

PERENCANAAN STRUKTUR ATAS APARTEMEN TOWER 35 LANTAI DENGAN KOMBINASI FRAMING SYSTEM (SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN GANDA)

Asri Winita¹, Darmini²

^{1,2} Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Gunadarma Jakarta

Corresponding author

E-mail: winitaasri@gmail.com



Diterima : 10/02/2021
Direvisi : 24/02/2021
Dipublikasi : 10/03/2021

Abstrak: Indonesia merupakan negara rawan gempa. Hal ini dikarenakan Indonesia berada di kawasan Pasific Ring of Fire. Kedatangan gempa tidak dapat diprediksi waktu dan tempatnya, oleh sebab itu perlu dilakukan perencanaan struktur gedung guna mengantisipasi terjadinya keruntuhan atau kegagalan struktur yang dapat terjadi sewaktu menahan beban rencana. Direncanakan struktur apartemen tower 35 lantai dengan menggunakan Kombinasi Framing System yaitu sistem sumbu arah X adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan sistem sumbu arah Y adalah Sistem Ganda sesuai SNI 03 – 1726 – 2010. Didapatkan hasil distribusi beban gempa, SRPMK mampu menahan gempa dinamik; $RSPX = 93,26\%$ dan $RSPY = 33,62\%$ sedangkan Dinding Geser mampu menahan beban gempa dinamik; $RSPX = 6,74\%$ dan $RSPY = 66,38\%$. Struktur apartemen direncanakan di wilayah Jakarta Selatan dengan menggunakan material beton bertulang. Dari hasil perencanaan, digunakan komponen sebagai berikut; 2 tipe pelat, yaitu pelat lantai koridor ($h = 130 \text{ mm}$), pelat lantai dan atap ($h = 150 \text{ mm}$) 6 tipe balok, 6 tipe kolom dimensi, dan dinding geser. Disediakan tulangan ulir D10, D13, D16, D19, D22, D25, dan D28 untuk tulangan utama komponen struktur, sedangkan untuk tulangan gesernya disediakan tulangan ulir D10, D13, D16 dan D19.

Kata Kunci: Apartment Tower, Kombinasi Framing System, Gempa, Beton Bertulang

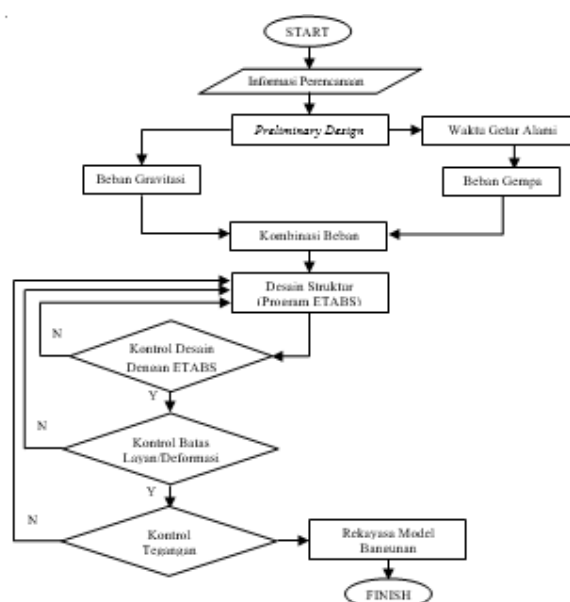
PENDAHULUAN

Data terakhir yang berhasil direkam menunjukkan bahwa rata-rata setiap tahun ada 10 gempa bumi yang menyebabkan kerusakan yang cukup besar di Indonesia. Sebagian terjadi pada daerah lepas pantai dan sebagian lagi pada daerah pemukiman. Pada daerah pemukiman yang cukup padat, perlu adanya suatu perencanaan berupa detail konstruksi struktur gedung yang baik untuk mengurangi angka korban jiwa manusia dan kerusakan bangunan akibat guncangan gempa.

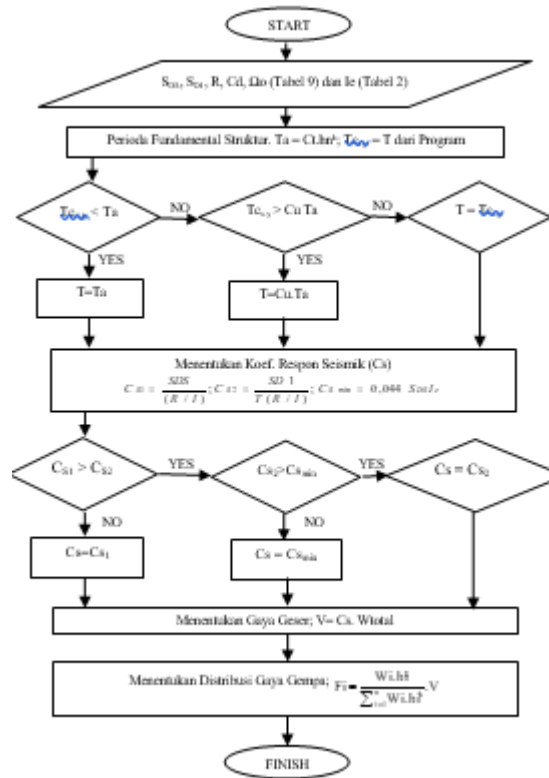
Perencanaan yang baik dengan sistem struktur bangunan sangat diperlukan guna meminimalisir kerusakan yang terjadi pada saat gempa. Sistem struktur suatu gedung adalah sistem yang dibentuk oleh komponen struktur gedung, berupa balok, kolom, pelat, dan dinding geser yang disusun sedemikian rupa hingga masing-masing sistem mempunyai peran yang berbeda untuk menahan beban-beban. Sistem struktur yang direncanakan akan mempengaruhi perencanaan struktur gedung. Hal ini berkaitan dengan beban gempa rencana yang akan bekerja pada struktur gedung tersebut.

