

PERENCANAAN STRUKTUR BETON BERTULANG HOTEL VELINS 10 LANTAI DI KOTA YOGYAKARTA DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK)

Veronika Lydya Intane¹, Soerjandani Priantoro Machmoed^{2*}

^{1&2}Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Wijaya Kusuma Surabaya
Jl. Dukuh Kupang XXV no. 54, Kota Surabaya, Jawa Timur, Indonesia 62205

E-mail: ¹veronika.lydya@gmail.com & ^{2*}soerjandani@uwks.ac.id

(*) Penulis Koresponden

ABSTRAK: Kota Yogyakarta merupakan kota yang memiliki berbagai potensi, salah satunya yaitu sebagai kota pariwisata yang membutuhkan akomodasi yang sangat tinggi seperti Hotel. Tujuan dari perencanaan hotel Velins ini ada 3 yaitu : 1) Untuk mengetahui simpangan horisontal yang terjadi pada tiap lantai yang sesuai dengan SRPMK, 2) Untuk mengetahui *Strong Column Weak Beam* (SCWB) pada perencanaan gedung telah memenuhi batas minimum izin menggunakan SRPMK, dan 3) Untuk mengetahui Hubungan Balok Kolom (HBK) terkait tulangan geser pada perencanaan gedung ini telah memenuhi persyaratan sesuai dengan peraturan SNI 2847-2019. Hotel Velins direncanakan di Kota Yogyakarta dengan tinggi 10 lantai yang menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) karena Yogyakarta termasuk kategori desain seismik D. SRPMK memiliki kelebihan antara lain pendetailannya menghasilkan struktur dengan daktilitas penuh yang memiliki kemampuan dalam berdeformasi inelastis tanpa kehilangan kekuatan. Standart peraturan yang menjadi acuan dalam perencanaan ini yaitu SNI 1726-2019, SNI 1727-2020, SNI 2847-2019, serta SNI 03-1727-1989. Pemodelan perencanaan komponen struktur gedung beton bertulang serta analisa struktur menggunakan program struktur. Berdasarkan hasil perhitungan dapat disimpulkan bahwa struktur gedung termasuk bangunan tahan gempa. Nilai simpangan horizontal rerata yaitu 25,76 mm telah memenuhi persyaratan dengan tidak melebihi simpangan horizontal izin yaitu 100 mm. Selain itu, gedung ini juga memenuhi syarat SCWB dengan $\sum Mnc = 3698,46 \text{ kNm} > (1,2) \sum Mnb = 989,66 \text{ kNm}$ dan HBK pada kondisi terkekang 4 balok maupun 3 atau 2 balok dengan nilai $Vn > Vx-x = 2715,5 \text{ kN} > 1534,05 \text{ kN}$ telah memenuhi persyaratan.

KATA KUNCI : Hotel Velins, Kota Yogyakarta, Struktur Beton Bertulang, Struktur Gedung Tahan Gempa, Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus

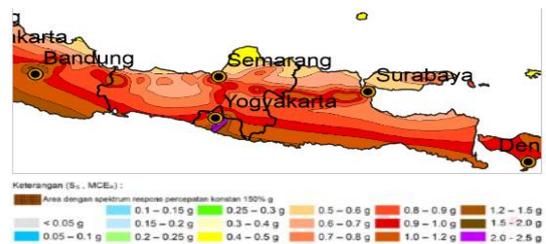
1. PENDAHULUAN

Yogyakarta merupakan kota yang memiliki berbagai potensi salah satunya yaitu sebagai kota Pariwisata, dengan luas wilayah tersempit dibandingkan dengan daerah lainnya, yaitu 32,5 Km² yang berarti 1,025% dari luas wilayah Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) (Huda & Utari, 2021).

Terdapat *event* tahunan yang diselenggarakan oleh Dinas Pariwisata Kota Yogyakarta dapat membawa potensi kunjungan wisatawan semakin naik dari tahun ketahun. Tingginya kunjungan wisatawan yang datang ke Kota Yogyakarta tentunya membutuhkan tempat tinggal sementara menjadi sangat tinggi. Sehingga alternatif untuk mengatasi hal itu adalah dengan membangun gedung hotel berupa gedung-gedung bertingkat semakin meningkat seperti dilakukan perencanaan Hotel Velins (Firmansyah & Soerjandani, 2019).

Perencanaan struktur Hotel Velins terdiri dari 10 lantai, lokasi di Yogyakarta. Berdasarkan peta gempa (*S_s*) provinsi DI Yogyakarta (**Gambar 1**) termasuk ke dalam wilayah gempa tinggi dengan

spectral percepatan 1.11 g, maka dalam perencanaan gedung didesain harus tahan terhadap gempa.



Gambar 1. Peta Gempa Provinsi DI Yogyakarta

(Sumber: *Desain Spektra Indonesia (pu.go.id)*)

Pada struktur bangunan tingkat tinggi harus mampu menahan gaya dalam arah vertikal (gravitasi), maupun gaya dalam arah horisontal (gempa). Dari kedua gaya ini, gaya dalam arah vertikal hanya sedikit mengubah gaya gravitasi yang bekerja pada struktur, biasanya direncanakan dengan faktor keamanan yang memadai. Sehingga, struktur umumnya tidak runtuh akibat gaya dalam arah vertikal.

PERENCANAAN STRUKTUR BETON BERTULANG HOTEL VELINS 10 LANTAI DI KOTA YOGYAKARTA DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK)

(Veronika Lyda Intane, Soerjandani Priantoro Machmoed)

Sedangkan gaya gempa horisontal menyerang titik-titik lemah pada struktur yang kekuatannya tidak memadai dan akan langsung menyebabkan keruntuhan (*failure*).

Struktur beton bertulang dipilih sebagai salah satu bahan konstruksi pada perencanaan hotel Velins dikarenakan ketersediaan bahan pembuat beton mudah didapat, memberikan harga yang relatif lebih ekonomis dan lebih monolit daripada menggunakan bahan struktur kayu ataupun baja yang sudah jarang ataupun sulit didapat (Abdul & Utari, 2020).

