

PERENCANAAN APARTEMEN 10 LANTAI DENGAN SISTEM GANDA SRPMK DAN *SHEARWALL* UNTUK KOTA CIANJUR

¹ Zulkifli,² Tanjung Rahayu

Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Suryakencana
tanjungrahayu@yahoo.com, zulforbusiness@gmail.com

Abstrak

Apartemen pada perencanaan kali ini terletak dikota Cianjur dengan luas bangunan 824m² yang memiliki jumlah lantai 10 lantai yang memiliki tinggi total bangunan 40,5m diasumsikan bahwa apartemen ini dibangun diatas tanah keras (kelas situs SC), bangunan ini menggunakan metode sistem ganda gabungan antara sistem rangka pemikul momen khusus dan dinding geser yang mengacu pada SNI-1726-2012 tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung, pembebanan nongempa mengacu pada SNI-1727-2013 beban minimum untuk perencanaan bangunan gedung dan struktur lain. Struktur sekunder berupa tangga dan struktur primer berupa kolom, balok, pelat, dinding geser. Keseluruhan struktur adalah beton dengan mengacu pada SNI-2847-2013 tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung, setelah dianalisis menggunakan gempa dinamik respon spectrum dan dicek terhadap jumlah ragam, simpangan antar lantai, p-delta, redundansi, ketidakberaturan horisontal dan vertikal didapat ukuran kolom 55x55, 45x90 cm, ukuran dinding geser 35cm, ukuran balok 30x70, 30x50, 25x35 cm, dan ukuran pelat 14, 15 cm

Kata Kunci : Perencanaan, struktur beton bertulang, sistem ganda, SRPMK dan dinding geser

1. PENDAHULUAN

Kota Cianjur terletak di daerah rawan gempa, untuk mengurangi resiko akibat bencana gempa tersebut perlu direncanakan struktur bangunan tahan gempa. Jika bangunan tahan gempa tidak direncanakan dengan baik dapat mengakibatkan kerugian baik itu secara material maupun moril serta banyak menimbulkan korban jiwa. Berdasarkan SNI-1726-2012 yaitu Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, untuk merencanakan bangunan tahan gempa, struktur bangunan gedung harus memiliki sistem penahan gaya lateral dan vertikal yang lengkap, yang mampu memberikan kekuatan, kekakuan yang cukup untuk menahan gerak tanah desain dalam batasan-batasan kebutuhan deformasi dan kekuatan yang disyaratkan.

Perencanaan bangunan *apartemen* ini direncanakan dengan menggunakan material beton bertulang sesuai dengan SNI-2847-2013 yaitu Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung, dan sistem struktur yang akan direncanakan adalah sistem struktur ganda yaitu kombinasi antara Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dengan Sistem Dinding *Shearwall* (SDS).

A. Rumusan Masalah

1. Bagaimana proses perencanaan bangunan tahan gempa yang menggunakan sistem ganda untuk memikul beban lateral?
2. Bagaimana perhitungan penulangan kolom, balok, plat, dan *shearwall*, untuk beton bertulang?

B. Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui bagaimana proses perencanaan bangunan tahan gempa yang menggunakan sistem ganda (SRPMK dan *shearwall*).
2. Untuk mengetahui bagaimana perhitungan penulangan kolom, balok, plat, dan *shearwall*.

C. Batasan Masalah

Agar pembahasan ini dapat terarah pada tujuan utama, maka perlu dibuat suatu batasan-batasan masalah. Adapun batasan-batasan masalah sebagai berikut :

1. Membahas perhitungan penulangan hanya untuk struktur atas seperti (kolom, balok, plat, *shearwall*) tidak termasuk dengan struktur bawah bangunan (pondasi).
2. Pembahasan sistem ganda hanya berkombinasi antara Sistem Rangka Pemikul Moment Khusus (SRPMK) dengan dinding geser (*shearwall*).

2. TINJAUAN PUSTAKA

A. Peraturan Perhitungan Konstruksi

Dalam perencanaan, peraturan yang digunakan antara lain:

1. SNI-1727-2013 Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain.
2. Persyaratan beton struktur untuk bangunan gedung SNI-2847-2013.
3. Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung SNI-1726-2012.