Salah satu sistem struktur yang banyak digunakan pada perencanaan gedung adalah sistem ganda dan sistem rangka pemikul momen. Sistem ganda pada dasarnya terdiri dari sistem rangka pemikul momen dan sistem dinding beton bertulang. Pada sistem rangka pemikul momen diharapkan balok dan kolom mampu menahan beban lateral yang diakibatkan oleh gempa rencana. Dengan sistem ini akan terbentuk capacity strong column weak beam design (kolom kuat balok lemah) yang mampu memberikan performa daktail pada sistem struktur gedung. Penelitian akan membahas mengenai perencanaan struktur atas gedung apartemen 35 lantai dengan kombinasi sistem struktur, yaitu sistem ganda dan sistem rangka pemikul momen khusus.

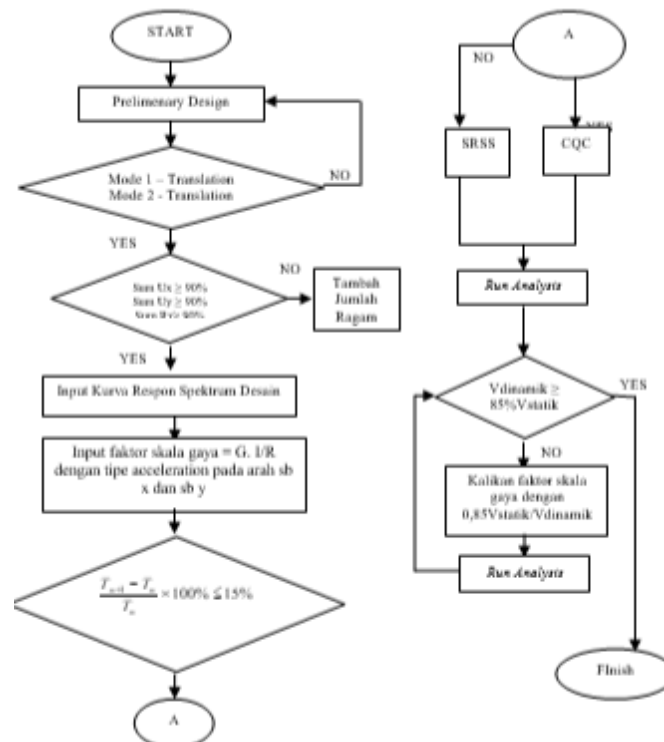
METODE PENELITIAN



Gambar 1 Diagram Alir Perencanaan Struktur Gedung



Gambar 2 Prosedur Analisis Gaya Lateral Ekuivalen



Gambar 3 Prosedur Analisis Ragam Spektrum Respons

DATA PERENCAAN

Data Bangunan

Lokasi : Setiabudi, Jakarta Selatan
Fungsi bangunan : Apartemen
Jumlah Lantai : 35 lantai
Tinggi Bangunan : 115.1 meter
Material Struktur : Beton Bertulangan
Mutu beton : K400 – K500
Mutu baja tulangan : BJ37

Data Perencanaan Gempa

Sistem Struktur : SRPMK dan Sistem Ganda
Kategori Resiko : III
Kelas Situs Tanah : Tanah Lunak (SE)
Kategori Desain : KDS D
Faktor Keutamaan : 1,25
S_s : 0,688g
S₁ : 0,301g

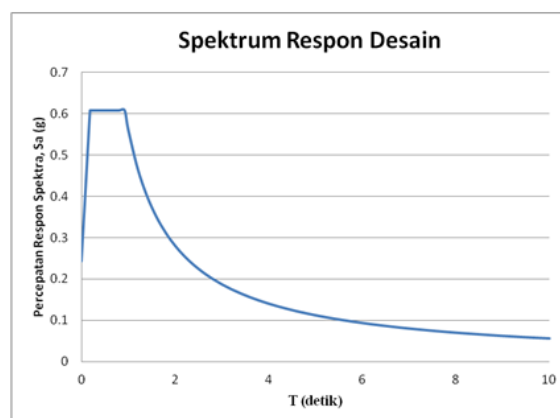
HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Gempa

Berdasarkan perhitung beban struktur untuk perhitungan beban gempa didapatkan beban total bangunan (beban mati, beban mati tambahan/super dead load, beban hidup) adalah sebesar 39.964 ton.

