

BAB V

ANALISIS BEBAN GEMPA

5.1. Analisis Beban Gempa Berdasarkan SNI 1726-2012

5.1.1. Kategori Resiko

Sesuai SNI 1726 - 2012, Gedung Kampus di Kota Palembang ini termasuk kedalam kategori resiko IV.

5.1.2. Faktor Keutamaan Gedung

Sesuai SNI 1726 - 2012, faktor keutamaan untuk bangunan dengan kategori resiko IV adalah 1,5.

5.1.3. Parameter Percepatan Batuan Dasar S_s dan S_1

Berdasarkan program desain spektra indonesia yang bisa diakses di alamat http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/ data yang dihasilkan adalah sebagai berikut :

- Parameter respon spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk periode pendek (S_s) = 0,262
- Parameter respon spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk periode 1,0 detik (S_1) = 0,164

5.1.4. Kelas Situs

Untuk mengetahui kelas situs pada suatu lokasi, harus melalui perhitungan nilai N SPT. Nilai perhitungan N SPT pada lokasi gedung kampus yang akan dibangun ditunjukkan dalam tabel 4.1.

Tabel 5.1 Perhitungan Nilai N SPT

No	Kedalaman	Tebal (d)	N SPT	N' = (d)/(N SPT)	$\Sigma N'$	$\bar{N} = \Sigma d / \Sigma N'$
1	0,00-2,00	2	1	2	5,5087	5,4459312
2	2,00-4,00	2	1	2		
3	4,00-6,00	2	5	0,4		
4	6,00-7,00	1	5	0,2		
5	7,00-8,00	1	5	0,2		
6	8,00-10,00	2	13	0,153846154		
7	10,00-12,00	2	25	0,08		
8	12,00-13,00	1	19	0,052631579		
9	13,00-14,00	1	26	0,038461538		
10	14,00-16,00	2	25	0,08		
11	16,00-18,00	2	38	0,052631579		
12	18,00-19,00	1	34	0,029411765		
13	19,00-20,00	1	36	0,027777778		
14	20,00-22,00	2	33	0,060606061		
15	22,00-24,00	2	60	0,033333333		
16	24,00-25,00	1	60	0,016666667		
17	25,00-26,00	1	60	0,016666667		
18	26,00-28,00	2	60	0,033333333		
19	28,00-29,00	1	60	0,016666667		
20	29,00-30,00	1	60	0,016666667		

Dari hasil perhitungan, didapatkan nilai tes penetrasi standar rata-rata $\bar{N} = 5,445$. Sesuai SNI 1726-2012, kelas situs lokasi pembangunan adalah SE (tanah lunak)

5.1.5. Koefisien Situs F_a dan F_v

Berdasarkan program desain spektra indonesia yang bisa diakses di alamat http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/ dengan kelas situs tanah lunak (SE) didapatkan nilai :

- $F_a = 2,462$
- $F_v = 3,309$

5.1.6. Parameter Percepatan Spektral Respons pada Periode Pendek (S_{MS}) dan Periode 1 Detik (S_{M1}) Berdasarkan MCE_R

Menurut SNI 1726-2012, koefisien situs dan parameter respon spektral percepatan gempa maksimum ditentukan dengan persamaan :

$$S_{MS} = F_a \cdot S_S = 2,462 \cdot 0,262 = 0,645$$

$$S_{M1} = F_v \cdot S_1 = 3,309 \cdot 0,164 = 0,542$$

5.1.7. Parameter Percepatan Spektral Respons Rencana pada Periode Pendek (S_{DS}) dan Periode 1 Detik (S_{D1})

Berdasarkan SNI 1726-2012, nilai S_{DS} dan S_{D1} diperoleh dari perhitungan:

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \cdot S_{MS} = \frac{2}{3} \cdot 0,645 = 0,43$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \cdot S_{M1} = \frac{2}{3} \cdot 0,542 = 0,361$$

