

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN “NISCALA” BETON BERTULANG 10 LANTAI DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM GANDA DI KOTA SURABAYA

¹Freshia Puspa Sari Dewi dan ²Soerjandani Priantoro Machmoed*

^{1,2}Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Wijaya Kusuma Surabaya

Jl. Dukuh Kupang XX No. 54, Kota Surabaya, 60225, Jawa Timur, Indonesia

E-mail: freshiapuspa@gmail.com & soerjandani@uwks.ac.id*

*Koresponden

ABSTRAK: Indonesia merupakan negara dengan resiko gempa tinggi yang memiliki banyak kota, salah satunya Kota Surabaya. Lahan yang ada tidak dapat menampung jumlah penduduk di Kota Surabaya yang semakin meningkat. Untuk mengatasi hal tersebut dilakukan pembangunan hunian secara vertikal, yaitu dengan membangun Gedung Apartemen. Gedung Apartemen Niscala direncanakan 10 lantai, dengan tinggi 40 m, panjang 48 m, dan lebar 16 m. Digunakan peraturan SNI 1726:2019, SNI 2847:2019, dan SNI 1727:2020. Sistem Ganda dipilih karena terjadi interaksi gabungan antara portal (SRPMK) dan dinding geser (SDS) sehingga sistem tersebut memiliki kemampuan yang baik dalam memikul gaya geser yang terjadi. Perencanaan meliputi komponen struktur gedung dan pemodelan serta analisis desain struktur menggunakan program bantu komputer. Dinding geser mampu menahan gaya geser sebesar $\leq 75\%$ dan pada SRPMK sebesar $\geq 25\%$ sesuai dengan yang disyaratkan. Nilai simpangan terbesar berada pada arah sumbu Y pada lantai 3 sebesar 52,71 mm. Nilai simpangan yang terjadi kurang dari nilai yang disyaratkan, yaitu 80 mm.

KATA KUNCI : Beton Bertulang, Dinding Geser, Sistem Ganda, SRPMK, Surabaya

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara dengan jumlah terjadinya gempa tertinggi ke-2 di dunia. Hal tersebut dikarenakan Indonesia dilalui Jalur Cincin Api Pasifik (*Ring of Fire*). Kota Surabaya memiliki nilai Respon Spektra 0,64 g terhadap batuan tanah lunak (Dirjen Cipta Karya, 2021). Berdasarkan topografinya, termasuk ke dalam daerah pesisir yang berbatasan langsung dengan laut yang merupakan salah satu hilir aliran Sungai Brantas yang banyak membawa sedimentasi hasil dari erosi yang terjadi di hulu. Sedimentasi ini terus mengendap selama bertahun-tahun sehingga membentuk lapisan tanah yang ada di Kota Surabaya. Total penduduk Kota Surabaya tahun 2020 adalah sebanyak 2.904.751 jiwa (Badan Statistik Nasional, 2020). Banyaknya jumlah penduduk yang ada di Kota Surabaya menyebabkan tingginya permintaan akan kebutuhan tempat tinggal yang layak semakin meningkat, luas wilayah Kota Surabaya tidak dapat menampung jumlah penduduk yang terus meningkat dikemudian hari apabila membangun hunian secara horizontal. Untuk mengatasi hal tersebut dilakukan pembangunan hunian secara vertikal, yaitu dengan membangun Gedung Apartemen. Beton bertulang dipilih karena memiliki banyak keunggulan. Metode yang dipilih adalah Metode

Sistem Ganda (*Dual System*). Gabungan sistem antara Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) dan Sistem Dinding Struktural (SDS) disebut dengan Sistem Ganda. Sistem ini lebih mampu menahan beban gempa akibat adanya interaksi gabungan antara portal (SRPM) dan dinding geser (SDS). Menjadikan Sistem Ganda dapat menahan beban gempa dalam Teknik Penanganan struktur bangunan (Kusuma, 2019). Sistem rangka ruang yang beroperasi melalui aksi lentur, geser, dan aksial pada komponen struktur berupa balok, kolom dan sambungan (*joint*) disebut dengan SRPM (Imran, 2014a). sementara itu dinding yang dirancang untuk menahan gabungan gaya geser, momen, dan aksial akibat gempa dikenal dengan SDS (Imran, 2014b). *Shearwall* adalah dinding yang mempunyai fungsi menahan beban horizontal dan meningkatkan kekakuan serta meneruskan beban ke pondasi (Medriosa, 2018). Bangunan ini diperkuat dengan dinding penahan beban (*Shearwall*) karena dianggap lebih efisien dibandingkan bangunan rangka kaku, mengingat potensi kehancurannya yang terbatas, keamanannya secara keseluruhan, dan keandalan strukturnya (Halim, 2015). Penggunaan sistem ini di Kota Surabaya selain karena memiliki kemampuan yang baik dalam menahan gaya geser juga bertujuan untuk memperkecil dimensi

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN “NISCALA” BETON BERTULANG 10 LANTAI DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM GANDA DI KOTA SURABAYA

(Freshia Puspa Sari Dewi, Soerjandani Priantoro Machmoed)