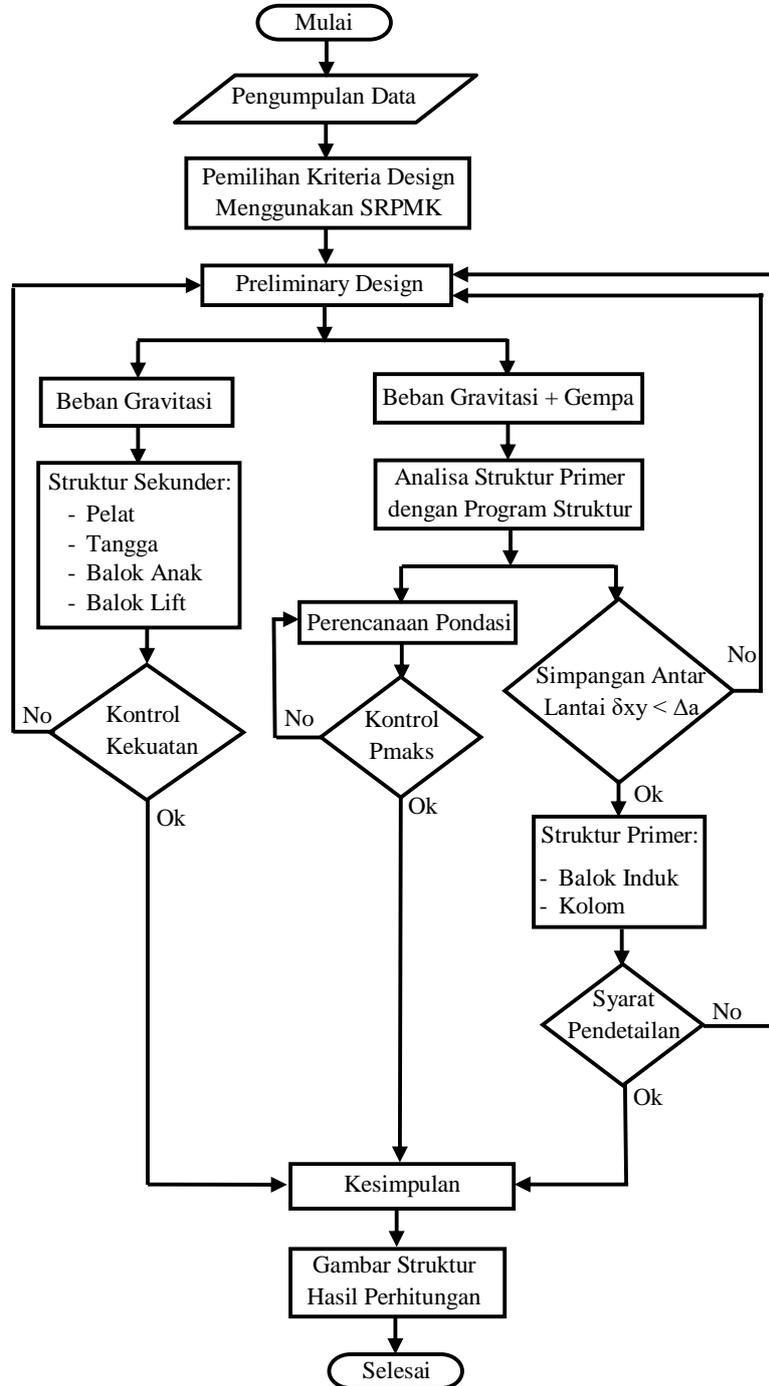
Pemilihan metode perencanaan gedung hotel Velins ini menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dengan pertimbangan pendetailannya menghasilkan struktur dengan daktilitas penuh yang memiliki kemampuan dalam berdeformasi inelastis tanpa kehilangan kekuatan (Anson & Soerjandani, 2023).

Sistem rangka ini memiliki sendi plastis yang dapat memberikan keuntungan yaitu memiliki kapasitas yang besar untuk memencarkan gaya gempa. Pemodelan perencanaan struktur akan digunakan program struktur dan pembebanan struktur gedung mengacu pada “Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung” dalam SNI 2847-2019 dan “Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung” dalam SNI 1726-2019, sehingga dapat memberikan hasil akurat tentang kelayakan bangunan yang dirancang. Meninjau dari uraian di atas muncul rumusan masalah yang pertama, apakah simpangan horisontal yang terjadi tiap lantai sesuai persyaratan bangunan tahan gempa menurut SNI 1726-2019. Selanjutnya, apakah *Strong Column Weak Beam* telah memenuhi batas minimum yang diizinkan dimana momen nominal kolom pada perencanaan gedung lebih besar 20% dari momen nominal balok menurut SNI 2847-2019. Terakhir, apakah Hubungan Balok Kolom (HBK) terkait tulangan gaya geser pada perencanaan gedung ini telah memenuhi SNI 2847-2019.

Tujuan dari perencanaan gedung hotel Velins ini, yaitu; pertama, untuk mengetahui simpangan horisontal yang terjadi pada tiap lantai yang sesuai dengan SRPMK. Kedua, untuk mengetahui *Strong Column Weak Beam* pada perencanaan gedung telah memenuhi batas minimum izin menggunakan metode SRPMK. Terakhir, untuk mengetahui Hubungan Balok Kolom terkait tulangan geser pada perencanaan gedung ini telah memenuhi persyaratan sesuai dengan peraturan SNI 2847-2019.

2. METODOLOGI PERENCANAAN

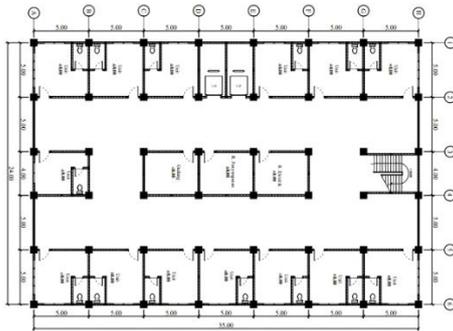
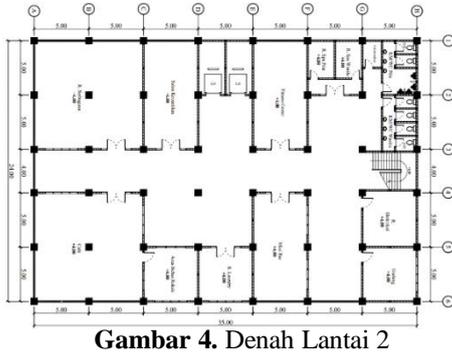
Perencanaan struktur bangunan gedung Hotel Velins ini, dapat diuraikan dalam bentuk diagram alir seperti **Gambar 2**.



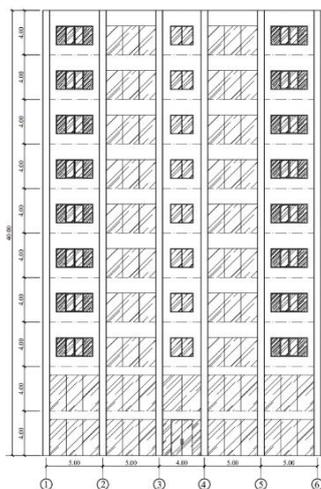
Gambar 2. Diagram Alir Perencanaan

Gedung hotel Velins direncanakan dengan panjang, lebar dan tinggi gedung yaitu 35 meter x 24 meter x 40 meter. Syarat pendetailan harus berdasarkan SNI 2847-2019 pasal 21.5 – 21.7.

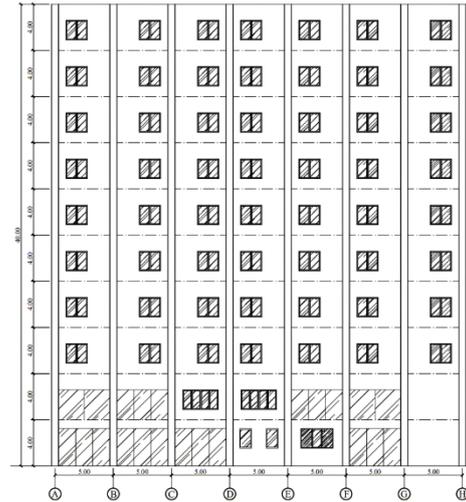
Denah dan Tampak gedung hotel yang didesain ditampilkan pada Gambar 3 hingga 7.



Gambar 5. Denah Lantai 3 – 10



Gambar 6. Tampak Depan



Gambar 7. Tampak Samping

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Preliminary Design

Preliminary design merupakan desain awal menentukan dimensi struktur gedung bertingkat, setelah itu dilakukan perhitungan dengan menggunakan aplikasi komputer. Desain awal akan dimodelkan pada program struktur dengan pembebanan dan perletakan yang telah direncanakan. Jika setelah dilakukan analisis ternyata dimensi bagian pendukung bangunan tidak dapat menahan beban yang timbul, maka desain awal harus diubah. *Preliminary design* dapat memberikan hasil yang optimal dalam menentukan kualitas material dan dimensi (volume) material yang digunakan (Tiasmoro & Soerjandani, 2021).