5.1.8. Kategori Desain Seismik (KDS)

Hal yang menjadi pertimbangan untuk menentukan kategori desain seismik (KDS) adalah S_{DS} dan S_{D1} , dan kategori bangunan tersebut berdasarkan SNI 1726-2012 adalah:

- Nilai $S_{DS} = 0,43$ dengan kategori resiko gedung IV, didapatkan Nilai KDS = D
- Nilai $S_{D1} = 0,361$ dengan kategori resiko gedung IV, didapatkan Nilai KDS = D
- Dari kedua nilai KDS tersebut, dapat disimpulkan KDS akhir D

5.1.9. Pemilihan Sistem Struktur

Perancangan gedung kampus ini memilih sistem struktur, Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Sesuai SNI 1726-2012 untuk SRPMK didapat nilai

- Koefisien Modifikasi Respon $R^a = 8$
- Faktor Kuat Lebih Sistem $\Omega_o^g = 3$

- Faktor Pembesaran Defleksi $C_d^b = 5,5$
- Untuk sistem struktur D tidak dibatasi ketinggian strukturnya (TB)

5.1.10. Desain Respon Spektrum

Nilai T_0 dan T_S ditentukan sebagai berikut :

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,2 \cdot \frac{0,361}{0,43} = 0,1679$$

$$T_S = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0,361}{0,43} = 0,8395$$

Nilai T_0 dan T_S tersebut dimasukkan kedalam tabel yang akan digunakan untuk membuat grafik respon spektrum yang di input ke dalam pogram ETABS.

5.1.11. Periode Fundamental Struktur

Waktu getar alami fundamental yang didapat dari analisis dengan software ETABS adalah :

$$T_x = 1,3794 \text{ s}$$

$$T_y = 1,3122 \text{ s}$$

Hasil dari analisis tersebut harus diperiksa dengan periode yang dihitung (C_u) dan periode fundamental pendekatan (T_a).

Koefisien untuk C_u ditentukan oleh S_{D1} adalah 1,4 , dan untuk koefisien T_a ditentukan oleh sistem struktur yang menahan gaya lateral gedung . Berdasarkan SNI 1726-2012 untuk rangka beton pemikul momen nilai $C_t = 0,0466$ dan nilai $x = 0,9$. Kemudian perhitungan T_a adalah sebagai berikut :

$$T_{a \text{ min}} = C_t \cdot h_n^x = 0,0466 \times (45)^{0,9} = 1,4331$$

$$T_{a \text{ maks}} = C_u \cdot T_a = 1,4 \times 1,4331 = 2,0063$$

Hasil akhir :

$T_{a \text{ min}}$	= 1,4331 s
$T_x \text{ comp}$	= 1, 3794 s
$T_y \text{ comp}$	= 1, 3122 s
$T_{a \text{ maks}}$	= 2,0063 s

Syarat :

Jika $T_{comp} > C_u \cdot T_a$, gunakan $C_u \cdot T_a$

Jika $T_{a\ min} < T_x\ comp < C_u \cdot T_a$, gunakan T_{comp}

Jika $T_{comp} < T_{a\ min}$, gunakan $T_{a\ min}$

$$\begin{array}{ccc} \boxed{T_{a\ min} = 1,4331} & > & \boxed{T_{a\ hit\ x} = 1,3794} & < & \boxed{T_{a\ max} = 2,0063} \\ \boxed{T_{a\ min} = 1,4331} & > & \boxed{T_{a\ hit\ y} = 1,3122} & < & \boxed{T_{a\ max} = 2,0063} \end{array}$$