Beban gempa struktur dihitung dengan parameter-parameter gempa sebagai berikut

F_a : 1,323
F_v : 2,797
S_{MS} : 0,901
S_{M1} : 0,842
S_{DS} : 0,607
S_{D1} : 0,561



Gambar 4 Kurva Respon Spektrum Gempa Rencana

Analisa dan Kontrol Desain dengan ETABS

1. Pola Gerak Ragam Bangunan

Pola gerak ragam dominan struktur pada mode 1 adalah gerak translasi-x, mode 2 translasi-y dan mode 3 rotasi-z. Hal tersebut sudah memenuhi persyaratan analisis dinamik dimana mode awal harus dominan translasi. Berikut hasil gerak ragam bangunan struktur melalui pemodelan di ETABS.

Tabel 1 Modal Direction Factors

Case	Mode	Period	UX	UY	RZ
		sec			
Modal	1	5.532	0.595047	0.000003	0.000561
Modal	2	5.018	0.000004	0.591987	0.000079
Modal	3	4.68	0.000524	0.000062	0.659217
Modal	4	1.803	0.596957	0.000001	0.000724
Modal	5	1.494	0.000032	0.559741	0.037827
Modal	6	1.491	0.000668	0.033763	0.62298
Modal	7	1.04	0.59748	4.99E-08	0.000386
Modal	8	0.831	0.000442	0.00003	0.660533
Modal	9	0.77	3.16E-07	0.593858	0.000027
Modal	10	0.72	0.597063	2.27E-07	0.000329
Modal	11	0.555	0.00406	0.000006	0.655539
Modal	12	0.539	0.591932	0.000001	0.004407
Modal	13	0.49	0.000001	0.593882	0.000004
Modal	14	0.424	0.592732	4.82E-07	0.001313
Modal	15	0.403	0.001251	0.000003	0.65581
Modal	16	0.346	0.000233	0.592058	0.000002
Modal	17	0.344	0.59183	0.000233	0.000286
Modal	18	0.307	0.000298	0.000001	0.65491
Modal	19	0.285	0.592159	3.44E-07	0.000122
Modal	20	0.258	4.89E-07	0.591558	0.000001

2. Partisipasi Massa Bangunan

Analisis dinamik dilakukan untuk menentukan ragam getar alam struktur. Analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi minimum mencapai 90%. Partisipasi massa bangunan telah memenuhi syarat, yaitu 99,54% untuk arah x dan 98,37% untuk arah y.

Tabel 2 Partisipasi Massa Bangunan

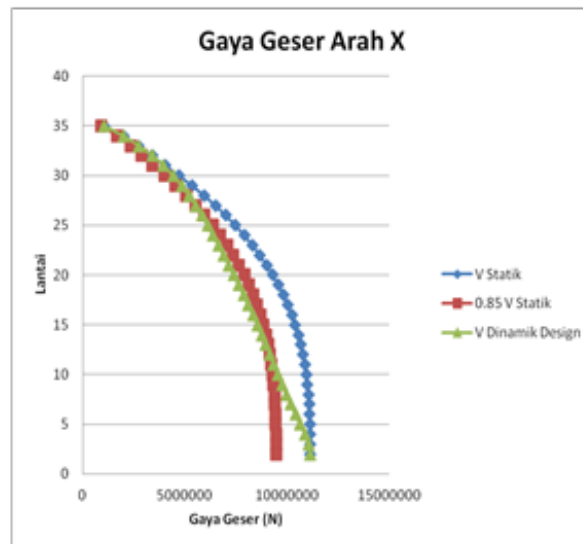
Case	Item Type	Item	Static %	Dynamic %
Modal	Acceleration	UX	100	99.54
Modal	Acceleration	UY	100	98.37
Modal	Acceleration	UZ	0	0

3. Gaya Geser Nominal

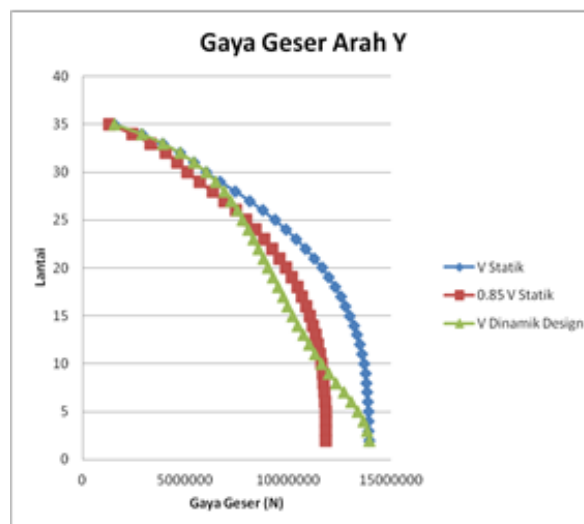
SNI 03-1726-2012 mensyaratkan bahwa beban gempa dinamik ($V_{dinamik}$) tidak boleh lebih kecil dari 85% nilai beban gempa static (V_{statik}). Berikut beban static dan dinamik yang bekerja pada struktur bangunan.