B. Lokasi

Lokasi perencanaan berada pada Cianjur, Muka, Kec. Cianjur, Kabupaten Cianjur, Jawa Barat 43215 (Lintang = -6.811953980417172, bujur = 107.14518916554563)

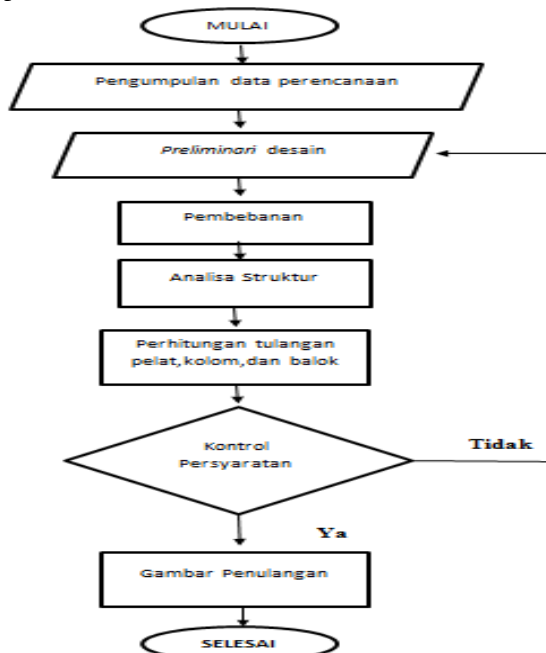


Gambar 1. Lokasi perencanaan

3. METODOLOGI

A. Flow chart

Garis besar langkah-langkah perencanaan struktur gedung disajikan dalam bentuk *flowchart* seperti pada Gambar 2.

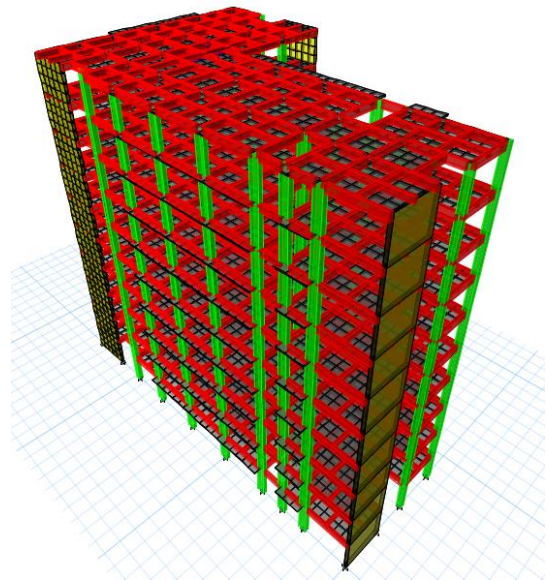


Gambar 2. Flowchart

4. PEMBAHASAN

A. Permodelan Struktur Secara 3D

Perencanaan struktur gedung menggunakan beton bertulang dengan mutu beton $f_c = 35\text{MPa}$ untuk kolom dan *shearwall* $f_c = 30\text{MPa}$ untuk balok dan pelat, dan mutu baja $f_y = 390\text{MPa}$ untuk tulangan ulir dan $f_y = 240\text{MPa}$ untuk tulangan polos. Permodelan gedung apartemen 10 lantai secara 3D seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Permodelan struktur 3D

B. Kombinasi Pembebanan

Beban yang diperhitungkan dalam perencanaan gedung apartemen ini adalah sebagai berikut.