Dimensi awal untuk perencanaan struktur bangunan Hotel Velins yaitu:

Kolom	: 600 x 600 mm
Balok induk atap dan lantai	: 400 x 600 mm
Balok anak atap dan lantai	: 300 x 400 mm
Tebal plat atap	: 100 mm
Tebal plat lantai	: 120 mm
Muta beton (f^c)	: 35 MPa
Mutu baja (f_y)	: 420 MPa

Semua komponen struktur pada *preliminary design* ini telah diperhitungkan dan dikontrol sesuai dengan peraturan yang digunakan. Hasil dari *preliminary design* diperoleh dimensi dari elemen-elemen struktur yang diperkirakan mampu menahan beban bekerja.

4. STRUKTUR SEKUNDER

Struktur sekunder adalah struktur yang hanya dapat menerima lentur akibat gaya gravitasi saja dan tidak untuk menerima gaya lateral yang disebabkan oleh gempa, sehingga dapat diperhitungkan secara terpisah dari struktur

PERENCANAAN STRUKTUR BETON BERTULANG HOTEL VELINS 10 LANTAI DI KOTA YOGYAKARTA DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK)

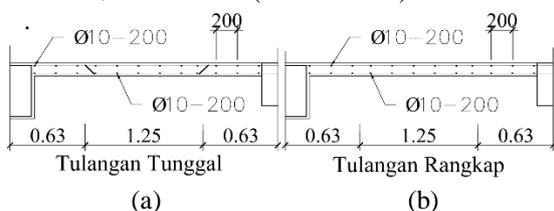
(Veronika Lyda Intane, Soerjandani Priantoro Machmoed)

utama dalam perhitungan analisis. Namun karena adanya struktur sekunder ini, maka tetap mempengaruhi dan menjadi beban bagi struktur utama (Durrademantar & Soerjandani, 2023).

4.1. Perencanaan Plat

Plat atap direncanakan dengan ketebalan 10 cm. Momen plat dihitung menurut PBI 1971 untuk mendapatkan tulangan tunggal arah x dan y adalah $\emptyset 10-200$ mm (**Gambar 8 a**).

Plat lantai direncanakan dengan ketebalan 12 cm. Momen plat dihitung menurut PBI 1971 untuk mendapatkan tulangan rangkap arah x dan y adalah $\emptyset 10-200$ mm (**Gambar 8 b**).



Gambar 8. Detail Tulangan (a) Plat Lantai dan (b) Plat Atap

4.2. Perencanaan Balok Anak

Balok anak atap dan lantai menggunakan beton bertulang, dengan mutu beton (f_c') 35 MPa dan mutu baja (f_y) 420 MPa. Pembebanan pada balok anak tidak hanya menghitung beban sendiri balok, tetapi juga menghitung beban peralatan dan finishing.

Tabel 1. Detail Tulangan Balok Anak Atap dan Lantai

Type	Balok Anak Atap & Lantai 30/40		
	Letak	Tumpuan	Lapangan
SKETSA			
	Tul. Atas	5D12	3D12
Tul. Bawah	3D12	5D12	
Sengkang	2 $\emptyset 10 - 100$	2 $\emptyset 10 - 150$	

Balok anak atap direncanakan dengan dimensi 30 cm x 40 cm dan tebal selimut beton 40 mm. Dari hasil pembebanan didapat $Q_u = 1362,535$ kg/m serta hasil nilai gaya dalam dengan bantuan program struktur yaitu: $M_{tumpuan} = 3096,67$ kgm, $M_{lapangan} = 2128,96$ kgm dan $V_u = 3406,34$ kg.

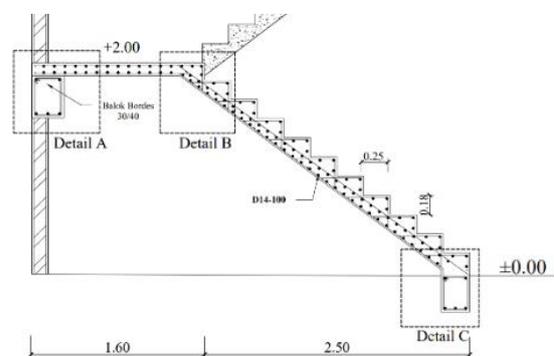
Balok anak lantai direncanakan dengan dimensi 30 cm x 40 cm dan tebal selimut beton 40 mm. Dari hasil pembebanan didapat $Q_u = 1816,16$ kg/m serta hasil nilai gaya dalam dengan bantuan

program struktur yaitu: $M_{tumpuan} = 4127,63$ kgm, $M_{lapangan} = 2837,75$ kgm dan $V_u = 4540,4$ kg.

Hasil perhitungan penulangan pada balok anak atap dan lantai dapat dilihat pada **Tabel 1**.

4.3. Perencanaan Tangga

Data perencanaan tangga yaitu: beda tinggi lantai = 400 cm, elevasi bordes = 200 cm, panjang bordes = 370 cm, lebar bordes = 160 cm, tinggi injakan = 18 cm, lebar injakan = 25 cm dan panjang miring = 320,16 cm seperti pada **Gambar 9**. Balok bordes direncanakan dengan dimensi 30 cm x 40 cm dengan plat miring tangga 120 mm. Hasil perhitungan diperoleh penulangan plat miring tangga dan plat bordes dengan tulangan utama = $\emptyset 14-100$ mm dan tulangan susut = $\emptyset 14-300$ mm.



Gambar 9. Detail Tangga

Gaya-gaya dalam dianalisa dengan bantuan program struktur, balok bordes diperoleh nilai $M_{tumpuan} = 9069,20$ kgm, $M_{lapangan} = 6235,08$ kgm, dan $V_u = 9976,13$ kg. Hasil perhitungan penulangan pada balok bordes dapat dilihat pada **Tabel 2**.

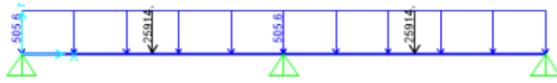
Tabel 2. Detail Tulangan Balok Bordes

Type	Balok Bordes 30/40		
	Letak	Tumpuan	Lapangan
SKETSA			
	Tul. Atas	4D16	2D16
Tul. Bawah	3D16	3D16	
Sengkang	2 $\emptyset 14 - 100$	2 $\emptyset 14 - 150$	

4.4. Perencanaan Balok Penggantung Lift

Dimensi yang direncanakan untuk balok lift yaitu 30 x 40 cm, tipe lift duplex dengan kapasitas 18 orang (1350 kg), dan lebar pintu 1100 mm.

Pembebanan balok lift: $Q_u = 505,6 \text{ kg/m}$, $P_u = 25914 \text{ kg}$ seperti **Gambar 10**.



Gambar 10. Pembebanan Balok Penggantung Lift

Dari hasil analisa diperoleh detail perhitungan penulangan balok penggantung lift seperti pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Detail Penulangan Balok Lift

Tipe	Balok Penggantung Lift 30/40	
Letak	Tumpuan	Lapangan
SKETSA		
Tul. Atas	3D22	2D22
Tul. Bawah	2D22	3D22
Sengkang	2Ø13 - 100	2Ø13 - 150

5. PEMBEBANAN BEBAN GEMPA

Beban gempa direncanakan berdasarkan peraturan SNI 1726-2019. Beban yang diterima struktur yaitu beban gravitasi dan beban gempa. Beban gravitasi pada tiap lantai 1 – 9 yaitu: $W_{lt1-9} = 1246168 \text{ kg}$ untuk berat lantai 10 = $W_{lt10} = 960032 \text{ kg}$. Berat total seluruh gedung = $W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 + W_6 + W_7 + W_8 + W_9 + W_{10} = (9 \times 1246168) + 960032 = 12175544 \text{ kg}$.