Tabel 3 Nilai V static dan dinamik

Beban Gempa	Direction	
	V_x (N)	V_y (N)
Statik	11142496	13937603
0,85 Statik	9471121	11846962
Dinamik	5675872	7273355
Skala Gaya	1,963	1,915
Dinamik Design	11142496	13937603



Gambar 5 Kurva Gaya Geser Arah X



Gambar 6 Kurva Gaya Geser Arah Y

4. Kontrol Batas Deformasi

Kontrol batas deformasi perlu dilakukan untuk mengetahui simpangan akibat beban yang terkombinasi. Nilai simpangan antar lantai tingkat (Δ) tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat ijin (Δ_a).

Perencanaan Struktur Pelat

Parameter hitung

$$\text{Beton } (f'c) = 33,2 \text{ Mpa}$$

$$\text{Baja } (fy) = 400 \text{ Mpa}$$

$$\text{Panjang}(Ly) = 6700 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar } (Lx) = 3900 \text{ mm}$$

$$\text{Cover } (p) = 20 \text{ mm}$$

$$\text{Rasio } (\beta) = Ly/Lx \\ = 6700/3900$$

$$= 1,72 \quad (\beta \leq 2; \text{Perencanaan Tulangan 2 Arah})$$

Digunakan D10, maka :

$$\beta_1 = 0,85 \cdot \frac{0,05 \cdot (f'c - 30)}{7}$$

$$= 0,85 \cdot \frac{0,05 \cdot (33,2 - 30)}{7}$$

$$= 0,82$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'c \cdot \beta_1 \left(\frac{600}{600 + fy} \right)}$$

$$= \frac{0,85 \times 33,2 \times 0,82 \left(\frac{600}{600 + 400} \right)}$$

$$= 0,0349$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{fy}$$

$$= \frac{1,4}{400}$$

$$= 0,0035$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b$$

$$= 0,75 \cdot 0,0349$$

$$= 0,0262$$

$$\text{Tinggi } (dx) = h - p - \frac{1}{2} \cdot D$$

$$= 150 - 20 - \frac{1}{2} \cdot 10$$

$$= 125 \text{ mm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

Tabel 4 Penulangan Pelat

Pelat	Tulangan Lapangan		Tulangan Tumpuan	
	X	Y	X	Y
Lantai (h=150 mm)	D10-150	D10-150	D10-150	D10-150
Koridor (h=130mm)	D10-400	D10-200	D10-400	D10-200

Perencanaan Struktur Balok

Perencanaan Balok Induk

Parameter hitung

Mutu Beton $f'c = 33,2$ MPa (K400)

Baja Tulangan $f_y = 400$ Mpa

Faktor reduksi lentur $\phi = 0,8$

Faktor reduksi momen $\phi = 1$

Faktor reduksi geser $\phi = 0,75$

Bentang Balok (L) = 7000 mm

Lebar Balok (b) = 400 mm

Tinggi Balok (h) = 750 mm

Cover (p) = 40 mm

Dipakai tulangan D28

$$\begin{aligned}\beta_1 &= 0,85 - \frac{(f'c - 30)}{7} \\ &= 0,85 - \frac{(33,2 - 30)}{7} \\ &= 0,82\end{aligned}$$

$$R_{n0} = 0,75 \cdot \beta_1 \cdot 0,85 \cdot f'c \cdot \frac{600}{600 + f_y} \left[1 - \frac{1}{2} \cdot 0,75 \cdot \beta_1 \cdot \frac{600}{600 + f_y} \right]$$

$$= 0,75 \times 0,82 \cdot 0,85 \times 33,2 \times \frac{600}{600 + 400} \left[1 - \frac{1}{2} \times 0,75 \times 0,82 \times \frac{600}{600 + 400} \right]$$

$$= 8,527$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$= \frac{1,4}{400}$$

$$= 0,0035$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'c \cdot \beta_1 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)}{f_y}$$

$$= \frac{0,85 \times 33,2 \times 0,82 \left(\frac{600}{600 + 400} \right)}{400}$$

$$= 0,0349$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b$$

$$\begin{aligned} &= 0,75 \cdot 0,0349 \\ &= 0,0262 \\ d &= h - p - d_s - \frac{1}{2}D \\ &= 750 - 40 - 10 - \frac{1}{2} \cdot 28 \\ &= 686 \text{ mm} \end{aligned}$$

1. Perhitungan tulangan lentur

Tulangan Tumpuan

$$M_u = 103329 \text{ kgm}$$

$$\begin{aligned} R_{n0} &= 0,75 \cdot \beta_1 \cdot 0,85 \cdot f'_c \cdot \frac{600}{600 + f_y} \left[1 - \frac{1}{2} \cdot 0,75 \cdot \beta_1 \cdot \frac{600}{600 + f_y} \right] \\ &= 0,75 \cdot \beta_1 \cdot 0,85 \cdot f'_c \cdot \frac{600}{600 + f_y} \left[1 - \frac{1}{2} \cdot 0,75 \cdot \beta_1 \cdot \frac{600}{600 + f_y} \right] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_u}{0,85 \times b \times h^2} \\ &= \frac{103329 \times 10^4}{0,85 \times 400 \times 686^2} \\ &= 6,862 \end{aligned}$$

$R_n < R_{n0}$, digunakan tulangan tunggal.

