

LAMPIRAN

Lampiran 1 Preliminary Design

1. Pendimensionian balok

- Balok untuk bentang 2-4m

$$h = \frac{L}{12} = \frac{4000}{12} = 33,3\text{cm} \approx 40 \text{ cm}$$

$$b = \frac{h}{2} = 20 \text{ cm}$$

- Balok untuk bentang 4-6m

$$h = \frac{L}{12} = \frac{6000}{12} = 50 \text{ cm}$$

$$b = 25 \text{ cm}$$

- Balok untuk bentang 6-8m

$$h = \frac{L}{12} = \frac{8000}{12} = 70 \text{ cm}$$

$$b = 35 \text{ cm}$$

- Balok untuk bentang 8-10m

$$h = \frac{L}{12} = \frac{10000}{12} = 85 \text{ cm}$$

$$b = 45 \text{ cm}$$

Tabel L1.1 merupakan hasil keluaran perangkat lunak ETABS untuk desain penulangan balok.

Tabel L1.1 Preliminary design balok

Balok	Tulangan Lentur		Tulangan Geser	
	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan
B20/40	3D19	2D19	D10-200	D10-100
B25/50	3D19	2D19	D10-200	D10-100
B35/70	6D19	4D19	D10-200	D10-100
B45/85	8D22	5D22	D10-200	D10-100

2. Penentuan tebal pelat

- Untuk penelitian ini diambil tebal pelat 14 cm, maka panjang panel maksimum adalah :

$$h = \ln y \left(\frac{0,8 + \frac{fy}{1500}}{36 + 9} \right)$$

$$140 = \ln y \left(\frac{0,8 + \frac{240}{1500}}{36 + 9} \right)$$

$$\ln y = 6562,5 \text{ mm} = 6,562 \text{ m}$$

- Pembebanan pelat

$$q \text{ pelat} = 0,14 \cdot 2400 = 336 \text{ kg/m}^2$$

$$q \text{ SDL} = 150 \text{ kg/m}^2$$

$$q \text{ LL} = 250 \text{ kg/m}^2$$

$$q \text{ total} = 1,2 q \text{ DL} + 1,6 q \text{ LL}$$

$$= 1,2 \cdot (336 + 150) + 1,6 \cdot (250)$$

$$= 983,2 \text{ kg/m}^2$$

- Gaya Dalam Pelat

Berdasarkan Tabel PBI'71 dimana $I_y/I_x = 7/6 = 1,167 \approx 1,2$

$$Ml_x = -Mt_x = 0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$$

$$= 0,001 \cdot 983,2 \cdot 6^2 \cdot 46 = 1628,2 \text{ kg/m}^2$$

$$Ml_y = -Mt_y = 0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$$

$$= 0,001 \cdot 983,2 \cdot 6^2 \cdot 38 = 1345,0 \text{ kg/m}^2$$

- Penulangan Pelat

Arah X

$$As = \frac{Mn'}{\Phi \cdot fy \cdot jd}$$

$$As = \frac{16282000'}{0,8 \cdot 400 \cdot 0,9 \cdot 140} = 673,03 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ 1d10} = 0,79 \text{ cm}^2$$

$$s = \frac{0,79'}{6,7303} = 0,117 \text{ cm, ambil } s = 10 \text{ cm}$$

Sehingga penulangan pelat untuk arah x digunakan d10-100

Arah Y

$$As = \frac{13450000'}{0,8 \cdot 400 \cdot 0,9 \cdot 140} = 555,97 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ 1d10} = 0,79 \text{ cm}^2$$

$$s = \frac{0,79'}{5,5597} = 0,142 \text{ cm, ambil } s = 10 \text{ cm}$$

Penulangan pelat digunakan d10-100 untuk arah y.

Tabel L1.2 memperlihatkan tulangan pelat yang dipakai untuk arah x dan y.