- Beban mati (D)
- Beban hidup (L)
- Beban gempa (E)

C. Kombinasi pembebanan yang digunakan adalah sebagai berikut:

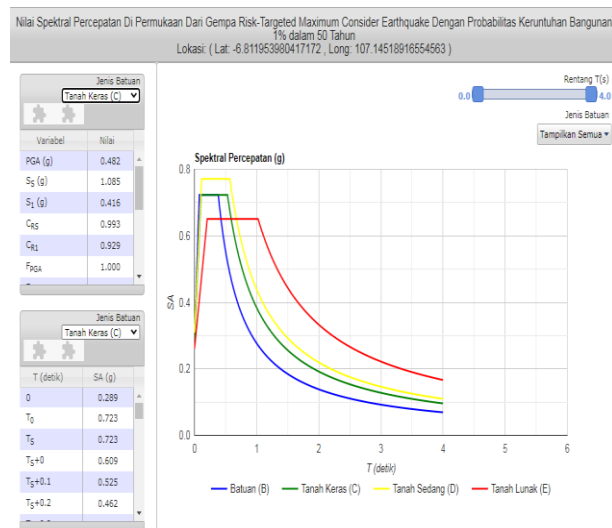
- $1,4 D$
- $1,2 D + 1,6 L$
- $(1,2 + 1,2Sds)D \pm \rho E_x \pm (0,3\rho)E_y + L$
- $(1,2 + 1,2Sds)D \pm \rho E_y \pm (0,3\rho)E_x + L$
- $(0,9 - 0,2Sds)D \pm \rho E_x \pm (0,3\rho)E_y$
- $(0,9 - 0,2Sds)D \pm \rho E_y \pm (0,3\rho)E_x$

D. Analisis Struktur Terhadap Beban Gempa

Analisis struktur gedung tahan gempa ditentukan berdasarkan konfigurasi struktur, fungsi struktur, dan peta zonasi gempa sesuai dengan SNI-1726-2012, digunakan data-data seperti berikut:

- Lokasi bangunan = Cianjur
- Faktor keutamaan (I_e) = 1
- Kategori risiko = IV

- Koefisien modifikasi respons (R) = 7 (Sistem Ganda SRPMK dan Dinding Geser)
 - Faktor kuat lebih sistem (Ω) = 2,5
 - Faktor pembesaran defleksi (C_d) = 5,5
- Dengan memasukkan data lokasi perencanaan pada halaman yang dibuat oleh PU http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_in_donesia_2011/, seperti pada Gambar 4 berikut:

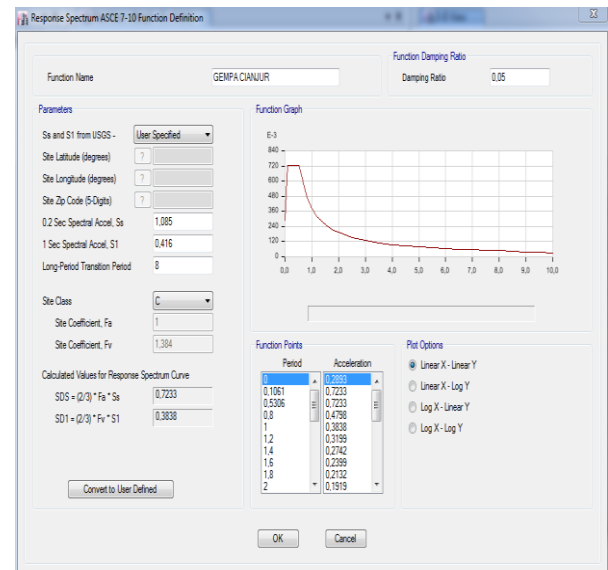


Gambar 4. Nilai S_d , S_{d1} , S_s , S_1

Didapatkan nilai-nilai seperti berikut:

- Percepatan respons spektral desain pada perioda pendek (S_d) = 0,723
- Percepatan respons spektral pada perioda 1 detik (S_{d1}) = 0,384
- Percepatan respons spektral MCE dari peta gempa pada perioda pendek (S_s) = 1,085
- Percepatan respons spektral MCE dari peta gempa pada perioda 1 detik (S_1) = 0,416

Permodelan respons spectrum dibantu *software* Etabs dengan memasukkan nilai S_s dan S_1 dan didapatkan grafik seperti pada gambar 5 berikut:



Gambar 5. Respons spectrum

E. Partisipasi Massa

Partisipasi massa ragam (sum u_x/u_y) minimal sebesar 90 persen pada masing-masing arah horisontal ortogonal (u_x dan u_y), jika tidak maka harus ada perubahan bentuk struktur atau memperbesar dimensi strukturnya, nilai partisipasi massa dapat dilihat pada tabel 1 berikut:

Tabel 1. Partisipasi mass

Mode	Period	Jumlah U_x (Sum U_x)	Jumlah U_y (Sum U_y)
1	2,084	0,6214	0,0187
2	1,922	0,7433	0,4207
3	1,791	0,7788	0,7854
4	0,619	0,8917	0,7858
5	0,581	0,8933	0,873
6	0,543	0,8944	0,8989
7	0,32	0,9408	0,899
8	0,302	0,941	0,9425
9	0,275	0,9416	0,9437
10	0,202	0,9656	0,9438
11	0,191	0,9657	0,9678
12	0,167	0,9667	0,9679

F. Gaya Geser Dasar

Berdasarkan SNI-1726-2012 nilai gaya geser dinamik tidak boleh kurang dari 85 persen gaya geser statik, nilai-nilai tersebut dapat dilihat pada tabel 2 berikut:

Tabel 2. Perbandingan gaya geser statik dan dinamik

Gaya	85 persen statik (kN)	Dinamik (kN)
V _x	4471,424	4471,45
V _y	4471,424	4471,45

G. Simpangan Antar Lantai

Untuk sistem struktur SRPMK simpangan ijin ditentukan dengan persamaan:

$$0,020 \cdot h$$

Dimana:

h = tinggi setiap tingkatnya

Hasil perhitungan simpangan antar lantai dapat dilihat pada tabel 3 dan 4 berikut:

Tabel 3. Simpangan antar lantai arah x

h (mm)	δx_e (mm)	δx (mm)	Simpangan ijin (mm)
4000	4,883	26,8565	80
4000	6,274	34,507	80
4000	7,535	41,4425	80
4000	8,677	47,6685	80
4000	9,688	53,284	80
4000	10,421	57,3155	80
4000	10,702	58,861	80
4000	10,31	56,705	80
4000	8,858	48,719	80
4500	5,466	30,063	90

Tabel 4. Simpangan antar lantai arah y

h (mm)	δx_e (mm)	δx (mm)	Simpangan ijin (mm)
4000	3,953	21,7415	80
4000	5,005	27,5275	80
4000	6,111	33,6105	80
4000	7,108	39,094	80
4000	7,996	43,978	80
4000	8,651	47,5805	80
4000	8,953	49,2415	80
4000	8,727	47,9985	80
4000	7,624	41,932	80
4500	4,844	26,642	90

H. Pengaruh P-delta

Struktur tahan gempa harus memperhitungkan pengaruh p-delta, Koefisien stabilitas (Θ) tidak boleh melebihi (Θ_{max}) yang ditentukan perumusan berikut:

$$\Theta_{max} = 0,5 / \beta \cdot C_d < 0,25$$

Dimana:

Θ_{max} = koefisien stabilitas (Teta max)

β = rasio kebutuhan geser terhadap kapasitas geser untuk antar tingkat, rasio ini diijinkan secara konservatif diambil sebesar 1

C_d = faktor pembesaran defleksi

Hasil perhitungan pengaruh p-delta dapat dilihat pada tabel 5 dan 6 berikut:

Tabel 5. P-delta arah x

h (mm)	Teta (Θ)	Teta max (Θ_{max})
4000	0,0107	0,09091
4000	0,0170	0,09091
4000	0,0254	0,09091
4000	0,0342	0,09091
4000	0,0412	0,09091
4000	0,0480	0,09091
4000	0,0536	0,09091
4000	0,0564	0,09091
4000	0,0531	0,09091
4500	0,0321	0,09091

Tabel 6. P-delta arah y

h (mm)	Teta (Θ)	Teta max (Θ_{max})
4000	0,0092	0,09091
4000	0,0141	0,09091
4000	0,0210	0,09091
4000	0,0281	0,09091
4000	0,0340	0,09091
4000	0,0398	0,09091
4000	0,0448	0,09091
4000	0,0477	0,09091
4000	0,0457	0,09091
4500	0,0285	0,09091