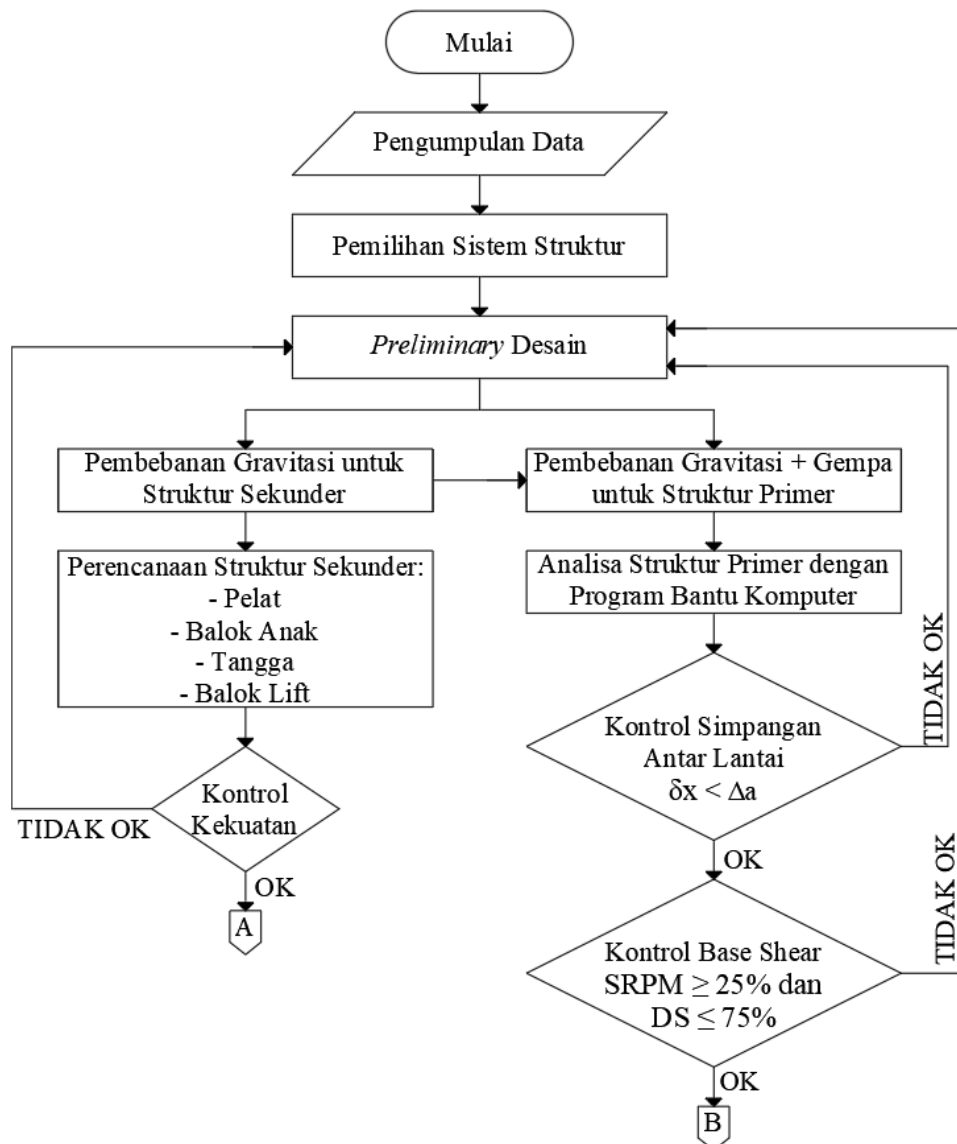
kolom dan balok yang digunakan. Gaya-gaya yang seharusnya diterima oleh portal kini hampir $\leq 75\%$ didistribusikan ke dinding geser, portal hanya menerima $\geq 25\%$ gaya. Semakin kecil gaya yang diterima oleh balok dan kolom, maka semakin kecil pula dimensi yang dapat digunakan.

Rumusan masalah dalam perencanaan struktur gedung Apartemen Niscala mencakup tiga pertanyaan utama, yaitu apakah telah dipenuhi persyaratan SNI 1726:2019 Pasal 7.2.5.8 mengenai gaya geser yang diterima oleh SRPMK $\geq 25\%$ dan $DS \leq 75$, apakah nilai simpangan antar lantai sesuai dengan SNI 1726:2019 Pasal 7.12.1, dan berapa tebal dinding serta penulangan yang digunakan dalam perencanaan dinding geser.

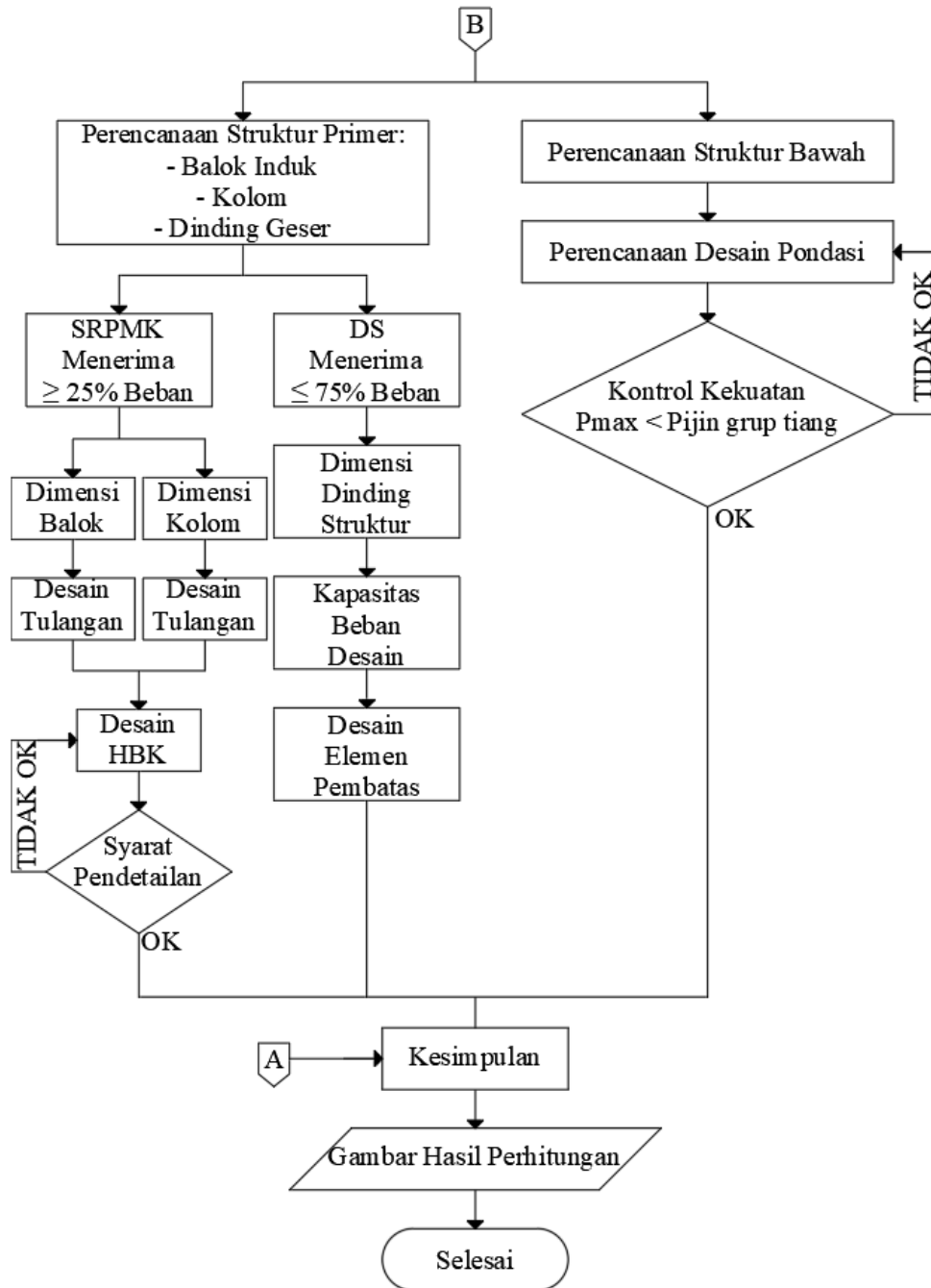
Tujuan dari perencanaan ini adalah untuk memastikan pemilihan sistem ganda memenuhi persyaratan yang ditetapkan, memastikan bahwa nilai simpangan antar lantai tidak melebihi nilai simpangan yang diizinkan, dan merencanakan dinding geser pada struktur gedung Apartemen Niscala sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

2. METODOLOGI PERENCANAAN

Perencanaan Apartemen Niscala dimulai dengan pengumpulan data, kemudian dilakukan pemilihan sistem struktur dan dilakukan perhitungan *Preliminary* Desain. Dilanjutkan sesuai dengan Gambar 1. sehingga didapatkan *output* perencanaan berupa gambar hasil perhitungan.



