulang Struktur Tahan Gempa Gedung Fasilitas Pendidikan 10 Lantai

Dengan Struktur Utama Portal Baja” guna memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung.

Penulis menyadari kelemahan serta keterbatasan yang ada sehingga dalam menyelesaikan skripsi ini memperoleh bantuan dari berbagai pihak, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Abdul Rochim, ST., MT. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Bapak Muhamad Rusli Ahyar, ST., M. Eng. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang yang telah memberikan kelancaran pelayanan dalam urusan Akademik.
3. Bapak Ir. H. Prabowo Setiyawan, M.T., Ph. D. selaku Dosen Pembimbing Utama yang selalu memberikan waktu bimbingan dan arahan selama penyusunan skripsi ini.
4. Bapak Muhamad Rusli Ahyar, ST., M. Eng. selaku Dosen Pembimbing Pendamping yang selalu memberikan waktu bimbingan dan arahan selama penyusunan skripsi ini.
5. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Sipil UNISSULA yang telah memberikan ilmunya kepada penulis.
6. Semua pihak yang telah membantu dalam proses penyelesaian tugas akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan baik isi maupun susunannya. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat tidak hanya bagi penulis juga bagi para pembaca.

DAFTAR PUSTAKA

- A,B, Siswanto, and M, Afif Salim, n,d,-a, *KRITERIA DASAR PERENCANAAN STRUKTUR BANGUNAN TAHAN GEMPA*,
- Batu Lumban. (2016). Efisiensi Dinding Geser Untuk Mereduksi Efek Torsi Pada Bangunan Yang Tidak Beraturan, *Jurnal Sipil Statik*: Vol.4. No. 01.
- Hooda, Prince, Abhishek Sharma, and M, Tech Scholar. (2020). “SEISMIC DESIGN AND EARTHQUAKE RESISTANT BUILDINGS: A REVIEW,” *International Journal of Scientific Development and Research* 5.
- Ilmiah, Jurnal, and Semesta Teknika. (2016). *Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa Berlantai 4: Studi Kasus Gedung Baru Kampus I Universitas*

Teknologi Yogyakarta (The Planning of Four-Story Anti-Earthquake Reinforced Concrete Structure: Case Study of The New Buiding in Campus One of Universitas Teknologi Yogyakarta), Vol, 19.

Primadana dan Anwar. (2021). "Studi perencanaan Struktur Atas Bangunan Tahan Gempa Menggunakan Kolom dan Dinding Geser dengan Sistem SRPMK" [Tugas Akhir S1, UNISSULA].

Priyo Dhony. (2022). Analisis Struktur Bangunan Hotel Sato Kudus di Kota Kudus, *Jurnal of Civil Engineering and Technology Science*: Vol,01, No, 01, Page 7-16.

Putra dan Kasyidi. (2020). Perencanaan struktur jembatan senggoro "Baltimore Truss Vertical" menggunakan profil siku ganda [Tugas Akhir S1, UNISSULA].

Sharma, S, P,, and J, P, Bhandari. (2015). *Literature Review on the Seismic Performance of Multi-Storey Building with Different Locations of Shear Wall and Diagrid*, Vol, 6.

SNI 1726:2019. "Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung". Jakarta:Badan Standar Nasional.

SNI 1727:2020. "Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain". Jakarta:Badan Standar Nasional.

SNI 1729:2020. "Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural". Jakarta:Badan Standar Nasional.

Sodik, Ahmad Sobah Nurul, and Relly Andayani. "Pengaruh Penerapan SNI 1726: 2019 terhadap Desain Struktur Rangka Momen Beton Bertulang di Indonesia." *Jurnal Rekayasa Sipil* 17.1 (2021): 1-12.