I. Sistem Ganda

Struktur untuk perencanaan kali ini menggunakan sistem ganda, maka sistem rangka pemikul moment harus mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempa desain. Gaya geser yang ditinjau terletak pada perletakan-perletakan atau *joint shearwall* pada lantai dasar, untuk nilai-nilainya terdapat pada tabel 7 berikut:

Tabel 7. P-delta arah y

Gaya	Gaya geser shearwall arah x (kN)	Gaya geser shearwall arah y (kN)	Gaya geser arah x (kN)	Gaya geser arah y (kN)	Persentase gaya pada shearwall
Gempa X	1130,79		4471,4249		25,289
Gempa Y		696,96		4471,4249	15,587

J. Ketidakberaturan Horisontal

struktur ini memiliki 2 ketidakberaturan horisontal yaitu:

- ketidak beraturan torsi
- ketidakberaturan sudut dalam

struktur ini harus memenuhi persyaratan dalam pasal-pasal yang dapat dilihat pada (SNI-1726-2012 Tabel 10), pasal yang harus dipenuhi seperti berikut:

- Pasal 7.3.3.4 (peningkatan gaya akibat ketidakberaturan untuk kategori desain seismik D hingga F)
- Pasal 7.7.3 (permodelan struktur)
- Pasal 7.8.4.3 (pembesaran momen torsi takterduga)
- Pasal 7.12.1 (batasan simpangan antar lantai tingkat)

K. Ketidakberaturan Vertikal

struktur ini tidak mengalami ketidakberaturan vertikal

1. Perhitungan Struktur

a. Perhitungan Pelat

- mutu beton (F_c) (Mpa) = 30
- tegangan leleh baja U39 (F_y) (Mpa) = 390
- tebal plat (h) (mm) = 140
- tebal selimut beton (t_s) (mm) = 20
- Rasio tulangan pada kondisi *balance*, $\rho_b = \beta_1 \cdot 0,85 \cdot f_c / f_y \cdot 600 / (600 + f_y) = 0,0331$
- Rasio tulangan maksimum = $\rho_{max} = ((0,003 + f_y / E_s) / 0,008) \cdot \rho_b = 0,0205$
- Faktor tahanan momen maksimum, $R_{max} = 0,9 \cdot \rho_{max} \cdot f_y \cdot [1 - \rho_{max} \cdot f_y / (1,7 \cdot f_c')] = 6,0628$
- Momen numinal rencana (M_n) (kNm) = $M_u / \phi = 28,684$
- Faktor tahanan momen (R_n) = $M_n \cdot 10^{-6} / (b \cdot d^2) = 2,2266$
- Rasio tulangan digunakan (ρ) = 0,006
- Luas tulangan yang diperlukan (A_s) (mm²) = $\rho \cdot b \cdot d = 679$
- Jarak tulangan yang diperlukan (s) (mm) = $\pi / 4 \cdot D^2 \cdot b / A_s = 195$
- Digunakan tulangan arah X D13 – 150
- Digunakan tulangan arah Y D13 – 150

Tabel 8. Kebutuhan tulangan pelat

Pelat	Tebal (mm)	Tulangan arah X	Tulangan arah Y
P1	140	D13-150	D13-150
P2	140	D13-150	D13-150
P3	150	D13-150	D13-150