Gambar 1. Flow Chart Perencanaan



Gambar 2. Flow Chart Perencanaan (Lanjutan)



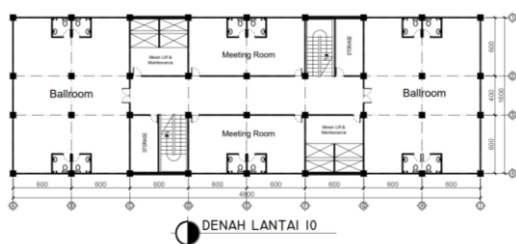
Gambar 3. Denah Perencanaan Lantai 1



Gambar 4. Denah Perencanaan Lantai 2-9

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN “NISCALA” BETON BERTULANG 10 LANTAI DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM GANDA DI KOTA SURABAYA

(Freshia Puspa Sari Dewi, Soerjandani Priantoro Machmoed)

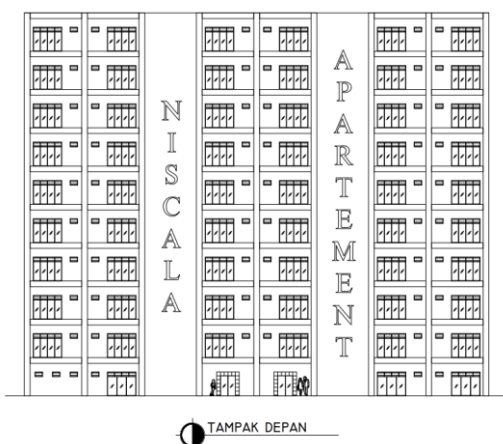


Gambar 5. Denah Perencanaan Lantai 10

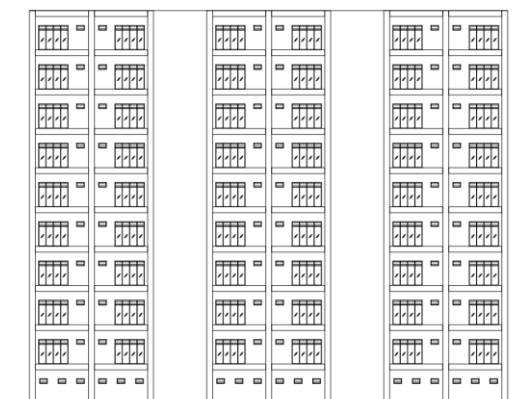
Gambar denah perencanaan untuk lantai 1 sampai dengan denah lantai 10 terdapat pada Gambar 2. hingga Gambar 4. Apartemen Niscala memiliki 4 Dinding Geser, yang terletak pada bentang C1 – D1, bentang F1 – G1, bentang C4 – D4, dan bentang F4 – G4. Berdasarkan jenisnya, direncanakan menggunakan jenis Dinding Geser Kantilever. Berdasarkan posisi/letaknya, direncanakan menggunakan jenis *Frame Wall*, yaitu posisi/letak Dinding Geser berada di sekitar bangunan. Dinding Geser direncanakan menggunakan material beton bertulang.

Pada lantai 1 berisi area publik yaitu: resepsionis, *lobby*, kantor, gudang, cafe, restoran ruang serbaguna, lift, dan tangga darurat. Pada lantai 2 hingga lantai 9 berisi kamar apartemen dengan masing-masing lantai memiliki kamar berjumlah 12 buah, lift, dan tangga darurat. Pada lantai 10 berisi *ballroom*, *meeting room*, ruang mesin lift dan maintenance, dan tangga.

Desain tampak depan apartemen dapat dilihat pada Gambar 5. dan untuk desain tampak belakang apartemen dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Tampak Depan Apartemen



TAMPAK BELAKANG

Gambar 7. Tampak Belakang Apartemen

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Preliminary Desain

Memperkirakan dimensi/ukuran dari setiap bagian struktur pada tahap awal perencanaan disebut dengan *Preliminary Desain* (Trisya, 2020). Dimensi awal dalam perencanaan struktur gedung adalah untuk balok induk digunakan dimensi 40 x 60 cm, balok anak 20 x 40 cm, kolom 60 x 60 cm, serta untuk dinding geser direncanakan dengan tebal 30 cm. Digunakan mutu beton (f_c') sebesar 35 MPa dan mutu baja (f_y) sebesar 420 MPa.

3.2 Struktur Sekunder

Struktur sekunder merupakan elemen konstruksi yang tidak menopang tahanan keseluruhan namun tetap menerima beban langsung atau perubahan bentuk relatif terhadap struktur primer (Kusuma, 2019).

Pelat Atap

Pelat atap direncanakan setebal 12 cm, menggunakan tulangan arah X sebesar D10-300 mm, dan tulangan arah Y sebesar D10-300 mm.

Pelat Lantai

Pelat lantai direncanakan setebal 12 cm, menggunakan tulangan arah X sebesar D10-300 mm, dan tulangan arah Y sebesar D10-300 mm.

Balok Anak Atap (20 x 40 cm)

Tul. Utama = D12 mm

Tul. Sengkan = Ø10 mm

Tulangan Utama Tumpuan:

Daerah Tarik = 4D12 (452 mm²)

Daerah Tekan = 2D12 (226 mm²)

Tulangan Utama Lapangan:

Daerah Tarik = 3D12 (339 mm²)

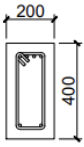
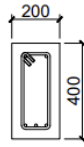
Daerah Tekan = 2D12 (226 mm²)

Tulangan Sengkan:

Tumpuan = Ø10-100 mm

Lapangan = Ø10-100 mm

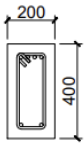
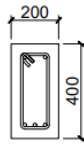
Detail gambar perencanaan untuk balok anak atap dapat dilihat dalam Gambar 7.

Nama	Balok Anak Atap 20/40	
Letak	Tumpuan	Lapangan
Gambar		
Tulangan Atas	4D12	2D12
Tulangan Bawah	2D12	3D12
Sengkang	Ø10 - 100	Ø10 - 100

Gambar 8. Balok Anak Atap

Balok Anak Lantai (20 x 40 cm)

Tul. Utama = D14 mm
 Tul. Sengkang = Ø10 mm
 Tulangan Utama Tumpuan:
 Daerah Tarik = 4D14 (616 mm²)
 Daerah Tekan = 2D14 (308 mm²)
 Tulangan Utama Lapangan:
 Daerah Tarik = 3D14 (462 mm²)
 Daerah Tekan = 2D14 (308 mm²)
 Tulangan Sengkang:
 Tumpuan = Ø10-100 mm
 Lapangan = Ø10-100 mm
 Detail gambar perencanaan untuk balok anak lantai dapat dilihat dalam Gambar 8.