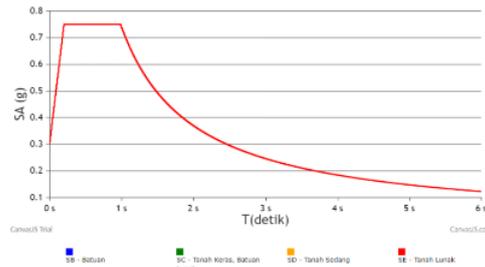
Tabel 4. Data Tanah Kota Yogyakarta

No	Kedalaman (m)	Description Soil	Tebal (m)	Nilai SPT	N' = T/N
1	0,0 - 2,0	Pasir sedang (coklat, abu-abu)	2	5	0,40
2	2,0 - 4,0		2	6	0,33
3	4,0 - 6,0		2	16	0,13
4	6,0 - 8,0	Pasir kasar (coklat, hitam)	2	17	0,12
5	8,0 - 10,0		2	12	0,17
6	10,0 - 12,0		2	6	0,33
7	12,0 - 14,0	Pasir sedang (coklat, hitam)	2	12	0,17
8	14,0 - 16,0	Pasir kasar (coklat, hitam)	2	16	0,13
9	16,0 - 18,0		2	60	0,03
10	18,0 - 20,0	Pasir (coklat, abu-abu)	2	60	0,03
11	20,0 - 22,0		2	51	0,04
12	22,0 - 24,0		2	52	0,04
13	24,0 - 26,0	Pasir (coklat, abu-abu)	2	55	0,04
14	26,0 - 28,0	Pasir kasar (coklat, abu-abu)	2	56	0,04
15	28,0 - 30,0		2	58	0,03
Total (Σ)			30	2,019	

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n di}{\sum_{i=1}^n di/ni} = \frac{30}{2,019} = 14,86$$

Penentuan jenis tanah setempat berdasarkan klasifikasi situs menggunakan data tanah SPT seperti pada **Tabel 4**, dan diperoleh nilai \bar{N} . Kemudian setelah mengetahui jenis tanah dapat menentukan respon spektra seperti **Gambar 11**.

Klasifikasi Situs dengan nilai = 14,86, maka tanah tersebut termasuk dalam kategori tanah lunak (SE), dikarenakan = $14,86 \leq 15$.



Gambar 11. Respon Spektrum Kota Yogyakarta

Periode fundamental struktur dapat ditentukan, dimana (T_a) tidak boleh melebihi hasil koefisien batas atas pada periode yang dihitung (C_u), dengan rumus seperti berikut:

$C_t = 0,0466$ (SNI 1726-2019 pasal 7.8.2.1)
 $X = 0,9$ (SNI 1726-2019 pasal 7.8.2.1)
 $h_n = 40$ meter (tinggi bangunan)
 $T_a = 0,0466 \times 40^{0,9} = 1,29$ detik
 $S_{D1} = 0,745$ didapat koefisien $C_u = 1,4$ (SNI 1726-2019 pasal 7.8.2 tabel 17) sehingga:
 $T_a < C_u = 1,29 < 1,4$ (OK)

Tabel 5. Distribusi Beban Gempa

Lantai	Beban Geser V (Kg)	Tinggi Lantai Zi (m)	Berat tiap lantai (W) (Kg)	Faktor (k)	Momen (W . Z ^k) (Kg.m)	Fi
10	958215	40	960032	1,4	164876742	165664
9	958215	36	1246168	1,4	184764522	185646
8	958215	32	1246168	1,4	156769226	157517
7	958215	28	1246168	1,4	130125391	130746
6	958215	24	1246168	1,4	104947302	105448
5	958215	20	1246168	1,4	81379204	81768
4	958215	16	1246168	1,4	59610666	59895
3	958215	12	1246168	1,4	39905654	40096
2	958215	8	1246168	1,4	22666639	22775
1	958215	4	1246168	1,4	8618869,1	8660
Total			12175544		953664215	

PERENCANAAN STRUKTUR BETON BERTULANG HOTEL VELINS 10 LANTAI DI KOTA YOGYAKARTA DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK)

(Veronika Lyda Intane, Soerjandani Priantoro Machmoed)

Untuk distribusi gaya gempa (F_i) dapat dihitung sesuai dengan SNI 1726-2019 pasal 7.8.3 dengan rumus sebagai berikut:

$$F_i = \frac{W_i \cdot z_i^k}{\sum W \cdot z^k} \cdot V$$

Keterangan:

F_i = faktor gaya gempa nominal ekuivalen

W_i = beban pada lantai ke 1, termasuk juga beban hidup yang sesuai

Z_i = ketinggian pada lantai ke-i

V = beban geser dasar seismik

$V = C_s \cdot W = 0,0787 \times 12175544 = 958215,31 \text{ kg}$

$k = 1$ bila $T_a \leq 0,5$, jika $T_a \geq 2,5$ maka menggunakan 2

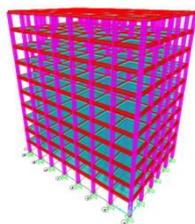
Namun jika $0,5 \leq T_a \leq 2,5$ maka nilai k perlu ditentukan dengan interpolasi linier dengan rumus:

$$k = 1 + \frac{1,29 - 0,5}{2,5 - 0,5} \times (2 - 1) = 1,395$$

Untuk mendapatkan distribusi beban gempa dari lantai 1 – 10 dapat dilihat pada **Tabel 5**.

5.1. Batas Simpangan Antar Lantai

Simpangan antar lantai didesain tidak oleh melebihi simpangan antar lantai ijin (Δa) untuk membatasi kemungkinan keruntuhan yang fatal dan benturan antar bangunan. Dengan bentuk 3D seperti pada **Gambar 12** dan didapatkan hasil simpangan struktur (**Tabel 6**).

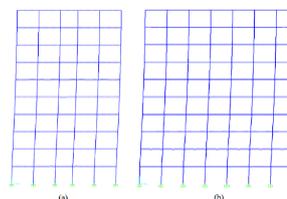


Gambar 12. Bentuk 3D Gedung Hotel Velins

Tabel 6. Simpangan Struktur Gedung

Lantai	Hsx (mm)	δx (mm)	δy (mm)	Δx (mm)	Δy (mm)	Δa (mm)	Ket
Atap	4000	44,61	49,04	7,29	7,09	100	OK
10	4000	43,29	47,75	12,52	13,01	100	OK
9	4000	41,01	45,38	17,80	19,02	100	OK
8	4000	37,77	41,92	22,56	24,48	100	OK
7	4000	33,67	37,47	26,76	29,32	100	OK
6	4000	28,81	32,14	30,39	33,54	100	OK
5	4000	23,28	26,05	33,39	37,07	100	OK
4	4000	17,21	19,31	35,51	39,64	100	OK
3	4000	10,75	12,10	35,44	39,76	100	OK
2	4000	4,31	4,87	23,71	26,78	100	OK
1	4000	0,00	0,00	0,00	0,00	100	OK

Dari hasil tabel disimpulkan bahwa simpangan arah X dan arah Y yang terjadi pada tiap lantai tidak melebihi simpangan izin struktur yaitu 100 mm sehingga analisis struktur aman terhadap beban gempa dapat dilihat pada **Gambar 13**.



Gambar 13. Output Simpangan Struktur Gedung, (a) Arah X dan, (b) Arah Y

6. STRUKTUR PRIMER

Struktur primer merupakan elemen utama dalam sebuah bangunan yang terdiri dari kolom dan balok induk. Kekakuan dari komponen struktur dapat mempengaruhi perilaku bangunan, struktur ini direncanakan sebagai mempertimbangan kemungkinan terjadinya keruntuhan karena gaya gempa dapat diperkecil (Brawijaya & Soerjandani, 2019).