b. Perhitungan Balok

- Syarat balok SRPMK
Gaya aksial tekan terfaktor pada komponen struktur lentur dibatasi maksimum $0,1 \cdot A_g \cdot F_c$:
 $A_g = b \cdot h = 210000$ $0,1 \cdot A_g \cdot F_c = 630$ kN
Gaya aksial tekan akibat beban kombinasi gaya gempa dan gravitasi $E_v = 0,2 \cdot S_d \cdot D_{Qu} \cdot L_n + 0,2 \cdot S_d \cdot D = 48$ kN $630 > 48$ aman
- Bentang bersih komponen struktur tidak boleh kurang dari 4 kali tinggi efektif (d') $L_n / d = 8,63 > 4$ aman
- Perbandingan lebar balok terhadap tinggi balok tidak boleh kurang dari $0,3 B / h = 0,43 > 0,3$ aman
- Lebar balok tidak boleh: Kurang dari 250mm = $300 > 250$ aman Melebihi $0,75$ lebar kolom = $(0,75 \cdot 450) = 337,5 = 300 < 337,5$ aman
- Pengecekan nilai V_c
 $V_{pr} = (M_{pr} b_1 + M_{pr} b_2) / L_n = 201,077$ Kn
 $V_g = 1,2 D + 1 L = 84,6592$ kN
 $V_e = V_{pr} + V_g = 285,736$
- Nilai tahanan geser beton (V_c) harus bernilai 0 jika $V_{pr} > \frac{1}{2} V_e$, dan $P_u < A_g \cdot F_c / 20$. $V_{pr} (201,077) > \frac{1}{2} V_e (142,868)$ $P_u (48) < A_g \cdot F_c / 20 (1260)$ Maka nilai V_c harus bernilai 0

Dikarenakan $V_e (285,736) < V_u (345,135)$ maka gaya geser pada tumpuan digunakan nilai $V_u = 345,135$

Jarak sengkang maksimum (SNI-2847-2013) = $d / 4 = 156,25$
Jarak sengkang maksimum (SNI-2847-2013) = $6 \cdot D = 132$
Jarak sengkang maksimum (SNI-2847-2013) = $150 = 150$

Tabel 9. Kebutuhan tulangan balok

Tipe balok	Ukuran balok (mm)	Tumpuan		Lapangan	
		Atas	Bawah	Atas	Bawah
B1	300X700	7D22	4D22	3D22	5D22
B2	300X500	6D22	3D22	2D22	4D22
Ba	250X350	3D16	2D16	2D16	2D16

c. Perhitungan Kolom

- Syarat kolom SRPMK Perbandingan lebar dengan tinggi tidak kurang dari 0,4 dan 300 mm
 $b / h = 450 / 900 = 0,5 > 0,4$, aman $b = 450 > 300$ mm, aman
- Luas tulangan longitudinal tidak boleh kurang dari 0,01Ag (luas penampang) dan tidak boleh lebih dari 0,06Ag $A_g = b \cdot h = 405000 \text{ mm}^2$
- Luas tulangan . jumlah tulangan $= (1/4 \cdot \pi \cdot 22^2) \cdot 24 = 9118,56 \text{ mm}^2$
- Luas tulangan longitudinal $= 9118,56 / 405000 = 0,0225$, aman
- Kolom kuat balok lemah ($M_n c1 + M_n c2$) $> 1,2$ ($M_n b1 + M_n b2$) $3936,55 > 839,8$ aman
- Tulangan transversal
 $0,3 \cdot (A_g \cdot A_{ch} - 1) / (F_c / F_y) = 0,00901$
 $0,09 \cdot (F_c / F_y) = 0,00807$
 Syarat jarak tulangan transversal (s) seperti berikut: $1/4 \cdot b = 112,5 \text{ mm}$
 6 kali diameter tulangan longitudinal $= 132 \text{ mm}$
 $S_o = 100 + ((350 - x_i) / 3) = 159,67$
 So tidak perlu melebihi $= 150 \text{ mm}$
 So tidak perlu kurang dari $= 100 \text{ mm}$
 So pakai $= 100 \text{ mm}$
- Lokasi daerah sendi plastis kolom(L_o)
 Tinggi penampang komponen struktur $= h = 900 \text{ mm}$, $1/6$ bentang komponen struktur $= 1/6 \cdot L = 666,667 \text{ mm}$
 Tidak boleh kurang dari $= 450 \text{ mm}$
 L_o pakai $= 1000 \text{ mm}$