Nama	Balok Anak Lantai 20/40	
Letak	Tumpuan	Lapangan
Gambar		
Tulangan Atas	4D14	2D14
Tulangan Bawah	2D14	3D14
Sengkang	Ø10 - 100	Ø10 - 100

Gambar 9. Balok Anak Lantai

Tangga

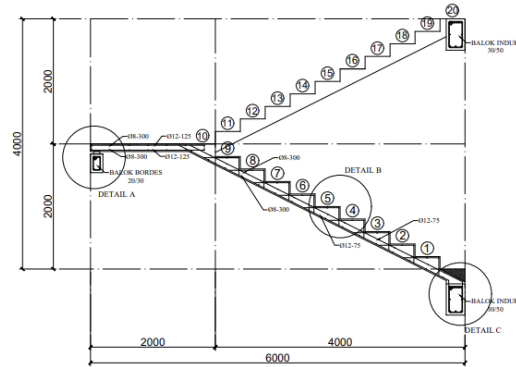
Tangga pada perencanaan ini direncanakan memiliki elevasi bordes setinggi 200 cm, panjang 300 cm, dan lebar 200 cm. Memiliki 20 injakan, masing-masing injakan memiliki tinggi 20 cm dan lebar 40 cm.
 Detail gambar potongan tangga dapat dilihat dalam Gambar 9. dan denah tangga dapat dilihat pada Gambar 10.

Penulangan Pelat Miring Tangga:

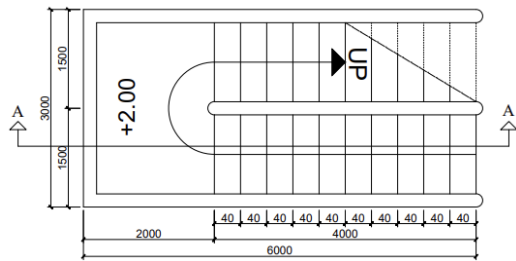
Arah X = D12-75 (1.508 mm²)
 Arah Y = D12-75 (1.508 mm²)

Penulangan Pelat Bordes Tangga:

Arah X = D12-125 (905 mm²)
 Arah Y = D12-125 (905 mm²)



Gambar 10. Potongan Tangga





Gambar 11. Denah Tangga

Balok Bordes Tangga (20 x 30 cm)

Tul. Utama = D12 mm
 Tul. Sengkang = Ø10 mm
 Tulangan Utama Tumpuan:
 Daerah Tarik = 4D12 (452 mm²)
 Daerah Tekan = 2D12 (226 mm²)
 Tulangan Utama Lapangan:
 Daerah Tarik = 3D12 (339 mm²)
 Daerah Tekan = 2D12 (226 mm²)
 Tulangan Sengkang:
 Tumpuan = Ø10-50 mm
 Lapangan = Ø10-50 mm

Detail gambar perencanaan untuk balok bordes tangga dapat dilihat dalam Gambar 11.

Nama	Balok Bordes Tangga 20/30	
Letak	Tumpuan	Lapangan
Gambar		
Tulangan Atas	4D12	2D12
Tulangan Bawah	2D12	3D12
Sengkang	Ø10 - 50	Ø10 - 50

Gambar 12. Balok Bordes Tangga

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN “NISCALA” BETON BERTULANG 10 LANTAI DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM GANDA DI KOTA SURABAYA

(Freshia Puspa Sari Dewi, Soerjandani Priantoro Machmoed)

Balok Lift (30 x 40 cm)

Tul. Utama = D122 mm

Tul. Sengkang = Ø16 mm

Tulangan Utama Tumpuan:

Daerah Tarik = 5D22 (1.901 mm²)

Daerah Tekan = 3D22 (1.140 mm²)

Tulangan Utama Lapangan:

Daerah Tarik = 5D22 (1.901 mm²)

Daerah Tekan = 3D22 (1.140 mm²)

Tulangan Sengkang:

Tumpuan = Ø16-100 mm

Lapangan = Ø16-100 mm

Detail gambar perencanaan untuk lift dapat dilihat dalam Gambar 12.

Nama	Balok Penggantung Lift 30/40	
Letak	Tumpuan	Lapangan
Gambar		
Tulangan Atas	5D22	3D22
Tulangan Bawah	3D22	5D22
Sengkang	Ø14 - 50	Ø14 - 50

Gambar 13. Balok Lift

3.3 Pembebanan Gempa

Klasifikasi Situs = Tanah Lunak (SE)

KDS = D

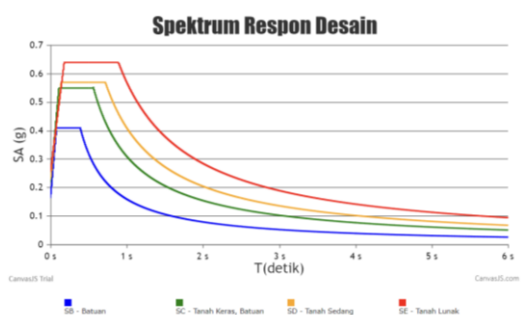
Nilai SD1 = 0,57

Nilai SDS = 0,64

Nilai Cd = 5,50

Nilai R = 7,00

Nilai SDS Kota Surabaya didapatkan dari grafik Spektrum Respon Desain pada Gambar 13.



Gambar 14. Respon Spektrum Kota Surabaya

Perhitungan beban gempa diperlukan nilai berat gedung. Berat gedung apartemen ini sebesar 9.654.248 Kg didapat dari perhitungan pada Tabel 1.

Tabel 1. Berat Gedung

Lantai	Tinggi (m)	Berat (kg)
10	40	883.712
9	36	976.040
8	32	974.312
7	28	974.312
6	24	974.312
5	20	974.312
4	16	974.312
3	12	974.312
2	8	974.312
1	4	974.312
Total		9.654.248

Nilai Koefisien Respon Seismik (Cs)

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,64}{\left(\frac{7}{1}\right)} = 0,09143$$

Nilai Gaya Geser Dasar Seismik (V)

$$V = C_s \cdot W = 0,09143 \times 9.654.248$$

$$V = 882.674 \text{ Kg}$$

Gaya Seismik Lateral (Fi) ditentukan sesuai dengan persamaan:

$$k = 1 + \left[\left(\frac{T_a - 0,5}{2,5 - 0,5} \right) \times (2 - 1) \right]$$

$$k = 1 + \left[\left(\frac{1,28 - 0,5}{2,5 - 0,5} \right) \times (2 - 1) \right] = 1,39$$

Nilai gaya seismik lateral untuk masing-masing lantai dapat dilihat dalam Tabel 2.