Jadi gunakan $T_{a\ min} = 1,4431\ s$

5.1.12. Koefisien Respon Seismik

$$C_s\ hit\ x = \frac{S_{D1}}{T_x \left(\frac{R}{I_e} \right)} = \frac{0,361}{1,3794 \left(\frac{8}{1,5} \right)} = 0,0490$$

$$C_s\ hit\ y = \frac{S_{D1}}{T_x \left(\frac{R}{I_e} \right)} = \frac{0,361}{1,3122 \left(\frac{8}{1,5} \right)} = 0,0518$$

$$C_s\ maks = \frac{S_{Ds}}{\left(\frac{R}{I_e} \right)} = \frac{0,43}{\left(\frac{8}{1,5} \right)} = 0,0806$$

$$\begin{aligned} C_s\ min &= 0,044 \cdot S_{DS} \cdot I_e \geq 0,01 \\ &= 0,044 \cdot 0,43 \cdot 1,5 \\ &= 0,0283 \geq 0,01 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil hitungan

$$C_s - x = 0,0490$$

$$C_s - y = 0,0518$$

$$C_s\ min = 0,0283$$

$$\boxed{C_s\ min = 0,0283} < \boxed{C_s\ hit\ x = 0,0490} < \boxed{C_s\ max = 0,0806}$$

$$Cs \text{ min} = 0,0283$$

<

$$Cs \text{ hit } y = 0,0518$$

<

$$Cs \text{ max} = 0,0806$$

5.1.13. Geser Dasar Seismik

Geser dasar seismik dihitung oleh program, dengan memasukkan berat jenis beton pada awal pengerjaan, yaitu $\gamma_{\text{beton}} = 24 \text{ KN/m}^3$

5.1.14. Berat Total Struktur Gedung

Berat total bangunan yang dihasilkan dari perhitungan ETABS sebagai berikut

Tabel 5.2 Tabel Berat Bangunan

Lantai	Berat (kN)
Atap lift	292,938
Atap	6885,566
9	8914,464
8	9099,25
7	9284,036
6	9284,036
5	9284,036
4	9495,22
3	9706,404
2	9706,404
1	9609,874

5.1.15. Partisipasi Massa

Berdasarkan pasal 7.9.1 SNI 1726:2012 analisis harus dilakukan untuk menentukan ragam getar alami suatu struktur. Analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar paling sedikit 90% dari massa aktual dalam masing-masing arah horizontal ortogonal dari respon yang ditinjau oleh model

Tabel 5.3 Tabel Partisipasi Massa

Mode	Period	UX	UY	RZ	SumUX	SumUY
1	1,379423	80,6371	0,0092	0,2858	80,6371	0,0092
2	1,312238	0,0397	77,0115	3,8189	80,6768	77,0208
3	1,177087	0,2259	3,8532	77,5558	80,9026	80,874
4	0,459657	10,7997	0,0039	0,0383	91,7023	80,8778
5	0,438547	0,0147	10,7338	0,4534	91,717	91,6116
6	0,39604	0,0474	0,4557	10,1953	91,7645	92,0673
7	0,262772	3,6375	0,0074	0,0232	95,4019	92,0748
8	0,251219	0,0142	3,4576	0,1601	95,4161	95,5324
9	0,229248	0,0204	0,1346	3,2856	95,4366	95,6669
10	0,176526	1,8904	0,0042	0,0091	97,327	95,6712
11	0,169981	0,0063	1,7836	0,0801	97,3332	97,4548
12	0,156931	0,0058	0,051	1,6375	97,339	97,5058
13	0,130418	1,0198	0,0009	0,0003	98,3588	97,5066
14	0,126053	0,003	1,0032	0,0014	98,3619	98,5098
15	0,120474	0,0045	0,0045	0,8223	98,3664	98,5143
16	0,108687	0,3415	0,0395	0,0089	98,708	98,5538
17	0,102924	0,0249	0,2227	0,3232	98,7329	98,7764
18	0,098103	0,1152	0,2193	0,1912	98,8481	98,9957
19	0,094235	0,2785	0,1222	0,0073	99,1267	99,118
20	0,085627	0,001	0,0291	0,2332	99,1277	99,1471

5.1.16. Simpangan Antar Lantai Ijin

Simpangan antar lantai yang diijinkan untuk struktur rangka pemikul momen khusus adalah ($\Delta a/\rho$). Dengan uraian sebagai berikut :

Gedung yang digunakan untuk gedung sekolah dan fasilitas pendidikan termasuk dalam kategori resiko bangunan gedung IV , maka nilai faktor keutamaannya sama dengan 1,5. Kategori desain seismik D, maka faktor

redundansi (ρ) adalah 1,3. Jenis struktur yang dipilih adalah SRPMK, Maka faktor amplifikasi defleksi (C_d) adalah 5,5. Kategori resiko IV, simpangan antar lantai ijin (Δ_a) adalah $0,010h_{sx}$.