Tabel 10. Kebutuhan tulangan kolom

Tipe kolom	Ukuran kolom (mm)	Tulangan
K1	450X900	24D22
K2	550X550	16D22

d. Perhitungan Shearwall

nilai gaya geser (V) $> 0,083 \cdot A_{cv} \cdot \lambda \cdot \sqrt{F_c}$ maka menggunakan tulangan minimum 0,0025 Dipasang tulangan 2D13-200 $= 265,33 \text{ mm}^2$

$$V_s = ((A_{vt} \cdot f_y \cdot d) / s) = 2483489 \text{ N}$$

$$\rho = (A_{vt} / (T_w \cdot s)) = 0,00379$$

$$\rho = 0,00379 > \rho_{min} = 0,0025$$

$$H_w / l_w = 0,75 < 1,5 \text{ maka } \alpha_c = 0,25$$

$$A_{cv} = 2100000 \text{ mm}^2$$

$$\rho_t = A_s / T_w \cdot s = 0,00379$$

$$V_n = A_{cv} \cdot (\alpha_c \cdot \lambda \cdot \sqrt{F_c} + \rho_t \cdot F_y) = 6210303 \text{ N}$$

$$\Theta = 0,6$$

$$\Theta \cdot V_n = 3726,18 \text{ kN}$$

$$\Theta V_n (3726,18) > V (1480,8), \text{ aman}$$

Tabel 11. Kebutuhan tulangan shearwall

Tipe shearwall	Tebal (mm)	Bentang (m)	Tulangan
Sw1	350	6	D13-200
Sw2	350	5	D16-200

e. Perhitungan Hubungan Balok Kolom

$$V_e (\text{kN}) = (M_{pr} b1 \cdot D_f + M_{pr} b2 \cdot D_f) / L = 142,87$$

Jumlah tulangan momen negatif area tumpuan balok $= 7 \text{ D } 22$

$$\text{Luas tulangan } 7 \text{ D } 22 (A_s) (\text{mm}^2) = 2659,5$$

$$T1 (\text{kN}) = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y = 1296,5$$

$$C1 (\text{kN}) = T1 = 1296,5$$

Jumlah tulangan momen positif area tumpuan balok $= 4 \text{ D } 22$

$$\text{Luas tulangan } 4 \text{ D } 22 (A_s) (\text{mm}^2) = 1519,7$$

$$T2 (\text{kN}) = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y = 740,88$$

$$C2 (\text{kN}) = T2 = 740,88$$

Gaya geser pada HBK

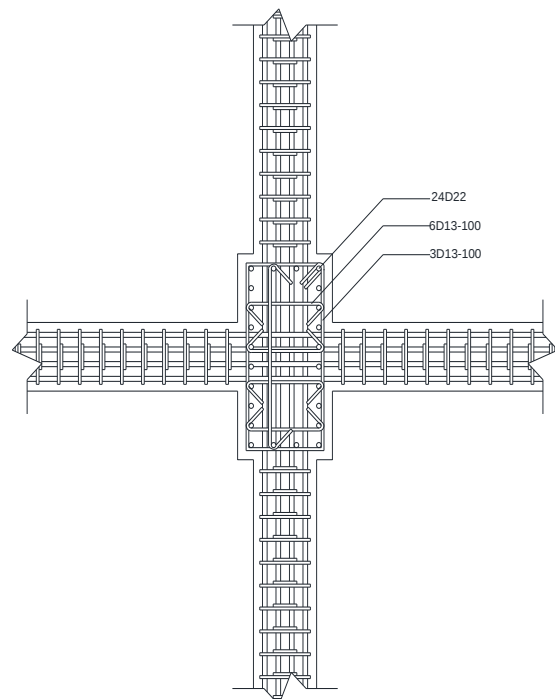
$$(V_j) (\text{kN}) = (C1 + C2 - V_e) = 1894,5$$