Tabel 2. Gaya Seismik Lateral

Lantai	Tinggi (m)	$W \cdot Z^k$	F_i (kg)
10	40	148.995.839	173.936
9	36	142.143.856	165.937
8	32	120.463.790	140.628
7	28	100.057.055	116.805
6	24	80.759.139	94.277
5	20	62.680.109	73.172
4	16	45.964.742	53.659
3	12	30.814.845	35.973
2	8	17.538.528	20.474
1	4	6.692.085	7.812
$\Sigma W \cdot Z^k$		756.109.987	

Untuk mengantisipasi adanya kegagalan struktur, nilai Simpangan Antar Lantai Desain (δ_x) kurang dari Simpangan Antar Lantai Ijin (Δ_a). Nilai simpangan untuk setiap lantai dapat dilihat dalam Tabel 3.

Nilai Simpangan Antar Lantai Ijin (Δ_a)

$$\Delta_a = 0,020 \times h_{sx} = 0,020 \times 4000 = 80 \text{ mm}$$

Nilai Simpangan Antar Lantai Desain (δ_x)

$$\delta_x X = \frac{C_d \cdot \delta_{xe}}{I_e} = \frac{5,5 \times (35,23 - 31,15)}{1}$$

$$\delta_x X = 22,45 \text{ mm}$$

$$\delta_{xY} = \frac{C_d \cdot \delta_{xe}}{I_e} = \frac{5,5 \times (64,48 - 62,49)}{1}$$

$$\delta_{xY} = 10,92 \text{ mm}$$

Tabel 3. Simpangan Antar Lantai

Lantai	$\delta_x X$	$\delta_x Y$	Δa	Ket
10	22,45	10,92	80	OK
9	23,28	18,13	80	OK
8	23,75	26,00	80	OK
7	23,89	33,34	80	OK
6	23,42	39,89	80	OK
5	22,17	45,61	80	OK
4	19,97	50,23	80	OK
3	16,66	52,71	80	OK
2	12,12	49,48	80	OK
1	6,04	28,31	80	OK
0	0,00	0,00	80	OK

Syarat persentase antara Sistem Rangka dan Dinding Struktur yang sesuai dengan SNI 1726:2019 adalah dari total beban yang bekerja SRPMK mampu memikul beban lebih dari 25% dan Dinding Geser mampu memikul beban sebesar kurang dari 75%. Analisa sistem ganda untuk gedung apartemen ini dapat dilihat dalam Tabel 4.

Tabel 4. Analisa Sistem Ganda

COMB	DS ≤ 75%			SRPMK ≥ 25%		
	FX (%)	FY (%)	Ket	FX (%)	FY (%)	Ket
1	50,00	50,00	OK	50,00	50,00	OK
2	50,00	50,00	OK	50,00	50,00	OK
3	70,00	68,74	OK	30,00	31,26	OK
4	69,80	68,80	OK	30,20	31,20	OK
5	73,68	72,78	OK	26,32	27,22	OK
6	69,89	68,79	OK	30,11	31,21	OK
7	69,70	68,70	OK	30,30	31,30	OK
8	68,94	67,84	OK	31,06	32,16	OK
9	69,40	68,40	OK	30,60	31,60	OK
10	69,00	68,10	OK	31,00	31,90	OK
11	66,49	64,49	OK	33,51	35,51	OK
12	67,10	65,60	OK	32,90	34,40	OK
13	66,68	64,98	OK	33,32	35,02	OK
14	66,30	63,80	OK	33,70	36,20	OK
15	69,51	68,91	OK	30,49	31,09	OK
16	69,35	66,95	OK	30,65	33,05	OK

3.4 Struktur Primer

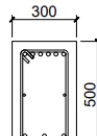
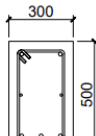
Balok Induk (30 x 50 cm)

Perencanaan Balok induk menggunakan momen terbesar yang terjadi sesuai dengan yang tercantum dalam Tabel 5.

Tabel 5. Momen Balok Induk

Letak	Momen (kgm)
Tumpuan	20.307,59
Lapangan	11.215,35

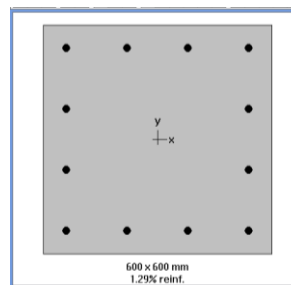
Dimensi = 30 x 50 cm
 Tul. Utama = D19 mm
 Tul. Sengkang = Ø10 mm
 Tulangan Utama Tumpuan:
 Daerah Tarik = 6D19 (1.701 mm²)
 Daerah Tekan = 3D19 (851 mm²)
 Tulangan Utama Lapangan:
 Daerah Tarik = 3D19 (851 mm²)
 Daerah Tekan = 2D19 (567 mm²)
 Tulangan Sengkang:
 Tumpuan = Ø10-100 mm
 Lapangan = Ø10-200 mm
 Detail gambar perencanaan untuk balok induk dapat dilihat dalam Gambar 14.

Nama	Balok Induk 30/50	
Letak	Tumpuan	Lapangan
Gambar		
Tulangan Atas	6D19	2D19
Tulangan Bawah	3D19	3D19
Sengkang	Ø10 - 100	Ø10 - 200

Gambar 15. Balok Induk

Kolom (60 x 60 cm)

h_{Kolom} = 4000 mm
 Jarak Antar Kolom = 6000 mm
 Tul. Utama = D22 mm
 Tul. Sengkang = Ø14 mm
 Kolom *sway* atau *non-sway*:
 $P_u = 192.428,7 \text{ Kg} = 1.924.287 \text{ N}$
 $V_u = 17.349,08 \text{ Kg} = 173.490,8 \text{ N}$
 $M_2 = 11.186,99 \text{ Kg} = 111.869,9 \text{ N}$
 $M_1 = 5.675,47 \text{ Kg} = 56.754,7 \text{ N}$
 $D_0 = 0,0051 \text{ m} = 5,1 \text{ mm}$
 $Q = \frac{P_u \cdot \Delta_0}{V_u \cdot L_c} = \frac{74.731,4 \times 5,1}{89.320,5 \times 4.000} = 0,014$
 $Q < 0,05$ (Kolom *non-sway*)

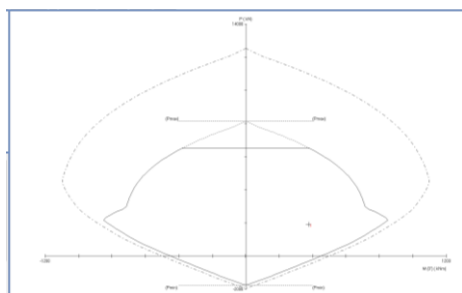


Gambar 16. Penampang Kolom

Output dari Analisa Kolom pada Gambar 15. didapatkan jumlah tulangan 12 buah diameter 22 mm, prosentase spColumn 1,29% sesuai dengan Gambar 16. telah memenuhi persyaratan.