Contoh perhitungan simpangan antar lantai

1. Arah x

$$\begin{aligned}
 C_d &= 5,5 \\
 I_e &= 1,5 \\
 H_{sx} &= 4000\text{mm} \\
 \Delta_a &= 0,010 h_{sx} \\
 \delta_x \text{ lantai atap} &= 44,2255 \\
 \delta_x \text{ lantai 9} &= 42,9045 \\
 \Delta_e &= 44,2255 - 42,9045 \\
 &= 1,321 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Simpangan lantai atap,

$$\begin{aligned}
 &= \frac{C_d \Delta_e}{I_e} \\
 &= \frac{5,5 \times 1,321}{1,5} \\
 &= 4,8436
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 (\Delta_a / \rho) &= \frac{0,010 \times 4000}{1,5} \\
 &= 26,26
 \end{aligned}$$

2. Arah y

$$\begin{aligned}
 C_d &= 5,5 \\
 I_e &= 1,5 \\
 H_{sx} &= 4000\text{mm} \\
 \Delta_a &= 0,010 h_{sx} \\
 \delta_x \text{ lantai atap} &= 38,7331 \\
 \delta_x \text{ lantai 9} &= 37,0407
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta_e &= 38,7331 - 37,0407 \\ &= 1,6924 \text{ mm}\end{aligned}$$

Simpangan lantai atap,

$$\begin{aligned}&= \frac{Cd\Delta_e}{I_e} \\ &= \frac{5,5 \times 1,6924}{1,5} \\ &= 6,2054 \\ (\Delta_a/\rho) &= \frac{0,010 \times 4000}{1,5} \\ &= 26,66\end{aligned}$$

Tabel 5.4 Tabel Simpangan Antar Lantai Arah X

Lantai	h_{sx}	δ_e	Δ_e (mm)	Simp. Lantai Cd. Δ_e/p	Simp. ijin Δ_a/p
Atap lift	4000	44,2255	1,321	4,843666667	26,66667
Atap	4000	42,9045	1,7666	6,477533333	26,66667
9	4000	41,1379	2,9432	10,79173333	26,66667
8	4000	38,1947	3,5344	12,95946667	26,66667
7	4000	34,6603	4,2976	15,75786667	26,66667
6	4000	30,3627	4,9284	18,0708	26,66667
5	4000	25,4343	5,4058	19,82126667	26,66667
4	4000	20,0285	5,2547	19,26723333	26,66667
3	4000	14,7738	5,3524	19,62546667	26,66667
2	4000	9,4214	5,1674	18,94713333	26,66667
1	5000	4,254	4,254	15,598	33,33333

Tabel 5.5. Tabel Simpangan Antar Lantai Arah Y

Lantai	h_{sx}	δ_e	Δ_e (mm)	Simp. Lantai Cd. Δ_e/p	Simp. ijin Δ_a/p
Atap lift	4000	38,5113	-0,2218	-0,81326667	26,66667
Atap	4000	38,7331	1,6924	6,205466667	26,66667
9	4000	37,0407	2,7426	10,0562	26,66667
8	4000	34,2981	3,2496	11,9152	26,66667
7	4000	31,0485	3,906	14,322	26,66667
6	4000	27,1425	4,4407	16,28256667	26,66667
5	4000	22,7018	4,8305	17,71183333	26,66667
4	4000	17,8713	4,6469	17,03863333	26,66667
3	4000	13,2244	4,7201	17,30703333	26,66667
2	4000	8,5043	4,5749	16,77463333	26,66667
1	5000	3,9294	3,9294	14,4078	33,33333