Tahanan geser HBK

$$(V_n) (\text{kN}) = 1,7 \cdot \sqrt{f_c} \cdot A_j = 3771,1$$

$$\text{Faktor reduksi } (\Theta) = 0,75$$

$$\Theta V_n (2828,3) > V_j (1894,55) \text{ aman}$$



Gambar 6. Detail penulangan HBK tengah

5. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan keseluruhan hasil analisis yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Perencanaan struktur gedung apartemen di daerah Cianjur berkategori desain seismik (KDS) D dan kategori risiko II direncanakan dengan metode ganda yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan dinding geser, dan direncanakan dengan perhitungan gempa dinamik.
2. Struktur telah lolos pengecekan: jumlah ragam, simpangan antar lantai, p -delta, sistem ganda, ketidakberaturan horisontal, ketidakberaturan vertikal, reduksi.
3. Hasil analisis struktur seperti berikut:

a. Kolom

Tipe kolom	Dimensi (mm)	Tulangan utama	Tulangan geser		
			tumpuan		lapangan
			Arah lebar (b)	Arah panjang (h)	
K1	450x900	24D22	3D13-100	6D13-100	2D13-100
K2	550x550	16D22	4D13-100	4D13-100	2D13-100

b. Shearwall

Bentang (m)	Tebal (mm)	Jumlah tulangan	Tulangan vertikal	Tulangan horisontal
6	350	62D13	2D13-200	2D13-200
5	350	52D16	2D16-200	2D16-200

c. Balok

tipe	Dimensi (mm)	Tulangan lentur				Tulangan geser	
		Tumpuan		lapangan			
		Tul atas	Tul bawah	Tul atas	Tul bawah	Tumpuan	lapangan
Balok induk 1	300x700	7D22	4D22	3D22	5D22	4D13- 100	2D13- 200
Balok induk 2	300x500	6D22	3D22	4D22	2D22	3D13- 100	2D13- 200
Balok anak	250x350	3D16	2D16	2D16	2D16	2Ø12- 200	2Ø12- 200
Balok tangga	150x300	2Ø12	2Ø12	2Ø12	2Ø12	2Ø10- 200	2Ø10- 200

d. Pelat

Tipe	Tebal (mm)	Tul arah x	Tul arah y
Pelat lantai	140	D13-150	D13-150
Pelat lift	150	D13-150	D13-150
Pelat tangga	140	D13-200	D13-200

e. Hubungan balok kolom (HBK)

Tipe	Sengkang	T1(kN)	C1(kN)	Vu(kN)	Vn(kN)	0,75Vn	Cek
K1	6D13-100	1296,5	1296,5	1894,5	3771,1	2828,3	Ok
K2	4D13-100	1296,5	1296,5	1106,1	1988,2	1491,1	Ok

B. Saran

Dalam perencanaan suatu struktur harus dilakukan studi yang lebih mendalam dengan mempertimbangkan aspek teknis, ekonomi dan estetika, sehingga diharapkan perencanaan dapat dilaksanakan mendekati sesungguhnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus Setiawan, 2016, *Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847-2013*, Yogyakarta : Erlangga.
- Asroni, A, 2010. *Balok dan Pelat Beton Bertulang*, Yogyakarta : Graha Ilmu
- Kementerian Pekerjaan Umum, 2012, *SNI-2847-2002 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. Bandung.
- Kementerian Pekerjaan Umum, 2012, *SNI-1726-2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung*. Bandung.
- Kementerian Pekerjaan Umum, 2012, *SNI-1727-2013 Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung Dan Struktur Lain*. Bandung.
- Kementerian Pekerjaan Umum, 2012, *SNI-2847-2013 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. Bandung.
- Merriam-Webster.com. 15 Maret, 2021. *Steel*. 2021, dari <https://www.merriam-webster.com/dictionary/steel/>. Diakses pada 21 Maret 2021
- Pujianto, A. 2011. *Struktur Komposit Dengan Metode LRFD*: MIT Press. <https://ekhalmussaad.files.wordpress.com/2011/03/7-komposit.doc>. Diakses pada 21 Maret 2021
- Schodek, Daniel L, 1999. *Struktur Edisi kedua*, Jakarta : Erlangga.
- Sudarmoko 1996, *Diagram Perancangan Kolom Beton Bertulang*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.