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN “NISCALA” BETON BERTULANG 10 LANTAI DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM GANDA DI KOTA SURABAYA

(Freshia Puspa Sari Dewi, Soerjandani Priantoro Machmoed)



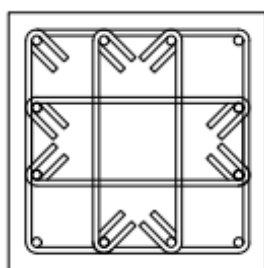
Gambar 17. Output Analisa Kolom

Tulangan Sengkang:

Tumpuan = 4D14-100 mm

Lapangan = 4D14-100 mm

Detail gambar perencanaan untuk kolom dapat dilihat dalam Gambar 17.



Gambar 18. Detail Penulangan Kolom

Hubungan Balok-Kolom (HBK)

HBK Terkekang 4 Balok

Nilai Gaya Geser Bersih pada Joint

$$V_{x-x} = T_1 + T_2 - V_u$$

$$V_{x-x} = 893,025 + 446,775 - 150,94$$

$$V_{x-x} = 1.188,86 \text{ kNm}$$

Nilai V_n

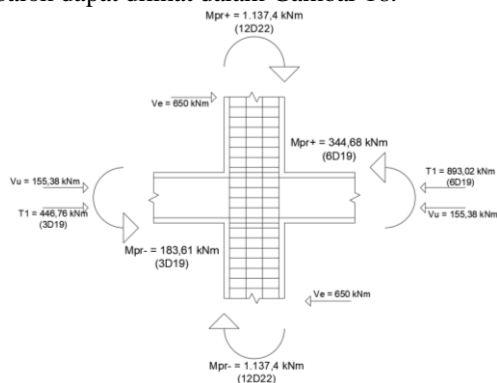
$$V_n = 1,2\sqrt{f'_c}A_j$$

$$V_n = 1,7 \times \sqrt{35} \times (600 \times 600)$$

$$V_n = 3.620.641 \text{ N} = 3.620,6 \text{ kN}$$

$$V_n > V_{x-x}$$

Gaya-gaya yang bekerja pada HBK terkekang 4 balok dapat dilihat dalam Gambar 18.



Gambar 19. HBK Terkekang 4 Balok

HBK Terkekang 2 atau 3 Balok

Nilai Gaya Geser Bersih pada Joint

$$V_{x-x} = T_1 - V_u$$

$$V_{x-x} = 893,025 - 98,48$$

$$V_{x-x} = 794,545 \text{ kNm}$$

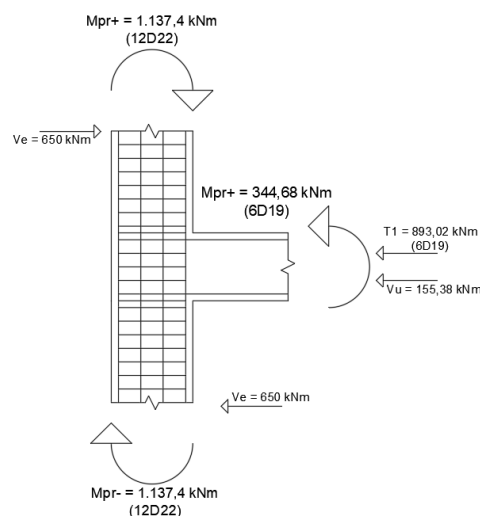
Nilai V_n

$$V_n = 1,2\sqrt{f'_c}A_j = 1,2 \times \sqrt{35} \times (600 \times 600)$$

$$V_n = 2.555.746 \text{ N} = 2.555,7 \text{ kN}$$

$$V_n > V_{x-x}$$

Gaya-gaya yang bekerja pada HBK terkekang 3 atau 2 balok dapat dilihat dalam Gambar 19.



Gambar 20. HBK Terkekang 3 atau 2 Balok

Dinding Struktur

Tebal = 30 cm

Panjang = 600 cm

Tinggi = 4.000 cm

Tul. Utama = D22 mm

Tul. Sengkang = D19 mm

Perancangan struktur dinding geser menggunakan gaya-gaya yang bekerja pada lantai dasar (lantai 1), karena pada lokasi tersebut dinding struktur menerima beban gempa dari pondasi dan momen yang terjadi lebih besar daripada momen yang terjadi pada lantai yang lain.

Dinding Struktur yang direncanakan dipilih berdasarkan gaya terbesar yang terjadi diantara ke-empat Dinding Struktur yang ada. Pada perencanaan ini, Dinding Struktur pada As (1) bentang (A-B) yang menerima gaya terbesar sesuai yang tercantum dalam Tabel 6.

Tabel 6. Gaya pada Dinding Struktur

Kombinasi	Aksial (kN)	Geser (kN)	Momen (kNm)
Envelope	1.973,052	189,486	368,966

Jika gaya gabungan dari semua beban yang dihitung berada di tengah 1/3 dari tebal dinding kokoh berpenampang persegi, maka nilai P_n diijinkan untuk dihitung berdasarkan perumusan di bawah ini. Diagram interaksi desain untuk dinding struktur dengan elemen pembatas dapat dilihat dalam Gambar 20.

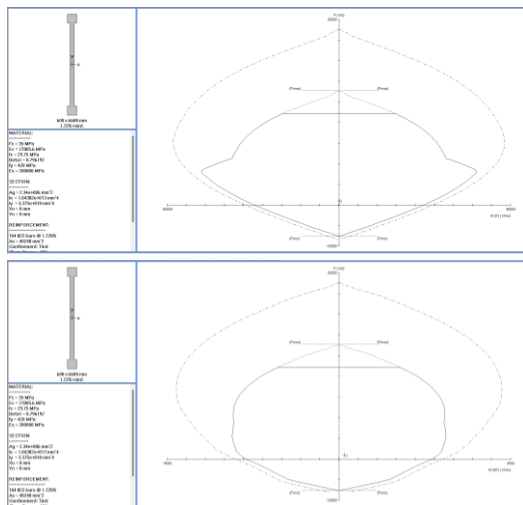
$$P_n = 0,55 \cdot f_c' \cdot A_g \left[1 - \left(\frac{kl_c}{32h} \right)^2 \right]$$

$$P_n = 0,55 \cdot 35 \cdot (300 \times 40.000) \left[1 - \left(\frac{0,8 \times 40.000}{32 \times 4.000} \right)^2 \right]$$

$$P_n = 216.562.500 \text{ N} = 216.562,5 \text{ kN}$$

$$P_n > P_u$$

$$216.562,5 \text{ kN} > 1.973,052 \text{ kN}$$

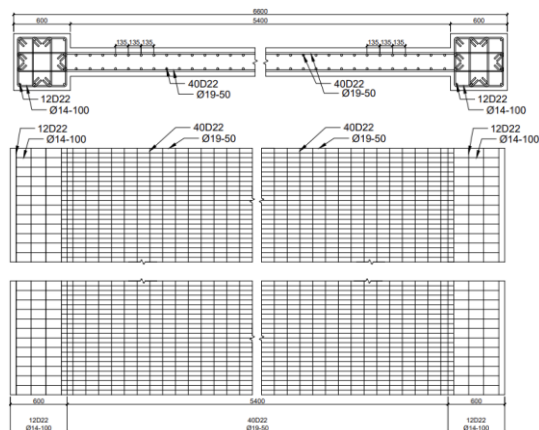


Gambar 21. Diagram Interaksi Desain

Penulangan Dinding Struktur:

- Tulangan Horizontal = D19-50 mm
- Tulangan Vertikal = 40D22-125 mm (2 lapis tulangan)

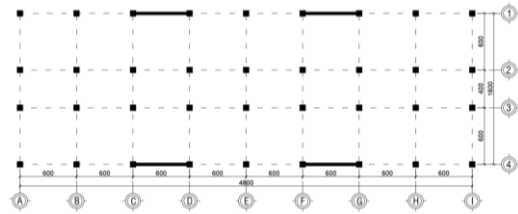
Detail gambar penulangan untuk dinding struktur dapat dilihat dalam Gambar 21.



Gambar 22. Detail Penulangan Dinding Struktur

3.5 Pondasi

Titik-titik perletakan pondasi pada perencanaan struktur gedung apartemen ini sesuai dengan yang digambarkan pada Gambar 22.



Gambar 23. Titik Perletakan Pondasi

Tabel 7. Berisi tentang nilai gaya aksial pondasi yang bekerja di setiap titik perletakan pondasi.

Tabel 7. Nilai Gaya Aksial Pondasi

Lokasi	Beban (ton)	Lokasi	Beban (ton)
A1	250	A2	302
B1	336	B2	448
C1 – D1	1.687	C2	404
		D2	402
E1	325	E2	454
F1 – G1	1.710	F2	371
		G2	404
H1	336	H2	447
I1	249	I2	301
A3	301	A4	249
B3	447	B4	336
C3	404	C4 – D4	1.710
D3	371	E4	325
E3	454	F4 – G4	1.687
F3	402	H4	336
G3	404	I4	250

Spesifikasi Tiang Pancang

- Dimensi = 500 x 500 mm
- Cross Section = 2.500 cm²
- Berat = 625 Kg/m
- Momen Retak = 15,16 tm
- Momen Lentur Ultimate = 18,68 tm
- Kuat Beban = 335,12ton
- Digunakan tiang pancang dengan panjang 29 m.

Daya Dukung Satu Tiang

Faktor keamanan dalam menghitung nilai ketahanan menahan beban tanah perlu dihitung dengan memperhatikan efektivitas kelompok tiang. Nilai daya dukung tiang pancang disesuaikan dengan tahanan pada lokasi tiang. Nilai daya dukung tiang dapat dilihat di bawah ini.

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN “NISCALA” BETON BERTULANG 10 LANTAI DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM GANDA DI KOTA SURABAYA

(Freshia Puspa Sari Dewi, Soerjandani Priantoro Machmoed)

Data Boring (*Standart Penetration Test/SPT*)

$$P_{\text{tiang}} = 40 \cdot N_1 \cdot \frac{A}{n}$$

$$P_{\text{tiang}} = 40 \cdot 26 \cdot \frac{50 \times 50}{3}$$

$$P_{\text{tiang}} = 866.666,67 \text{ Kg} = 866,67 \text{ ton}$$

$$P_{\text{ijin tiang bersih}} = P_{\text{tiang}} - \text{Berat Tiang}$$

$$P_{\text{ijin tiang bersih}} = 866,67 - \left(\frac{625 \times 29}{1000}\right)$$

$$P_{\text{ijin tiang bersih}} = 848,545 \text{ ton}$$

Data Sondir (*Cone Penetration Test/CPT*)

$$P_{\text{tiang}} = \frac{\sum C_n \cdot A}{n_1} + \frac{K \cdot JHP}{n_2}$$

Akibat Tahanan Ujung

$$P_{\text{tiang}} = \frac{\sum C_n \cdot A}{n_1} = \frac{129 \cdot 2.500}{3} = 107.500 \text{ Kg}$$

Akibat Hambatan Lekat

$$P_{\text{tiang}} = \frac{K \cdot JHP}{n_2} = \frac{200 \cdot 2.540}{5} = 101.600 \text{ Kg}$$

$$P_{\text{tiang}} = 107,5 + 101,6 = 209,1 \text{ ton}$$

$$P_{\text{ijin tiang bersih}} = P_{\text{tiang}} - \text{Berat Tiang}$$

$$P_{\text{ijin tiang bersih}} = 209,1 - \left(\frac{625 \times 29}{1000}\right) = 191 \text{ ton}$$

Dipilih nilai Daya Dukung Satu Tiang yang terkecil, berdasarkan Data Sondir (*Cone Penetration Test/CPT*).

Pile Cap Tipe 1 (t = 70 cm)

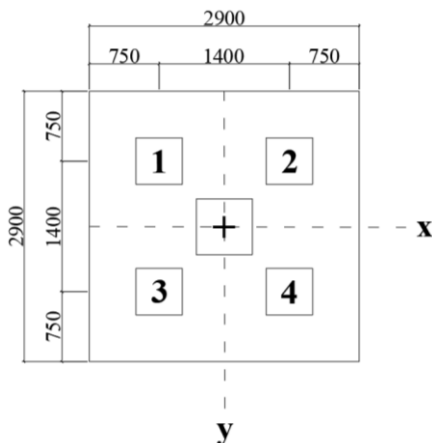
Dimensi *Pile Cap* = 2.900 x 2.900 mm

Dimensi T. Pancang = 500/500 mm

Dimensi Kolom = 600/600 mm

Tul. Utama = 22 mm

Penulangan *Pile Cap* pada arah X menggunakan D22-100 mm. Pada arah Y menggunakan D22-100 mm. Desain perencanaan *pile cap* tipe 1 dapat dilihat dalam Gambar 23.



Gambar 24. *Pile Cap* Kolom

Pile Cap Tipe 2 (t = 200 cm)

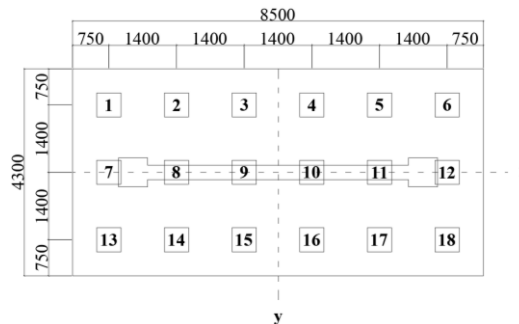
Dimensi *Pile Cap* = 8.500 x 4.300 mm

Dimensi T. Pancang = 500/500 mm

Dimensi Kolom = 600/600 mm

Tul. Utama = 22 mm

Penulangan *Pile Cap* pada arah X menggunakan D22-50 mm. Pada arah Y menggunakan D22-100 mm. Desain perencanaan *pile cap* tipe 2 dapat dilihat dalam Gambar 24.