Tabel L1.2 Preliminary design pelat

Pelat (14cm)	Tulangan
Arah X	D10-100
Arah Y	D10-100

3. Preliminary Design Kolom

Pembebanan lantai 1-5 :

- Berat pelat lantai : Tebal pelat x γ beton x luas pelat
 : $(0.14 \times 2400) \times (6,6 \times 6,6)$
 : $14.636,16 \text{ kg} \times 5$
 : $73.180,8 \text{ kg}$
- Berat balok lantai : (luas balok x panjang) x γ beton
 : $\{1/2(0.45 \times 0.85) \times (6,6+6,6)\} \times 2400$
 : $6.058,8 \text{ kg} \times 5$
 : 30.294 kg
- SDL : W.SDL x luas pelat
 : $(150) \times (6,6 \times 6,6)$
 : $6.534 \text{ kg} \times 5$
 : 32.670 kg
- LL : Beban lantai x luas pelat
 : $250 \times (6,6 \times 6,6)$
 : $10.890 \text{ kg} \times 5$
 : 54.450 kg

Sehingga jumlah beban diperoleh sebagai berikut:

$$\Sigma D = 190.594,8 \text{ kg} = 1.905.948 \text{ N}$$

Kolom harus kuat menahan beban mati dengan 40% kekakuan tekannya (SNI – 1726 – 2002).

$$A \geq \frac{\Sigma D}{40\% \times 0.85 \times f'c'}$$

$$A \geq \frac{1.905.948}{40\% \times 0.85 \times 30}$$

$$A \geq 186.857,65 \text{ mm}^2$$

Dimensi kolom yang dicoba : 75/75

$$\text{Cek : } A \geq 186.857,65 \text{ mm}^2$$

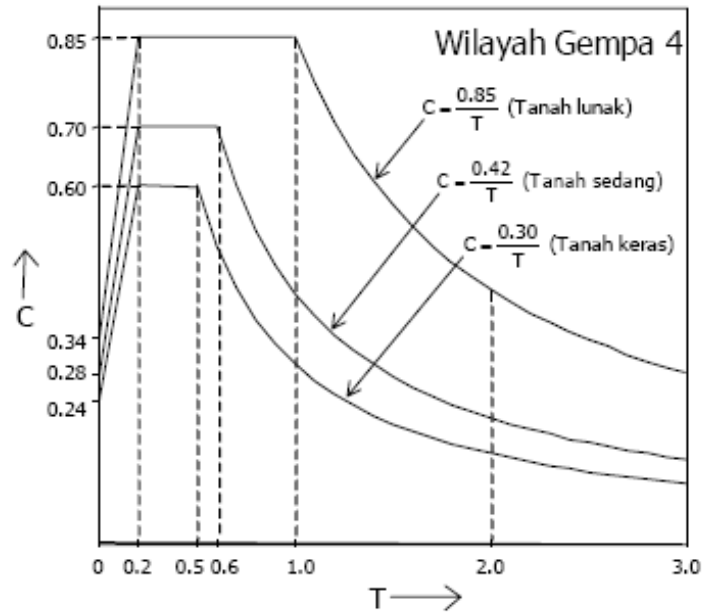
$$(750 \times 750) \geq 186.857,65 \text{ mm}^2$$

$$562.500 \text{ mm}^2 \geq 186.857,65 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{Ok!}$$

- Penulangan kolom, diasumsikan menggunakan tulangan 12D25, $f'c = 30$ MPa, $f_y = 400$ MPa.

Lampiran 2 Analisis Bangunan Tahan Gempa

Model struktur yang digunakan berada di wilayah gempa 4 dengan jenis tanah keras di Indonesia (Gambar L.2.1).



Gambar L.2.1 Koefisien Dasar Gempa C

Model struktur yang digunakan berfungsi sebagai apartemen, sesuai pasal 4.1.2 SNI 1726-2002, menggunakan faktor keutamaan (I) = 1 (Tabel L.2.1).