Syarat SRPMK : Harus ada minimal dua tulangan atas dan dua tulangan bawah yang dipasang secara menerus, sehingga pada perencanaan balok tetap dipasang tulangan rangkap.

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{0,85 \times f'_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{\frac{1 - 2R_n}{0,85 f'_c}} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 33,2}{400} \left(1 - \sqrt{\frac{1 - 2 \cdot 6,862}{0,85 \cdot 33,2}} \right) \\ &= 0,02 \end{aligned}$$

Karena $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$, maka $\rho_{\text{pakai}} = 0,02$

Tulangan Tumpuan Atas :

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times h \\ &= 0,02 \times 400 \times 686 \\ &= 5484 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan D28

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_{S_{\text{perlu}}}}{(0,25 \cdot \pi \cdot D^2)} \\ &= \frac{5484}{(0,25 \cdot \pi \cdot 28^2)} \\ &= 8,9 \text{ buah} \end{aligned}$$

Agar memenuhi penulangan untuk lantai tipikal, dipasang tulangan **11D28**

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{pakai}}} &= 0,25 \times 3,14 \times D^2 \times n \\ &= 0,25 \times 3,14 \times 28^2 \times 11 \\ &= 6770 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{Sp} > A_{Sperlu} \quad \dots\dots (OK)$$

Tulangan Tumpuan Bawah :

$$c = \frac{600}{600 + f_y} d$$
$$= \frac{600}{600 + 400} 686$$
$$= 411,6$$

$$f_s' = 600 \left(\frac{c - d'}{c} \right)$$
$$= 600 \left(\frac{411,6 - 64}{411,6} \right)$$
$$= 506,7$$

$$A_{Sperlu} = \frac{Mu}{f_s' (d - d') \phi}$$
$$= \frac{0,5 \times 103329 \times 10^4}{506,7 \times (686 - 64) \times 0,8}$$
$$= 2049,07 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan D28

$$n = \frac{A_{Sperlu}}{(0,25 \cdot \pi \cdot D^2)}$$
$$= \frac{2049,07}{(0,25 \cdot \pi \cdot 28^2)}$$
$$= 3,3 \text{ buah}$$

Agar memenuhi penulangan untuk lantai tipikal, dipasang tulangan **6D28**

$$A_{Spakai} = 0,25 \times 3,14 \times D^2 \times n$$
$$= 0,25 \times 3,14 \times 28^2 \times 8$$
$$= 4929 \text{ mm}^2$$

$$A_{Sp} > A_{Sperlu} \quad \dots\dots (OK)$$

Cek Kapasitas Momen :

Besar gaya tekan beton Cc sebagai berikut :

$$C_c = 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b$$

Tarik pada tulangan baja tarik

$$T_s = A_s \cdot f_y$$

Syarat :

$$C_c = T_s$$

$$0,85 f_c \cdot a \cdot b = A_s \cdot f_y$$

Sehingga,

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c \cdot b}$$

$$= \frac{6770 \times 400}{0,85 \times 33,2 \times 400}$$

$$= 239,9$$

Menentukan letak garis netral :

$$c = \frac{239,9}{0,85}$$

$$= 282,236$$

Kontrol keserasian regangan :

$$\varepsilon_s = 0,003 \cdot \frac{d - c}{c}$$

$$= 0,003 \cdot \frac{686 - 282,236}{282,236}$$

$$= 0,0042$$

$$\varepsilon_y = \frac{fy}{Es}$$

$$= \frac{400}{200000}$$

$$= 0,002$$

Hasil perhitungan diatas menghasilkan $\varepsilon_s \geq \varepsilon_y$, maka tulangan baja sudah leleh sesuai dengan asumsi $f'_s = fy$ Dengan demikian, besarnya kapasitas momen dapat ditentukan :

$$\emptyset Mn = 0,85 \times As \times fy \left(d - \frac{1}{2} a \right)$$

$$= 0,85 \times 6770 \times 400 \left(686 - \frac{1}{2} 239,9 \right)$$

$$= 1226267035 \text{ Nmm}$$

$$Mu = 103329 \text{ kgm} = 1033290000 \text{ Nmm}$$

$$\emptyset Mn > Mu \quad \dots\dots\dots(\text{OK})$$

Tulangan Lapangan

$$Mu = 49087 \text{ kgm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{0,85 \times b \times h^2}$$

$$= \frac{49087 \times 10^4}{0,85 \times 400 \times 686^2}$$

$$= 3,26$$

$$\rho = \frac{0,85 \times f'_c}{fy} \left(1 - \sqrt{\frac{1 - 2Rn}{0,85 f'_c}} \right)$$

$$= \frac{0,85 \times 33,2}{400} \left(1 - \sqrt{\frac{1 - 2 \times 3,26}{0,85 \times 33,2}} \right)$$

$$= 0,0087$$

Karena $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$, maka $\rho_{\text{pakai}} = 0,0087$