Gambar 25. *Pile Cap* Dinding Struktur

Sloof

Panjang Sloof = 6.000 mm

Panjang Bersih Sloof = 5.400 mm

Lebar Sloof = 300 mm

Tinggi Sloof = 500 mm

Tul. Lentur = D22 mm

Tul. Tengah = D16 mm

Gaya Dalam

Beban Mati

$W_{\text{Sendiri}}: 0,5 \times 0,3 \times 2.400 = 360 \text{ Kg/m}$

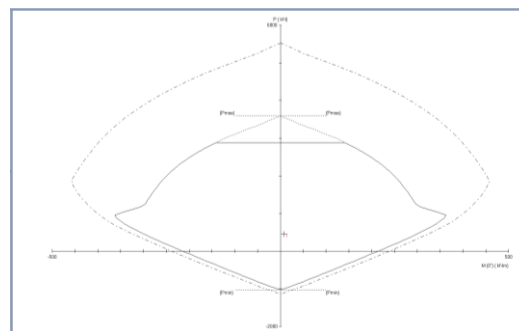
$W_{\text{Dinding}}: 4 \times 250 = 1.000 \text{ Kg/m}$

$DL = 1.360 \text{ Kg/m}$

$Q_u = 1,4DL = 1,4 \times 1.360 = 1.904 \text{ Kg/m}$

$P_u = 10\% \times P_u \text{ kolom} = 10\% \times 454.000 = 45.400 \text{ Kg} = 454 \text{ kN}$

$M_u = 1/8 \times 1.904 \times 62 = 8.568 \text{ kNm}$



Gambar 26. Diagram Interaksi Sloof

Berdasarkan hasil desain menggunakan program bantu komputer menggunakan gaya dalam dengan dimensi sloof 300/500 mm, diperoleh hasil konfigurasi tulangan 6D22 dengan tulangan samping 2D16. Diperoleh rasio tulangan $\rho = 1,81\%$ atau 0,0181. Sesuai dengan yang tercantum dalam Gambar 25.

Tulangan Geser Sloof

Kekuatan Geser Nominal

$$V_c = 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot \left(1 + \frac{P_u}{14 \cdot A_g}\right) \cdot b \cdot d$$

$$V_c = 0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot \left(1 + \frac{45.400}{14 \cdot (300 \times 500)}\right) \cdot 300 \cdot 433$$

$$V_c = 133.469 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 133.469 = 100.102 \text{ N}$$

Tulangan Geser yang Dibutuhkan

$$V_u = \frac{1}{2} \cdot Q_u \cdot l$$

$$V_u = \frac{1}{2} \cdot 1.904 \cdot 6$$

$$V_u = 5.712 \text{ Kg} = 57.120 \text{ N}$$

 $V_u < \phi V_c$, tidak dibutuhkan tulangan geser

Penampangnya tidak memerlukan tulangan geser tambahan, sehingga dipasang tulangan geser praktis. Jarak antar tulangan geser kurang dari nilai minimum pada persamaan berikut:

$$S_{\min} = \frac{h}{2} = \frac{500}{2} = 250 \text{ mm}$$

Direncanakan tulangan geser D13-250 mm.

4. KESIMPULAN

Pada bagian kesimpulan merangkum tentang hasil perencanaan dan jawaban dari rumusan masalah yang ada. Kesimpulan dari perencanaan gedung apartemen ini adalah:

1. Perancangan struktur gedung beton bertulang dengan sistem ganda dipilih karena dengan sistem ganda maka gaya-gaya yang bekerja pada bangunan yang dapat ditahan oleh dinding geser lebih kecil 75% untuk SRPMK lebih tinggi dibandingkan pada 25%. Perencanaan ini sesuai dengan peraturan SNI 1726:Pasal 7.2.5.8 Tahun 2019.
2. Nilai simpangan antar lantai yang terjadi kurang dari nilai simpangan yang diperbolehkan. Nilai simpangan antar lantai yang diperbolehkan sebesar 80 mm untuk setiap lantainya. Sesuai dengan SNI 1726:2019 Pasal 7.12.1.
3. Dinding struktur direncanakan dengan tebal 30 cm dengan menggunakan 2 lapis tulangan, masing-masing menggunakan tulangan vertikal dengan diameter 22 mm sebanyak 40 tulangan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. (2019a). Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. SNI 2847:2019, 8, 720.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019b). Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. SNI 1726:2019, 8, 254.
- Badan Standardisasi Nasional. (2020). Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain. SNI

1727:2020, 8, 1–336.

- Badan Statistik Nasional. (2020). Proyeksi Penduduk Kota Surabaya. Surabaya.
- Direktorat Jenderal Cipta Karya, K. P. (2021). Desain Spektra Indonesia. Departemen Pekerjaan Umum.
- Halim, Wemphy, Priantoro Machmoed, Soerjandani, A. (2015). Perencanaan Struktur Gedung Hotel BDC Tahan Gempa dengan Menggunakan Sistem Ganda di Kota Serui. Surabaya, UWKS.
- Imran, Iswandi, Hendrik, F. (2014a). Perencanaan Dasar Struktur Beton Bertulang. Bandung, ITB.
- Imran, Iswandi, Hendrik, F. (2014b). Perencanaan Lanjut Struktur Beton Bertulang. Bandung, ITB.
- Kusuma, H. A. (2019). Perencanaan Struktur Gedung Kampus HNK Menggunakan Sistem Ganda di Daerah Semarang. Axial: Jurnal Rekayasa dan Manajemen Konstruksi, 6(3), 155–164.
- Medriosa, H. (2019). Perbandingan Analisis Respon Struktur Antara Portal Open Frame, Portal Dengan Shear Wall dan Portal dengan Bracing Diagonal Terhadap Beban Gempa Statik Ekuivalen Pada Bangunan Gedung Beton Bertulang. Jurnal Momentum, 1–8.
- Trisya, D. S. (2020). Perencanaan Struktur Baja Gedung Hotel Ellysa 10 Lantai di Yogyakarta Menggunakan Sistem Rangka Bresing Eksentrik (SRBE). Axial: Jurnal Rekayasa dan Manajemen Konstruksi, 8(3), 159–164.

**PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN “NISCALA” BETON
BERTULANG 10 LANTAI DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM GANDA DI
KOTA SURABAYA**

(Freshia Puspa Sari Dewi, Soerjandani Priantoro Machmoed)

Halaman ini sengaja dikosongkan

Halaman ini sengaja dikosongkan