6.1. Perencanaan Balok Induk

Perencanaan struktur Hotel Gedung Velins balok induk akan direncanakan sebagai struktur komposit, dimana balok akan menggunakan beton bertulang.

Dimensi yang direncanakan untuk balok induk yaitu 40 cm x 60 cm dengan bentang 500 cm. Momen-momen yang terjadi akan diperiksa dengan bantuan program struktur dengan mengambil momen terbesar yang terjadi pada balok **Tabel 7** (Yuliana & Soerjandani, 2019).

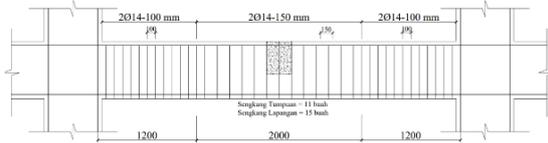
Tabel 7. Momen Terbesar pada Balok Induk

Lokasi	Nilai
Momen Tumpuan	$M_u = 20974,55 \text{ Kgm}$
Momen Lapangan	$M_u = 5115,11 \text{ Kgm}$
Geser Tumpuan	$V_u = 24518,54 \text{ Kgm}$

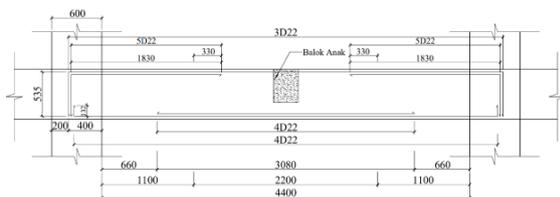
Tabel 8. Detail Penulangan Balok Induk

Tipe	Balok Induk 40/60	
Letak	Tumpuan	Lapangan
SKETSA		
Tul. Atas	5D22	3D22
Tul. Tengah	2D12	2D12
Tul. Bawah	4D22	4D22
Sengkang	2Ø14 - 100	2Ø14 - 150

Setelah melakukan perhitungan, kontrol dan pendetailan yang sesuai dengan SNI 2847-2019 pada perencanaan balok induk diperoleh detail penulangan lentur dan geser seperti pada **Tabel 8** dan pemasangan tulangan sengkang dan pemutusan tulangan pada balok induk seperti pada **Gambar 14** dan **15**.



Gambar 14. Pemasangan Sengkang Balok Induk



Gambar 15. Pemutusan Tulangan Balok Induk

6.2. Perencanaan Kolom

Perencanaan kolom pada gedung Hotel Velins terkait penulangan kolom, kontrol kekuatan menggunakan program bantu struktur dan juga pendetailan sesuai dengan peraturan. Dimensi yang direncanakan untuk kolom yaitu 60 cm x 60 cm dengan bentang 500 cm, tinggi 400 cm, tulangan utama D25 dan tulangan sengkang D16.

6.2.1. Menentukan *Sway* atau *Non Sway*

$$P_u = 208131,69 \text{ kg} = 2081317 \text{ N}$$

$$V_u = 12990,49 \text{ kg} = 129905 \text{ N}$$

$$M_2 = 34928,8 \text{ kg} = 349288 \text{ N}$$

$$M_1 = 12879,79 \text{ kg} = 128798 \text{ N}$$

$$\Delta o = 0,006719 \text{ m} = 6,720 \text{ mm}$$

$$Q = \frac{P_u \times \Delta o}{V_u \times L_c} < 0,05$$

$$Q = \frac{2081317 \times 6,720}{129905 \times 4000} < 0,05$$

$$Q = 0,027 < 0,05 \text{ termasuk kolom } non \text{ sway}$$

6.2.2. Menentukan Panjang Tekuk

Pada kolom:

$$I_g = \frac{1}{12} \times 600 \times 600^3 = 10.800.000.000 \text{ mm}^4$$

$$E_c = 4700 \times \sqrt{35} = 27.805,57 \text{ Nmm}^2$$

Pada Balok:

$$I_g = \frac{1}{12} \times 400 \times 600^3 = 7.200.000.000 \text{ mm}^4$$

$$E_c = 4700 \times \sqrt{35} = 27.805,57 \text{ Nmm}^2$$

Menentukan panjang tekuk menggunakan nomogram panjang efektif kolom atas:

$$\Psi A = \frac{\frac{10.800.000.000}{4000} + \frac{10.800.000.000}{4000}}{\frac{7.200.000.000}{6000} + \frac{7.200.000.000}{6000}} = 2,25$$

Kolom bawah :

$$\Psi B = 1,0 \text{ (karena terjepit penuh)}$$

Setelah ditarik garis dari titik ΨA dan ΨB pada nomogram akan mendapatkan nilai panjang efektif yaitu:

$$k = 0,82 \leq 1,0$$

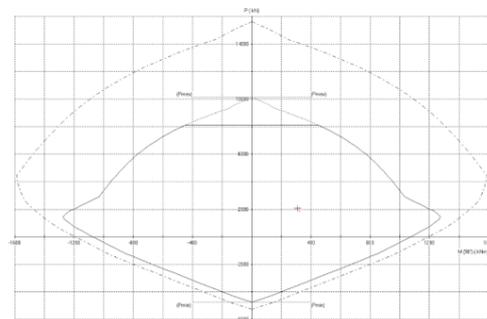
6.2.3. Mencari Kelangsingan Kolom

Kontrol kelangsingan kolom menggunakan rumus berikut :

$$\frac{k \cdot l_u}{r} \leq 34 - 12 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) = \frac{0,82 \cdot 4000}{0,6 \times 600} \leq 34 - 12 \left(\frac{128798}{349288} \right)$$

$$9,11 \leq 29,56$$

Dengan ini, tidak perlu memeriksa kelangsingan kolom.



Gambar 16. Diagram Interaksi Gaya Aksial dan Momen Kolom

Penulangan kolom diperoleh dari diagram interaksi gaya aksial dan momen kolom dengan menggunakan program struktur dengan jumlah tulangan 16 buah dan berdiameter 25 mm didapatkan prosentase sebesar 3,49% telah memenuhi persyaratan 1 – 6%. Kontrol kuat maksimal tekan berdasarkan SNI 2847-2019 pasal 11.4.2.1 bahwa gaya aksial terfaktor (P_u) tidak boleh lebih dari ($\phi P_n \text{ max}$).

Kontrol pendetailan kolom sesuai SNI 2847-2019 pasal 18.7.2.1 dimana syarat telah terpenuhi karena dimensi kolom pada gedung ini lebih dari 300 mm yaitu 600 mm dan pasal 18.7.5.6 beban aksial (P_u) $> \frac{(600 \times 600) \cdot 35}{10}$ syarat ini juga telah terpenuhi dengan nilai (P_u) = 2081317 N $>$ 1260000N.

6.2.4. *Strong Column Weak-Beam*

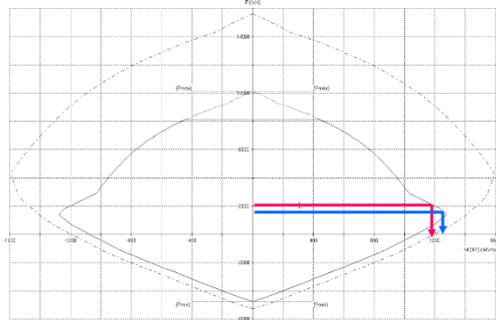
Berdasarkan SNI 2847-2019 pasal 18.7.3.2 bahwa kuat lentur kolom harus memenuhi persyaratan $\sum M_{nc} \geq (1,2) \sum M_{nb}$.