Berdasarkan hasil perhitungan dan ketentuan yang berlaku, simpangan arah x dan arah y yang terjadi pada setiap lantai < simpangan ijin.....(OK)

5.1.17. Analisis Beban Gempa Dasar

$$T_{a \text{ min}} = 1,4331 \text{ s}$$

$$T_x \text{ comp} = 1,3794 \text{ s}$$

$$T_y \text{ comp} = 1,3122 \text{ s}$$

$$T_{a \text{ maks}} = 2,0063 \text{ s}$$

$$T = 0,5 \text{ nilai } k = 1$$

$$T = 2,5 \text{ nilai } k = 2$$

Nilai k untuk $T_x = 1,3794$ nilai k dicari dengan interpolasi

$$k = 1 - \frac{1,3794 - 0,5}{2,5 - 0,5} \times (1 - 2)$$

$$= 1,4397$$

Nilai k untuk $T_y = 1,3494$ nilai k dicari dengan interpolasi

$$k = 1 - \frac{1,3122 - 0,5}{2,5 - 0,5} \times (1 - 2)$$

$$= 1,4061$$

5.1.18 Distribusi Vertikal Gaya Gempa

$$C_s - x = 0,0490$$

$$C_s - y = 0,0518$$

$$V_x = C_s \cdot W_t = 0,0490 \cdot 91563,228$$

$$= 4486,5981$$

$$V_y = C_s \cdot W_t = 0,0518 \cdot 91563,228$$

$$= 4742,9752$$

Tabel 5.6 Tabel Distribusi Gempa Pada Tiap Lantai Arah x

Lantai	tinggi	Berat (kN)	Wh ^k	Wh ^k / ΣWh ^k = (C _{vx})	F _x = C _v · V	V _x
Atap Lift	45	293,938	70531,93375	0,008119279	36,42794	36,42794
Atap	41	6885,566	1444989,076	0,166339816	746,2999	782,7278
10	37	8914,464	1613746,293	0,185766292	833,45869	1616,187
9	33	9099,25	1397044,103	0,160820634	721,53755	2337,724
8	29	9284,036	1183453,541	0,136233172	611,22349	2948,948
7	25	9284,036	955764,8319	0,110022802	493,62809	3442,576
6	21	9284,036	743594,0987	0,085598783	384,04734	3826,623
5	17	9495,22	561025,167	0,064582373	289,75515	4116,378
4	13	9706,404	389764,7936	0,044867747	201,30355	4317,682
3	9	9706,404	229552,1181	0,026424876	118,5578	4436,24
2	5	9609,874	97504,53347	0,011224228	50,358598	4486,598
Total		91563,228	8686970,49	1	4486,5981	

Tabel 5.7 Tabel Distribusi Gempa Pada Tiap Lantai Arah y

Lantai	tinggi	Berat (kN)	Wh^k	$Wh^k / \Sigma Wh^k = (C_{vy})$	$F_y = C_v \cdot \frac{V}{V}$	V_y
Atap Lift	45	293,938	62063,72679	0,007989374	37,893402	37,8934
Atap	41	6885,566	1275484,033	0,164191216	778,75487	816,6483
10	37	8914,464	1429366,764	0,184000318	872,70895	1689,357
9	33	9099,25	1242190,056	0,159905331	758,42702	2447,784
8	29	9284,036	1056853,137	0,136047177	645,26839	3093,053
7	25	9284,036	857788,5839	0,110421885	523,72826	3616,781
6	21	9284,036	671288,7456	0,08641403	409,8596	4026,64
5	17	9495,22	510081,1329	0,065662007	311,43327	4338,074
4	13	9706,404	357580,7338	0,046030851	218,32319	4556,397
3	9	9706,404	213215,4916	0,027446922	130,18007	4686,577
2	5	9609,874	92371,80212	0,011890889	56,39819	4742,975
Total		91563,228	7768284,207	1	4742,9752	