Tabel L.2.1 Faktor Keutamaan I untuk berbagai kategori gedung dan bangunan

Kategori Gedung	Faktor Keutamaan		
	I1	I2	I3
Gedung umum seperti untuk perumahan, perniagaan dan perkantoran.	1,0	1,0	1,0
Monumen dan bangunan monumental	1,0	1,6	1,6
Gedung penting pasca gempa seperti rumah sakit, instalasi air bersih, pembangkit tenaga listrik, pusat penyelamatan dalam keadaan darurat, fasilitas radio dan televise.	1,4	1,0	1,4
Gedung untuk menyimpan bahan berbahaya seperti gas, produk minyak bumi, asam, bahan beracun.	1,6	1,0	1,6
Cerobong, tanki diatas menara.	1,5	1,0	1,5

Langkah selanjutnya melakukan analisis statik ekuivalen untuk perhitungan gedung tahan gempa. Tabel L.2.2 merupakan hasil analisis vibrasi bebas hasil keluaran perangkat lunak ETABS.

A. Analisis Statik Ekuivalen

Tabel L.2.2 Analisis vibrasi bebas

Mode	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
1	1.821984	2.4601	76.4943	0	2.4601	76.4943	0	94.2349	3.0291	1.6675	94.2349	3.0291	1.6675
2	1.762084	46.8409	4.1286	0	46.301	80.6237	0	5.0785	66.2969	31.0005	99.3114	59.326	32.668
3	1.662401	32.6704	0	0	80.9714	80.6237	0	0	39.9384	48.1849	99.3114	99.2644	80.8329
4	0.531101	0.3623	9.6239	0	81.3337	90.1476	0	0.2186	0.0093	0.2394	99.53	99.2737	81.0723
5	0.517667	5.6918	0.6024	0	87.0255	90.75	0	0.0162	0.1583	3.7419	99.5451	99.432	84.8141
6	0.487202	3.9666	0	0	90.9941	90.75	0	0	0.1065	6.1045	99.5451	99.5405	90.9187
7	0.293612	0.2071	3.5919	0	91.2012	94.3419	0	0.3781	0.0224	0.1182	99.9233	99.6629	91.0368
8	0.28872	2.2646	0.3244	0	93.4858	94.6663	0	0.0347	0.2481	1.2614	99.958	99.811	92.2983
9	0.271721	1.3599	0	0	94.8256	94.6663	0	0	0.1491	2.4787	99.958	99.9601	94.777
10	0.197696	0.6906	1.7956	0	95.5062	96.4618	0	0.0016	0.0003	0.3238	99.9596	99.9604	95.1008
11	0.196646	1.1836	1.0188	0	96.6899	97.4786	0	0.0007	0.0003	0.5649	99.9603	99.9607	96.6657
12	0.18661	0.8756	0	0	97.5664	97.4786	0	0	0.0002	1.8573	99.9603	99.961	97.523
13	0.14693	1.6348	0.0092	0	99.2002	97.4878	0	0.0002	0.0277	0.6734	99.9604	99.9606	98.1964
14	0.144421	0.0051	2.347	0	99.2052	99.8348	0	0.0395	0.0001	0.0032	100	99.9887	98.1996
15	0.137646	0.6663	0.0001	0	99.8716	99.8349	0	0	0.0112	1.6654	100	100	99.866

Dari Tabel L2.2 diperoleh waktu getar sebagai berikut:

$$T_x = 1,7620 \text{ det}$$

$$T_y = 1,8219 \text{ det}$$

Pola ragam gerak:

$$\text{Mode 1} = \text{Dominan translasi arah y (76,4943\%)}$$

$$\text{Mode 2} = \text{Dominan translasi arah x (45,8409\%)}$$

$$\text{Mode 3} = \text{Dominan translasi arah x (32,6704\%)}$$

Respon total partisipasi massa:

$$U_x = 99,8716\%$$

$$U_y = 99,8349\%$$

$$R_z = 99,865\%$$

Hasil respon total partisipasi massa telah memenuhi syarat partisipasi massa ragam efektif minimum adalah 90% (SNI – 1726 – 2002).