Nilai $\sum M_{nc} = 1170 + 1234 = 2404 \text{ kNm}$ diperoleh dari diagram interaksi momen dan gaya aksial menggunakan program struktur (**Gambar 17**) dan nilai $\sum M_{nb} = 791,73 \text{ kNm}$

PERENCANAAN STRUKTUR BETON BERTULANG HOTEL VELINS 10 LANTAI DI KOTA YOGYAKARTA DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK)

(Veronika Lyda Intane, Soerjandani Priantoro Machmoed)

diperoleh dari total momen nominal bawah dan atas.



Gambar 17. Diagram Interaksi Gaya Aksial dan Momen pada Nilai Mnc

Persyaratan *strong column weak beam* yang harus sesuai SNI 2847-2019 pasal 18.7.3.2, sebagai berikut:

$$\sum M_{nc} \geq (1,2) \sum M_{nb}$$

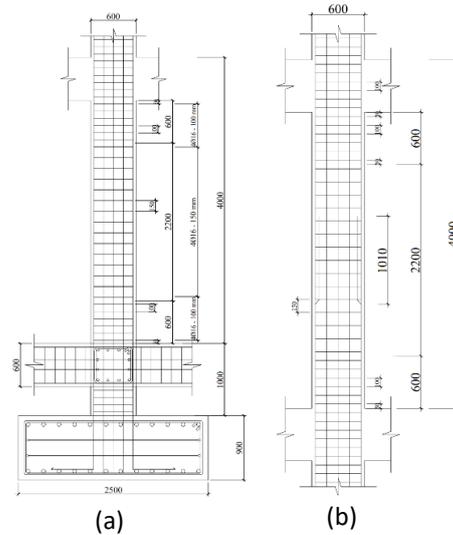
$$\left(\frac{2404}{0,65}\right) \geq 1,2 \left(\frac{791,73}{0,8}\right)$$

3698,46 kNm \geq 989,66 kNm, dengan terpenuhinya persyaratan ini, dapat disimpulkan bahwa semua kolom pada struktur bangunan ini termasuk dalam sistem penahan gempa. Kebutuhan sengkang pada kolom diperoleh seperti pada **Gambar 18**.

- 1) Sengkang pada kolom dimuka joint
 - a. Pakai sengkang 4Ø16-100 mm
 - b. Dipasang sepanjang 600 mm dari muka joint
 - c. Jumlah sengkang $\frac{600}{100} = 6$ buah
 - d. Sengkang pertama dipasang pada jarak 50 mm dari muka tumpuan
- 2) Sengkang pada kolom setelah jarak 600 mm
 - a. Pakai sengkang 4Ø16-150 mm
 - b. Dipasang setelah jarak 600 mm dari kedua muka joint
 - c. Jumlah sengkang = $\frac{(4000-600)-(2x600)}{150} + 1 = 15,7 \approx 16$ buah

Tabel 9. Detail Penulangan Kolom

Tipe	Kolom 60/60	
Letak	Tumpuan	Lapangan
SKETSA		
Tul. Utama	16D25	16D25
Tul. Geser	4Ø14 - 100	4Ø14 - 150



Gambar 18. (a) Detail Tulangan Kolom Lantai 1, (b) Sambungan Lewatan pada Kolom

6.2.5. Hubungan Balok Kolom (HBK)

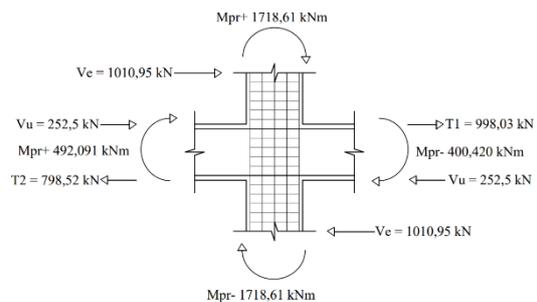
Desain HBK ini mempunyai lebar balok = 400 mm < $\frac{3}{4}$ (h) kolom = 450 mm, walaupun syarat tersebut terpenuhi, akan tetapi desain HBK ini tidak mengurangi jumlah tulangan yang sesuai pasal diatas dan tidak menambah lebar spasi sengkang. Gaya geser yang terjadi pada terkekang 4, 3 atau 2 balok, direncanakan sesuai dengan pasal 21.6.2.2 (Subkhan & Utari, 2019).

Terkekang empat balok

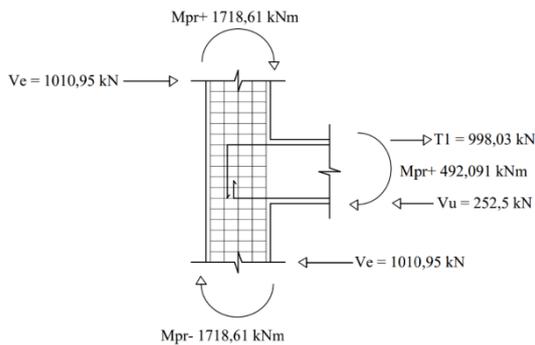
Besarnya tegangan geser nominal joint V_n yaitu:
 $V_n = \phi 1,7 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot A_j = 0,75 \times 1,7 \times \sqrt{35} (600 \times 600)$
 $V_n = 2715480,62 \text{ kN} = 2715,5 \text{ kN}$
 $V_n > V_{x-x} = 2715,5 \text{ kN} > 1534,05 \text{ kN}$ (memenuhi persyaratan) (**Gambar 19**).

Terkekang tiga atau dua balok

Besarnya tegangan geser nominal joint V_n yaitu:
 $V_n = \phi 1,2 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot A_j = 0,75 \times 1,2 \times \sqrt{35} (600 \times 600)$
 $V_n = 1916809 \text{ kN} = 1916,8 \text{ kN}$
 $V_n > V_{x-x} = 1916,8 \text{ kN} > 853,29 \text{ kN}$ (memenuhi persyaratan) (**Gambar 20**).



Gambar 19. HBK terkekang 4 Balok



Gambar 20. HBK terkekang 3 atau 2 Balok

7. PERENCANAAN PONDASI

Pondasi adalah bagian bawah bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah yang berfungsi sebagai penahan dan penerima beban dari struktur atas kemudian beban tersebut disalurkan ke tanah. Pemilihan jenis dan desain bentuk fondasi tergantung pada jenis tanah lapisan tanah yang ada dibawahnya (Muda, 2016).

7.1. Daya Dukung Pondasi

Kekuatan pondasi tiang pancang dapat dihitung berdasarkan SNI 2847-2019 dengan memperhatikan faktor reduksi bahan dan faktor tekuk. Daya dukung pada pondasi dihitung dengan nilai konus dari hasil sondir pada kedalaman 18 m dan diperoleh nilai JHP = 412 kg/cm dan data konus. Perhitungan daya dukung tiang berdasarkan hasil penyelidikan tanah dengan data CPT dapat ditentukan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$P_{\text{tiang}} = C_n \times \frac{A}{n_1} + JHP \times \frac{k}{n_2}$$

$$P_{\text{ijin 1 tiang}} = 184,31 \times \frac{50 \times 50}{3} + 412 \times \frac{2(50+50)}{5} = 170071,27 \text{ kg} = 170,07 \text{ ton}$$

7.2. Kontrol Tegangan Maksimum Pancang Kelompok

Tiang pancang tipe 1 menggunakan beton bertulang dengan dimensi 50 cm x 50 cm, kelas = A, berat = 625 kg/m, momen nominal = 18,68 tonm, dan kuat beban (P_{tiang}) = 335,12 ton.

$$P_{\text{ijin 1 tiang}} = C_n \times \frac{A}{n_1} + JHP \times \frac{K}{n_2} = 184,31 \times \frac{50 \times 50}{3} + 412 \times \frac{2(50+50)}{5} = 170071,27 \text{ kg} = 170,07 \text{ ton}$$

$$\text{Berat sendiri tiang} = 625 \text{ kg/m} \times 18 \text{ m} = 11250 \text{ kg} = 11,25 \text{ ton}$$