Tulangan Lapangan Bawah :

$$\begin{aligned} A_{S_{perlu}} &= \rho_{pakai} \times b \times h \\ &= 0,0087 \times 400 \times 686 \\ &= 2383 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_{S_{perlu}}}{(0,25 \cdot \pi \cdot D^2)} \\ &= \frac{2383}{(0,25 \cdot \pi \cdot 28^2)} \\ &= 3,87 \text{ buah} \end{aligned}$$

Agar memenuhi penulangan untuk lantai tipikal, dipasang tulangan **6D28**

$$\begin{aligned} A_{S_{pakai}} &= 0,25 \times 3,14 \times D^2 \times n \\ &= 0,25 \times 3,14 \times 28^2 \times 8 \\ &= 4924 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{S_p} > A_{S_{perlu}} \quad \dots\dots\dots(\text{OK})$$

Tulangan Lapangan Atas :

$$\begin{aligned} c &= \frac{600}{600 + f_y} d \\ &= \frac{600}{600 + 400} 686 \\ &= 411,6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_s' &= 600 \left(\frac{c - d'}{c} \right) \\ &= 600 \left(\frac{411,6 - 64}{411,6} \right) \\ &= 506,7 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{S_{perlu}} &= \frac{M_u}{f_s' (d - d') \phi} \\ &= \frac{0,5 \times 49087 \times 10^4}{506,7 \times (686 - 64) \times 0,8} \\ &= 973,42 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan D28

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_{S_{perlu}}}{(0,25 \cdot \pi \cdot D^2)} \\ &= \frac{973,42}{(0,25 \cdot \pi \cdot 28^2)} \\ &= 2,02 \text{ buah} \end{aligned}$$

Agar memenuhi penulangan untuk lantai tipikal, dipasang tulangan **4D28**

$$\begin{aligned} A_{S_{pakai}} &= 0,25 \times 3,14 \times D^2 \times n \\ &= 0,25 \times 3,14 \times 28^2 \times 6 \end{aligned}$$

$$= 3693 \text{ mm}^2$$

$$A_{sp} > A_{s\text{perlu}} \quad \dots\dots(\text{OK})$$

2. Tulangan Geser

Ambil nilai maksimum sebagai gaya geser desain, sehingga $V_{eb} = 60560 \text{ kg}$.

$$V_u = 39243 \text{ kg}$$

$$0,5V_u = 19621 \text{ kg}$$

$V_{e(\text{gempa})} > 0,5V_u$, sehingga nilai V_c pada daerah sendi plastis (2d) adalah 0.

Tulangan Tumpuan

$$V_{eb} = 60560 \text{ kg}$$

$$A_{v\text{ perlu}} = \frac{V_{eb}}{\phi_{ys} d}$$

$$= \frac{60560 \times 10^4}{0,75 \times 400 \times 686}$$

$$= 2942,676 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Dipakai 2D10 (4 kaki tulangan D10)

$$S = \frac{2n \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot s}{A_{v\text{ perlu}}}$$

$$= \frac{4 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{2942,67}$$

$$= 106,7 \text{ mm}$$

Direncanakan tulangan geser daerah tumpuan **2D10-100**

$$A_{v\text{ pakai}} = \left(\frac{1000}{\text{jarak}} + 1 \right) \times 2n \times 3,14 \times 0,25 \times D^2$$

$$= \left(\frac{1000}{100} + 1 \right) \times 2(2) \times 3,14 \times 0,25 \times 10^2$$

$$= 3454 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$A_{v\text{ pakai}} > A_{v\text{ perlu}} \quad \dots\dots(\text{OK})$$

$$V_{eb} = 32710,57 \text{ kg}$$

Berdasarkan analisa diatas, digunakan nilai V_{eb} terbesar yaitu V_{eb} berdasarkan perbandingan segitiga sebesar 37267,69 kg.

$$A_{v\text{ perlu}} = \frac{V_{eb} / \phi - V_c}{f_{ys} d}$$

$$= \frac{(37267,69 \times 10^4) / 0,75 - 26351}{400 \times 686 \times 10^3}$$

$$= 796,037 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Dipakai **1,5D10** (3 kaki tulangan D10)

$$S = \frac{2n \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot s}{A_{v\text{ perlu}}}$$

$$= \frac{3.0,25 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{796,037}$$

$$= 295,84 \text{ mm}$$

Direncanakan tulangan geser daerah lapangan **1,5D10-200**

$$A_{v \text{ pakai}} = \left(\frac{1000}{\text{jarak}} + 1 \right) \times 2n \times 3,14 \times 0,25 \times D^2$$

$$= \left(\frac{1000}{200} + 1 \right) \times 2(1,5) \times 3,14 \times 0,25 \times 10^2$$

$$= 1413 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$A_{v \text{ pakai}} > A_{v \text{ perlu}} \quad \dots\dots\dots(\text{OK})$$