- Besarnya *base shear* struktur V_b , berdasarkan SNI 03-1726-2002

Untuk arah X (Tabel L2.3):

$$V_{b,x} = \frac{C \cdot I}{R} W_{t,x}$$

Tabel L2.3 Base shear untuk arah X

Story	Massa	Wix	C	I	R	Vb x (kg)
Atap	1330724.5	13054407.81				
5	1489798.1	14614919.58				
4	1512255.5	14835226.91				
3	1541820.8	15125262.48	0.170252	1	8,5	1754220.41
2	1541698.7	15124064.48				
1	1511399	14826824.15				
Total	Wt =	87580705.41				

Untuk arah Y (Tabel L2.4):

$$V_{b,y} = \frac{C.I}{R} W_{t,y}$$

Tabel L2.4 Base shear untuk arah Y

Story	Massa	Wiy	C	I	R	Vb y (kg)
Atap	1330724.5	13054407.81				
5	1489798.1	14614919.58				
4	1512255.5	14835226.91				
3	1541820.8	15125262.48	0.164656	1	8,5	1696548.22
2	1541698.7	15124064.48				
1	1511399	14826824.15				
Total	Wt =	72965785.83				

Gaya gempa rencana dihitung dengan menggunakan statik ekuivalen, sesuai pasal 6.1.3 SNI 03-1726-2002, yaitu :

Untuk arah X (Tabel L2.5):

$$F_x = \frac{W_i \cdot z_i}{\sum_{i=1}^n W_i \cdot z_i} \cdot V_{b,x}$$

Tabel L2.5 Gaya gempa untuk arah X

Story	Massa	Wix	C	I	R	Vb x (kg)	Zi (m)	Wix.Zi	Fx (kg)
Atap	1330724.5	13054407.81					27,6	360301655.6	471309.66
5	1489798.1	14614919.58					23,4	341989118.2	447355.07
4	1512255.5	14835226.91					19,2	284836356.7	372593.7
3	1541820.8	15125262.48	0.1703	1	8,5	1754220.41	14,2	214778727.2	280951.49
2	1541698.7	15124064.48					9,2	139141393.2	182010.49
1	1511399	14826824.15					4,2	62272661.42	81458.706
Total	Wt =	87580705.41						1341047251	1754220.4

Untuk arah Y (Tabel L2.6):

$$F_y = \frac{W_i \cdot z_i}{\sum_{i=1}^n W_i \cdot z_i} \cdot V_{b,y}$$

Tabel L2.6 Gaya gempa untuk arah Y

Story	Massa	Wiy	C	I	R	Vb y	Zi (m)	WiyZi	Fy (kg)
Atap	1330724.5	13054407.81					27,6	360301655.6	455814.76
5	1489798.1	14614919.58					23,4	341989118.2	432647.72
4	1512255.5	14835226.91					19,2	284836356.7	360344.21
3	1541820.8	15125262.48	0.1647	1	8,5	1696548.22	14,2	214778727.2	271714.86
2	1541698.7	15124064.48					9,2	139141393.2	176026.67
1	1511399	14826824.15					4,2	62272661.42	78780.649
Total	Wt =	72965785.83						1341047251	1696548.2

Waktu getar fundamental dihitung sesuai dengan pasal 6.2.1 SNI 03-1726-2002, yaitu :

$$T = 6,3 \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n W_i \cdot d_i^2}{g \cdot \sum_{i=1}^n F_i \cdot d_i}}$$

Hasil waktu getar fundamental untuk arah x dan y dapat dilihat pada Tabel L2.7 dan L2.8.