Beban ijin netto yang diperkenankan pada tiang tersebut sebagai berikut:

$$P_{\text{ijin tiang bersih}} = 170,07 - 11,25 = 158,82 \text{ ton}$$

$$P_{\text{ijin tiang bersih}} = 158,82 \text{ ton} \leq P_{\text{bahan}} = 335,12 \text{ ton} \text{ (OK)}$$

Beban maksimum 1 tiang pancang kelompok tipe 1, ditentukan berdasarkan jarak tiang pancang ke sumbu netral sebagai berikut :

$$P_1 = \frac{896}{6} - \frac{1,45 \times 0,7}{2,94} + \frac{1,72 \times 1,4}{7,84} = 149,29 \text{ ton}$$

$$P_2 = \frac{896}{6} + \frac{1,72 \times 1,4}{7,84} = 149,63 \text{ ton}$$

$$P_3 = \frac{896}{6} + \frac{1,45 \times 0,7}{2,94} + \frac{1,72 \times 1,4}{7,84} = 149,98 \text{ ton}$$

$$P_4 = \frac{896}{6} - \frac{1,45 \times 0,7}{2,94} - \frac{1,72 \times 1,4}{7,84} = 148,67 \text{ ton}$$

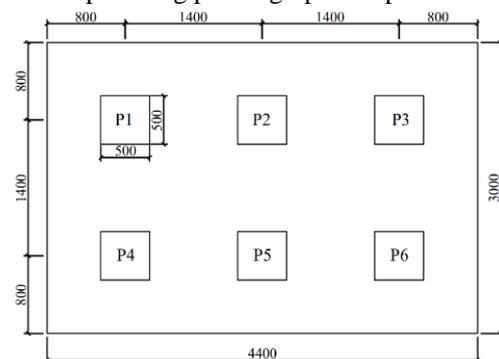
$$P_5 = \frac{896}{6} - \frac{1,72 \times 1,4}{7,84} = 149,02 \text{ ton}$$

$$P_6 = \frac{896}{6} + \frac{1,45 \times 0,7}{2,94} - \frac{1,72 \times 1,4}{7,84} = 149,36 \text{ ton}$$

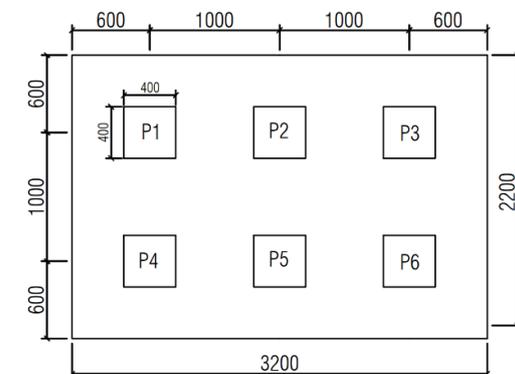
Dari hasil perhitungan di atas diketahui :

$$P_{\text{max}} = P_3 = 149,98 \text{ ton} < P_{\text{ijin}} = 158,82 \text{ ton.}$$

Kelompok tiang pancang tipe 1 terpenuhi.



Gambar 21. Denah Tiang Pancang Tipe 1



Gambar 22. Denah Tiang Pancang Tipe 2

Pondasi tiang pancang tipe 2 menggunakan beton bertulang dengan dimensi 40 cm x 40 cm, kelas = B, berat = 400 kg/m, momen nominal = 12,45 tonm, kuat beban (P_{tiang}) = 210,60 ton.

$$P_{\text{ijin 1 tiang}} = C_n \times \frac{A}{n_1} + JHP \times \frac{K}{n_2} = 186,76 \times \frac{40 \times 40}{3} + 412 \times \frac{2(40+40)}{5} = 112791,8431 \text{ kg} = 112,79 \text{ ton}$$

$$\text{Berat sendiri tiang} = 400 \text{ kg/m} \times 18 \text{ m} = 7200 \text{ kg} = 7,20 \text{ ton}$$

Beban ijin netto yang diperkenankan pada tiang tersebut sebagai berikut :

PERENCANAAN STRUKTUR BETON BERTULANG HOTEL VELINS 10 LANTAI DI KOTA YOGYAKARTA DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK)

(Veronika Lyda Intane, Soerjandani Priantoro Machmoed)

$P_{ijin\ tiang\ bersih} = 112,79 - 7,20 = 105,59\ ton$

$P_{ijin\ tiang\ bersih} = 105,59\ ton \leq P_{bahan} = 210,60\ ton$
(OK)

Beban maksimum 1 tiang pancang kelompok tipe 2, ditentukan berdasarkan jarak tiang pancang ke sumbu netral sebagai berikut :

$$P1 = \frac{624,41}{6} - \frac{1,80 \times 0,5}{1,5} + \frac{1,87 \times 1}{4} = 103,93\ ton$$

$$P2 = \frac{624,41}{6} + \frac{1,87 \times 1}{4} = 104,53\ ton$$

$$P3 = \frac{624,41}{6} + \frac{1,80 \times 0,5}{1,5} + \frac{1,87 \times 1}{4} = 105,14\ ton$$

$$P4 = \frac{624,41}{6} - \frac{1,80 \times 0,5}{1,5} - \frac{1,87 \times 1}{4} = 103,00\ ton$$

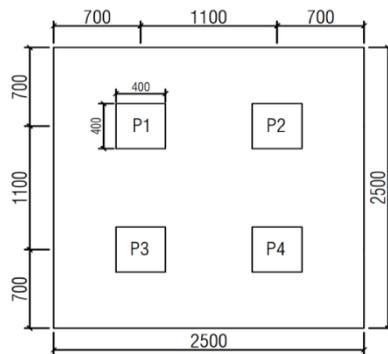
$$P5 = \frac{624,41}{6} - \frac{1,79 \times 1}{4} = 103,60\ ton$$

$$P6 = \frac{624,41}{6} + \frac{1,80 \times 0,5}{1,5} - \frac{1,87 \times 1}{4} = 104,20\ ton$$

Dari hasil perhitungan di atas diperoleh:

$P_{max} = P3 = 105,14\ ton < P_{ijin} = 105,59\ ton$.

Kelompok tiang pancang tipe 2 terpenuhi.



Gambar 23. Denah Tiang Pancang Tipe 3

Tiang pancang tipe 3 memiliki spesifikasi sama dengan tipe 2, dengan jumlah tiang yang berbeda karena digunakan untuk menahan beban lebih kecil. Beban maksimum 1 tiang pancang kelompok tipe 3, berdasarkan jarak tiang pancang ke sumbu netral sebagai berikut:

$$P1 = \frac{326,35}{4} - \frac{20,49 \times 0,55}{1,21} + \frac{22,02 \times 0,55}{1,21} = 82,28\ ton$$

$$P2 = \frac{326,35}{4} + \frac{20,49 \times 0,55}{1,21} + \frac{22,02 \times 0,55}{1,21} = 100,91\ ton$$

$$P3 = \frac{326,35}{4} - \frac{20,49 \times 0,55}{1,21} - \frac{22,02 \times 0,55}{1,21} = 62,27\ ton$$

$$P4 = \frac{326,35}{4} + \frac{20,49 \times 0,55}{1,21} - \frac{22,02 \times 0,55}{1,21} = 80,89\ ton$$

Dari hasil perhitungan di atas diperoleh :

$P_{max} = P2 = 100,91\ ton < P_{ijin} = 105,59\ ton$,

Kelompok tiang pancang tipe 3 terpenuhi.