Perhitungan Kolom

Parameter hitung

$$f'c = 45,7 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$\beta_1 = 0,72$$

$$\phi_{\text{lentur}} = 0,65$$

$$\phi_{\text{geser}} = 0,75$$

Dimensi Kolom

$$\text{Panjang (h)} = 1400 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar (b)} = 800 \text{ mm}$$

$$d = 1333 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi kolom atas} = 3300 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi kolom bawah} = 5000 \text{ mm}$$

$$\text{Imajor} = 0.182933333 \text{ m}^4$$

$$\text{Iminor} = 0.059733 \text{ m}^4$$

Perencanaan tulangan lentur

Asumsi tulangan pasang : 46D28 (Rasio tulangan : 2,65%)

$$\rho_{\text{pakai}} = \frac{3,14 \times 0,25 \times D^2 \times n}{b \times d}$$

$$= \frac{3,14 \times 0,25 \times 28^2 \times 46}{800 \times 1400}$$

$$= 0,025$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot f'c \cdot \beta_1 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)}{f_y}$$

$$= 0,75 \cdot \frac{0,85 \times 33,2 \times 0,72 \left(\frac{600}{600 + 400} \right)}{400}$$

$$= 0,0229$$

$$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{max}} \quad \dots(\text{OK})$$

$$M_{n_j} = 157660 \text{ kgm} \quad (M_n \text{ atas tumpuan balok sebelah kiri kolom})$$

$$M_{n_i} = 114054 \text{ kgm} \quad (M_n \text{ bawah tumpuan balok sebelah kanan kolom})$$

$$\alpha_{\text{top}} = \frac{(I_{\text{top}}/H_{\text{top}})}{(I_{\text{top}}/H_{\text{top}} + I_{\text{bottom}}/H_{\text{bottom}})}$$

$$= \frac{(0,182 / 3,5)}{(0,182 / 3,3) + (0,183 / 5,5)}$$

$$= 0,602$$

$$\alpha_{\text{bottom}} = \frac{(I_{\text{bottom}}/H_{\text{bottom}})}{(I_{\text{top}}/H_{\text{top}} + I_{\text{bottom}}/H_{\text{bottom}})}$$

$$= \frac{(0,182 / 5,5)}{(0,182 / 3,3) + (0,183 / 5)}$$

$$= 0,398$$

Momen rencana kolom atas dan bawah:

$$M_{n,\text{top}}^{\text{col}} = \alpha_t \frac{6}{5} (M_n^+ + M_n^-)$$

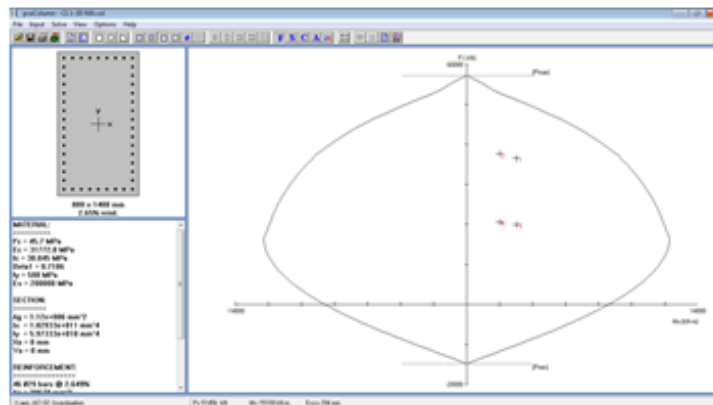
$$= 0,602 \cdot \frac{6}{5} (114054 + 157660)$$

$$= 196419,9 \text{ kgm}$$

$$M_{n,\text{bot}}^{\text{col}} = \alpha_t \frac{6}{5} (M_n^+ + M_n^-)$$

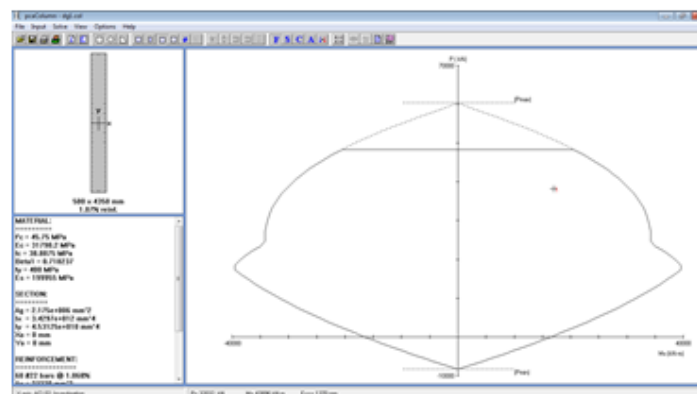
$$= 0,398 \cdot \frac{6}{5} (157660 + 114054)$$

$$= 129637,1 \text{ kgm}$$



Gambar 7 Diagram Interaksi Kolom

Perencanaan Dinding Geser



Gambar 8 Diagram Interaksi Dinding Geser

Shear wall yang direncanakan mampu menahan beban kombinasi aksial lentur. Selain itu, dapat dilihat dari flexural design ETABS, bahwa Rasio Tulangan yang digunakan (Current Reinforcement Ratio) lebih besar dari Rasio Tulangan yang dibutuhkan (Required Reinforcement Ratio), jadi dimensi penampang serta tulangan longitudinal shear wall yang tergambar pada section designer mampu menahan kombinasi lentur dan aksial