Tabel L2.7 Waktu getar fundamental untuk arah X

Story	Diaphragm	Load	di,x (m)	Wi,x	Fix	Wix.di,x^2	Fix.di,x	Tx (det)
Atap	D1	EQX	0.0244	13054408	471309.7	7772.0722	11499.9556	
5	D1	EQX	0.0229	14614920	447355.1	7664.2100	10244.4312	
4	D1	EQX	0.0203	14835227	372593.7	6113.4487	7563.6520	
3	D1	EQX	0.0153	15125262	280951.5	3540.6727	4298.5578	1.7373
2	D1	EQX	0.0092	15124064	182010.5	1280.1008	1674.4965	
1	D1	EQX	0.0029	14826824	81458.71	124.6936	236.2302	
Total						26495.1980	35517.3234	

Tabel L2.8 Waktu getar fundamental untuk arah Y

Story	Diaphragm	Load	di,x (m)	Wi,y	Fiy	Wiy.di,y^2	Fiy.di,y	Ty (det)
Atap	D1	EQY	0.0261	13054408	455814.8	8892.7931	11896.7653	
5	D1	EQY	0.0245	14614920	432647.7	8772.6055	10599.8691	
4	D1	EQY	0.0216	14835227	360344.2	6921.5235	7783.4350	
3	D1	EQY	0.0163	15125262	271714.9	4018.6310	4428.9522	1.8247
2	D1	EQY	0.0097	15124064	176026.7	1423.0232	1707.4587	
1	D1	EQY	0.0031	14826824	78780.6	142.4858	244.2200	
Total						30171.0621	36660.7003	

Berdasarkan pasal 6.2.2 SNI 03-1726-2002, hasil analisis vibrasi bebas 3 dimensi, nilainya tidak boleh menyimpang lebih dari 20% dari nilai yang dihitung menurut pasal 6.2.1

Untuk batas maksimum:

$$T_x = 1,2 \times T_x(\text{Ray}) = 1,2 \times 1,7373\text{det} = 2,0848\text{det}$$

$$T_y = 1,2 \times T_y(\text{Ray}) = 1,2 \times 1,322\text{det} = 2,1896\text{det}$$

$$\rightarrow T_x \text{ struktur } (1,7620\text{det}) < T_x \text{ maks } (2,0848\text{det})$$

$$\rightarrow T_y \text{ struktur } (1,8219\text{det}) < T_y \text{ maks } (2,1896\text{det})$$

Waktu getar struktur masih memenuhi persyaratan gempa yang ada.