7.3. Perencanaan Sloof

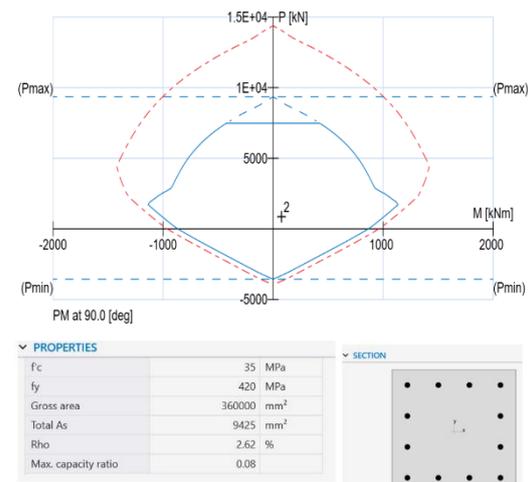
Sloof adalah struktur yang berada di atas pondasi dan memiliki fungsi menyeimbangkan beban pondasi dan sebagai penyangga dinding apabila terjadi pergerakan tanah sehingga dinding tidak runtuh. Perencanaan perhitungan sloof didasarkan pada beban maksimum yang bekerja pada pondasi. Pada perencanaan hotel ini sloof hanya direncanakan untuk menghubungkan antara pondasi kolom dengan kolom (Arifin, 2008).

Penulangan sloof didasarkan pada kondisi pembebanan dimana beban rencana yaitu beban aksial dan beban lentur, analisa tulangan sloof akan direncanakan menggunakan program struktur.

Beban bekerja : $qU = 1,4D = 1,4 \times 1864 = 2609,6\ kg/m$

Momen yang bekerja pada sloof :

$$Mu = \frac{1}{12} \times qU \times L^2 = \frac{1}{12} \times 2609,6 \times 6^2 = 7828,8\ kg/m$$



Gambar 24. Hasil Penulangan Sloof

Hasil penulangan sloof menggunakan program struktur diperoleh menggunakan tulangan ulir berdiameter 25 mm dan jumlah tulangan 12 mm didapatkan prosentase sebesar 2,62% telah memenuhi persyaratan 1 – 6%.

8. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan perencanaan gedung Hotel Velins di Kota Yogyakarta dengan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus yang diperhitungkan berdasarkan peraturan SNI 1726-2019, SNI 2847-2019, SNI 1727-2020, dan SNI 03-1727-1989, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Berdasarkan hasil analisa gaya gempa diperoleh nilai simpangan horisontal (drift)

yang terjadi pada lantai 1 sampai 9 arah X dan arah Y rerata yaitu 25,76 mm dengan tidak melebihi batas simpangan ijin (Δa) yaitu 100 mm. Hal ini menunjukkan bahwa perencanaan struktur gedung Hotel Velins menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus mampu menahan beban gempa yang terjadi dan menjaga stabilitas lateral struktur.

- 2) Kontrol pendetailan pada struktur yang sesuai dengan persyaratan SNI 2847-2019 pasal 18.7.3, dapat disimpulkan bahwa struktur gedung Hotel Velins ini mampu menahan beban gempa yang terjadi yaitu telah memenuhi syarat *Strong Column Weak Beam* dengan syarat $\sum M_{nc} = 3698,46 \text{ kNm} > (1,2) \sum M_{nb} = 989,66 \text{ kNm}$.
- 3) Hubungan Balok Kolom (HBK) pada perencanaan gedung ini sesuai dengan persyaratan 2847-2019 pasal 18.8.4.1 yaitu pada kondisi terkekang 4 balok dengan syarat $V_n > V_{x-x} = 2715,5 \text{ kN} > 1534,05 \text{ kN}$ dan terkekang 3 atau 2 balok dengan syarat $V_n > V_{x-x} = 1916,8 \text{ kN} > 853,29 \text{ kN}$ telah terpenuhi.

9. DAFTAR PUSTAKA

- Abdul, Fauzi., & Utari Khatulistiani. 2020. *Perencanaan Struktur Beton Bertulang Gedung Apartemen Lyon di Kota Yogyakarta Menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus*. Axial Vol. 8. No. 2, Jurnal Rekayasa dan Manajemen Konstruksi.
- Anson, Jovan., & Soerjandani Priantoro M. 2023. *Perencanaan Struktur Gedung Hotel Azona Menggunakan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus Di Kota Yogyakarta*. Axial Vol. 11. No. 1, Jurnal Rekayasa dan Manajemen Konstruksi.
- Arifin. 2008. *Studi Perencanaan Portal Dan Pondasi Gedung B Rusun Siwalankerto Surabaya Dengan Metode Daktilitas Terbatas*. Neutron Vol. 8, No. 1.
- Badan Standardisasi Nasional. 2019. SNI 1726-2019. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung*. Jakarta : BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. 2019. SNI 2847-2019. *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. Jakarta : BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. 2020. SNI 1727-2020. *Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Jakarta : BSN.
- Brawijaya, Ganteng., & Soerjandani Priantoro M. 2022. *Perencanaan Gedung Rusunawa 10 Lantai Di Kota Yogyakarta Dengan Struktur Beton Bertulang Menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)*. Axial Vol. 10, No 2, Jurnal Rekayasa dan Manajemen Konstruksi.
- Durrademantar, Bernald., & Soerjandani Priantoro M. 2023. *Perencanaan Gedung Perkantoran Berliano 10 Lantai Di kota Palu Menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus*. Axial Vol. 11, No 2, Jurnal Rekayasa dan Manajemen Konstruksi.
- Firmansyah, Andika., & Soerjandani Priantoro M. 2019. *Perencanaan Struktur Gedung Lfc Beton Bertulang Tahan Gempa Dengan Menggunakan Sistem Ganda Pada Daerah Gempa Tinggi*. Axial Vol. 7, No 2, Jurnal Rekayasa dan Manajemen Konstruksi.
- Huda, Thoriqul., & Utari Khatulistiani. 2021. *Perencanaan Struktur Gedung Hotel Huda Menggunakan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus Di Kota Yogyakarta*. Axial Vol. 9, No 1. Jurnal Rekayasa dan Manajemen Konstruksi.
- Muda, Anwar. 2016. *Analisis Daya Dukung Tanah Fondasi Dangkal Berdasarkan Laboratorium*. Jurnal INTEKNA Vol. 16, No.1. Kalimantan Tengah : Satuan Kerja Pelaksanaan Jalan Nasional II.
- Subkhan, Muchammad., & Utari Khatulistiani. 2019. *Perencanaan Struktur Gedung Apartemen Permata Intan Dengan Konstruksi Beton Bertulang Menggunakan Metode SRPMK Di Kota Yogyakarta*. Axial Vol. 7, No 2. Jurnal Rekayasa dan Manajemen Konstruksi.
- Tiasmoro, Hendra., & Soerjandani Priantoro M. 2021. *Perencanaan Gedung Apartemen Soedono 10 Lantai Dengan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa Menggunakan SRPMK* Axial Vol. 9, No 1. Jurnal Rekayasa dan Manajemen Konstruksi.
- Yuliana, Maria., & Soerjandani Priantoro M. 2021. *Perencanaan Gedung Apartemen D'rini 10 Lantai Dengan Struktur Beton Ringan Bj 1760 Kg/M3 Bertulang Tahan Gempa Menggunakan SRPMK*. Axial Vol. 9, No 3, Jurnal Rekayasa dan Manajemen Konstruksi.

**PERENCANAAN STRUKTUR BETON BERTULANG HOTEL VELINS 10
LANTAI DI KOTA YOGYAKARTA DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM
RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK)**

(Veronika Lydya Intane, Soerjandani Priantoro Machmoed)

Halaman ini sengaja dikosongkan

Halaman ini sengaja dikosongkan