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil pembahasan, didapatkan hasil kesimpulan berdasarkan tujuan penulisan Tugas Akhir sebagai berikut :

1. Struktur apartemen tower 35 lantai direncanakan sesuai SNI 03 – 1726 – 2010 dengan menggunakan Kombinasi *Framing System* (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus untuk arah ortogonal x dan Sistem Ganda untuk arah ortogonal). Gaya gempa dinamik arah x mampu dipikul sebesar 93,26% oleh sistem rangka pemikul momen dan 6,74% oleh dinding geser. Gaya gempa dinamik arah Y mampu dipikul oleh dinding geser sebesar 66,38% dan 33,62% oleh sistem rangka pemikul momen.
2. Struktur Atas direncanakan menggunakan :
 - a. Pelat lantai terdiri dari 2 tipe yaitu pelat lantai koridor, pelat lantai atau atap dengan mutu beton K400.
 - b. Balok terdiri dari 6 tipe untuk masing-masing lantai. Mutu beton K-400 dan tulangan D25 dan D28 dengan jumlah tulangan yang bervariasi.
 - c. Kolom (*Colomn*) terdiri dari 6 tipe. Mutu beton K400-K550 dan tulangan D25 dan D28 dengan jumlah tulangan yang bervariasi.
 - d. Dinding Geser (*Shear Wall*) terdiri dari 4 tipe. Mutu beton K400-K550 dengan tulangan yang bervariasi. Daerah *boundary element* memiliki dimensi 500 mm x 1000 m

Saran

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut :

1. Kaidah perencanaan struktur gedung tahan gempa dengan SNI 03 – 1726 – 2002 sangat berbeda dengan SNI 03 – 1726 – 2010 (hasil revisi), maka dari itu disarankan untuk menghitung dengan kedua metode tersebut agar didapatkan hasil perbandingan perancangan.
2. Untuk mengetahui besarnya jumlah biaya struktur gedung yang dibangun, disarankan membuat Rencana Anggaran Biaya (RAB).
3. Untuk mendapat bangunan yang bernilai ekonomis, tepat guna dan terhindar dari sifat boros, disarankan untuk menggunakan desain komponen yang berbeda-beda (tidak tipikal) tetapi masih dalam batas syarat yang ditentukan.
4. Waktu pengerjaan tugas akhir jangan terlalu singkat

DAFTAR RUJUKAN

- Ajie Ramadhan, Punto. 2013. Perencanaan Struktur Gedung Bertingkat 12 Lantai Pada Zona Gempa Khusus Dengan Metode Sistem Ganda. Jakarta.
- Arfiadi, Yoyong. 2014. Pengaruh Penetapan SNI Gempa 2012 Pada Desain Struktur Rangka Momen Beton Bertulang Di Beberapa Kota Di Indonesia. Jakarta : Seminar dan Pameran HAKI 2104
- Asroni, Ali. 2010. Balok dan Pelat Beton Bertulang (Edisi Pertama). Yogyakarta : Graha Ilmu
- Asroni, Ali. 2010. Kolom, Fondasi & Balok T Beton Bertulang (Edisi Pertama). Yogyakarta : Graha Ilmu
- Badan Standardisasi Nasional. SNI 03 – 1726 – 2010 : Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung. Jakarta : Departemen Pekerjaan Umum
- Badan Standardisasi Nasional. SNI 03 – 1727 – 1989 : Tata Cara Perencanaan Pembebanan Untuk Bangunan Rumah dan Gedung. Jakarta : Departemen Pekerjaan Umum
- Badan Standardisasi Nasional. SNI 03 – 2847 – 2002 : Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. Jakarta : Departemen Perumahan dan Prasarana Wilayah
- Budiono, Bambang. 2011. Konsep SNI Gempa 1726-201X. Jakarta : Seminar HAKI 2011
- Hamzah Fadli, Mohammad. 2013. Perancangan Dinding Geser Elevator (*Core Lift*) Pada Gedung Perkantoran 10 Lantai dengan Sistem Rangka Pemikul Momen. Jakarta
- Kusuma, Benny & Tavio. 2010. Desain Sistem Rangka Pemikul Momen dan Dinding Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa. Surabaya : ITSPress
- Miftakhur Riza, Muhammad. 2012. Aplikasi Perencanaan Struktur Gedung Dengan ETABS. Yogyakarta : Azza Reka Struktur (ARS) Group
- Purwono, Rachmat. 2010. Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa. Surabaya : ITSPress
- Rahim, Sjahril A. 2014. Perancangan Seismik : Dinding Geser Beton Bertulang. Depok : Departemen Teknik Sipil FTUI
- Rahim, Sjahril A. 2014. Perancangan Seismik : Struktur Rangka Momen Beton. Depok : Departemen Teknik Sipil FTUI
- Widodo. 2008. Bahan Kuliah Struktur Beton Bertulang II. Yogyakarta : Universitas Islam Indonesia.