B. Analisis Respon Spektrum

- Sudut arah pembebanan gempa

Tabel L2.9 Analisis respon spektrum

Spec	Mode	Dir	F1	F2	F3	M1	M2	M3
SPEC1	1	U1	83554.38	-465919.5	0	9247690.17	1658004.418	-601584.25
SPEC1	2	U1	1611568.84	483691.86	0	-9590343.02	31937080.68	-12209286.00
SPEC1	3	U1	1225463.75	-335.59	0	8474.72	24229771.82	-9258712.66
SPEC1	4	U1	22395.89	-114826	0	-311065.31	-64311.927	-156180.02
SPEC1	5	U1	351838.6	114460.98	0	324820.71	-1049223.249	-2518745.79
SPEC1	6	U1	245321.56	-95.61	0	-805.36	-725409.046	-1754371.44
SPEC1	7	U1	12801.97	-53314.87	0	309348.41	75297.41	-95750.82
SPEC1	8	U1	139985.04	52978.62	0	-309928.88	828531.066	-1099733.13
SPEC1	9	U1	84060.27	-188.89	0	1106.61	497817.26	-657657.68
SPEC1	10	U1	41781.46	-67861.86	0	35913.60	14507.171	-300520.26
SPEC1	11	U1	72431.14	67132.67	0	-31866.13	21846.966	-526918.19
SPEC1	12	U1	51781.81	74.35	0	-298.35	14550.015	-375102.84
SPEC1	13	U1	84662.96	-6348.9	0	14687.36	197052.735	-649376.81
SPEC1	14	U1	260.48	5611.54	0	-13025.39	603.329	-2435.77
SPEC1	15	U1	33485.36	430.46	0	-1035.97	77772.608	-256986.05
SPEC1	All	All	2776009.28	217771.71	0	4237181.84	53333966.83	20934840.92
SPEC2	1	U2	-465919.46	2598079.8	0	-51567361.08	-9245434.364	3354579.52
SPEC2	2	U2	483691.86	145173.95	0	-2878419.31	9585507.995	-3664461.69
SPEC2	3	U2	-335.59	0.09	0	-2.32	-6635.345	2535.51
SPEC2	4	U2	-114826.01	588724.66	0	1594863.58	329733.806	800750.89
SPEC2	5	U2	114460.98	37236.72	0	105671.46	-341335.845	-819404.47
SPEC2	6	U2	-95.61	0.04	0	0.31	282.729	683.77
SPEC2	7	U2	-53314.87	222034.24	0	-1288307.47	-313582.396	398762.33
SPEC2	8	U2	52978.62	20050.24	0	-117295.42	313565.164	-416204.07
SPEC2	9	U2	-188.89	0.42	0	-2.49	-1118.655	1477.84
SPEC2	10	U2	-67861.86	110221.91	0	-58331.22	-23562.692	488107.99
SPEC2	11	U2	67132.67	62221.79	0	-29535.06	20248.821	-488373.17
SPEC2	12	U2	74.35	0.11	0	-0.43	20.891	-538.58
SPEC2	13	U2	-6348.9	476.11	0	-1101.41	-14777.04	48696.95
SPEC2	14	U2	5611.54	120890.95	0	-280609.71	12997.684	-52474.49
SPEC2	15	U2	430.46	5.53	0	-13.32	999.786	-3303.62
SPEC2	All	All	217771.71	2825089.9	0	54209428.46	4236481.41	1630574.50

Berdasarkan Tabel L.2.9, besarnya gaya gempa untuk arah x:

$$F1 = 2.776.009,28 \text{ kg} \qquad F2 = 217.771,71 \text{ kg}$$

Sementara besarnya gaya gempa untuk arah y

$$F1 = 217.771,71 \text{ kg} \qquad F2 = 2.825.089,9 \text{ kg}$$

Sudut arah pembebanan gempa untuk arah X

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{F2}{F1} = 4,48^\circ$$

Sudut arah pembebanan gempa untuk arah Y

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{F2}{F1} = 85,6^\circ$$

Nilai akhir respon struktur gedung terhadap pembebanan gempa menurut pasal

7.2.3 SNI 03-1726-2002, $V \geq 0,8V1$

Arah x

$$Vd = Vd,x = 2.776.009,28 \text{ kg}$$

$$Vs = Vb,x = 1.754.220.41 \text{ kg}$$

$$Vd,x \geq 0,8 Vb,x$$

$$2.776.009,28 \text{ kg} > 1.403.376,33 \text{ kg}$$

Arah y

$$Vd,y = 2.825.089,9 \text{ kg}$$

$$Vb,y = 1.696.548.22 \text{ kg}$$

$$Vd,y \geq 0,8 Vb,y$$

$$2.825.089,9 \text{ kg} > 1.357.238,58 \text{ kg}$$

Faktor skala dihitung menurut pasal 7.2.3 SNI 1726-2002

Untuk arah X,

$$\text{Faktor skala} = \frac{0,8Vb}{Vd} = \frac{1.403.376,33}{2.776.009,28} = 4,95932$$

Untuk arah Y,

$$\text{Faktor skala} = \frac{0,8Vb}{Vd} = \frac{1.357.238,58}{2.825.089,9} = 4,71295$$