

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

Veronika Lydya Intane and Soerjandani Priantoro Machmoed\*

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Wijaya Kusuma Surabaya

E-mail: veronika.lydya@gmail.com & \*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. 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. Metode perhitungan pembebanan gempa menggunakan analisa respon spektrum dan beban gravitasi yang dikombinasikan. Standart peraturan yang menjadi acuan dalam tugas akhir 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 horisontal rerata yaitu 25,76 mm telah memenuhi persyaratan dengan tidak melebihi simpangan horisontal izin yaitu 100 mm. Selain itu, gedung ini juga memenuhi syarat Strong Column Weak Beam dengan  $\sum Mnc = 3698,46 \text{ kNm} > (1,2) \sum Mnb = 989,66 \text{ kNm}$  dan Hubungan Balok Kolom (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.

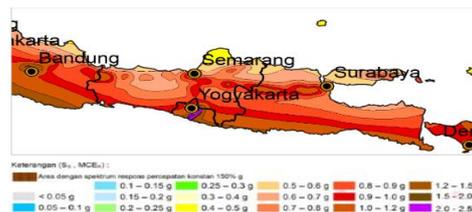
**KATA KUNCI :** Hotel Velins, Struktur Beton Bertulang, Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus, Struktur Gedung Tahan Gempa, Kota Yogyakarta

### 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 Km<sup>2</sup> 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 kebutuhan tempat tinggal sementara seperti hotel ataupun *homestay* menjadi sangat tinggi. Sehingga alternatif untuk mengatasi hal itu adalah dengan membangun gedung-gedung bertingkat semakin meningkat (Firmansyah & Soerjandani, 2019).

Perencanaan struktur Hotel Velins terdiri dari 10 lantai yang berlokasi di Yogyakarta. Berdasarkan peta gempa provinsi 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 Yogyakarta

Pada struktur bangunan tingkat tinggi harus mampu menahan gaya vertikal (gravitasi), maupun gaya 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 gempa vertikal. 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).

# 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)

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 aplikasi bantu dan pembebanan struktur gedung mengacu SNI 2847-2019 dan SNI 1726-2019, sehingga dapat memberikan hasil akurat tentang kelayakan bangunan yang dirancang.

Meninjau dari pendahuluan di atas didapat sebuah permasalahan sehingga muncul rumusan-rumusan masalah :

1. Apakah simpangan horisontal yang terjadi tiap lantai sesuai persyaratan bangunan tahan gempa menurut SNI 1726-2019?
2. 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?
3. Apakah Hubungan Balok Kolom terkait tulangan gaya geser pada perencanaan gedung ini telah memenuhi SNI 2847-2019?

Maksud dari perencanaan gedung hotel Velins ini adalah untuk merencanakan komponen struktur gedung beton bertulang sesuai dengan prinsip Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) berdasarkan SNI 1726-2019 dan SNI 2847-2019. Tujuan dari perencanaan gedung hotel Velins ini, yaitu :

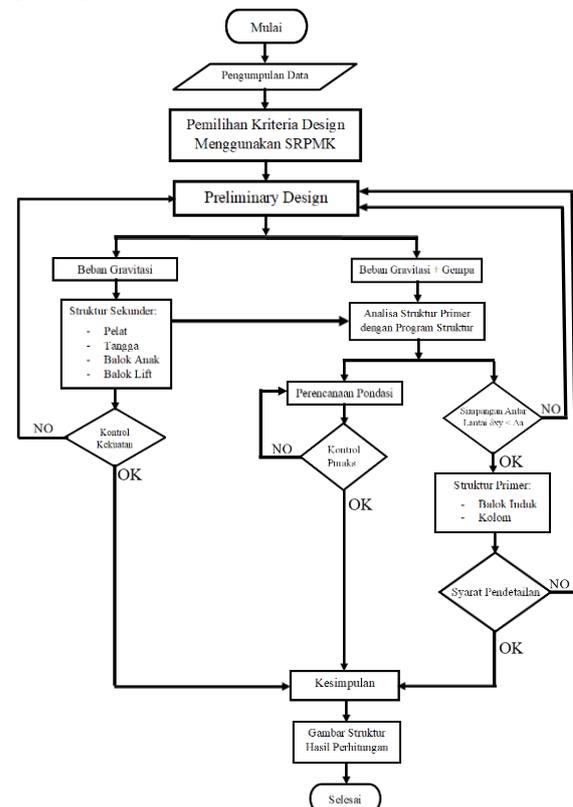
1. Untuk mendapatkan hasil dari simpangan horisontal yang terjadi pada tiap lantai perencanaan gedung ini sesuai Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).
2. Untuk mendapatkan hasil dari Strong Column Weak Beam pada perencanaan gedung telah memenuhi batas minimum izin menggunakan metode SRPMK.
3. Untuk mendapatkan hasil dari Hubungan Balok Kolom terkait tulangan geser pada perencanaan gedung ini telah memenuhi persyaratan sesuai dengan peraturan SNI 2847-2019.

Batasan masalah dari perencanaan gedung ini, yaitu :

1. Struktur bangunan terdiri dari 10 lantai menggunakan data tanah serta bahn yang ditentukan.
2. Menghitung, menganalisa, dan mendesain struktur atas dan struktur bawah.
3. Tidak meninjau perhitungan biaya bangunan, *time schedule*, utilitas bangunan, arsitektur, sanitasi, mekanikal elektrik, *finishing*, manajemen konstruksi dan pelaksanaan di lapangan.

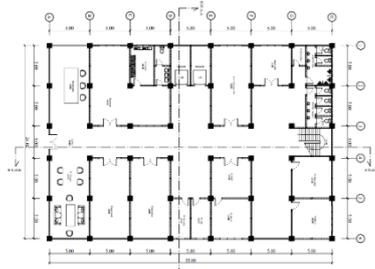
## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Perencanaan truktur bangunan gedung Hotel Velins ini, dapat diuraikan dalam bentuk diagram alir seperti **Gambar 2**. Gedung hotel Velins direncanakan dengan panjang, lebar dan tinggi gedung yaitu 35 x 24 x 40 meter.

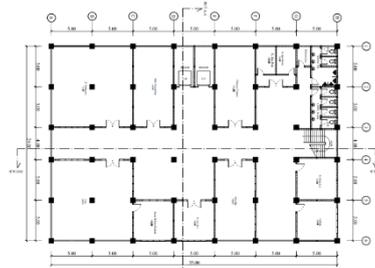


**Gambar 2.** Diagram Alir

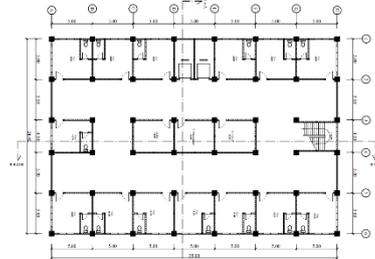
Syarat pendetailan harus berdasarkan SNI 2847-2019 pasal 21.5 – 21.7. Perencanaan ini menggunakan pondasi tiang pancang dengan menghitung kebutuhan tiang kemudian melakukan kontrol terhadap pondasi hasil perencanaan. Dari hasil perhitungan dituangkan dalam bentuk gambar perencanaan dapat dilihat pada **Gambar 3** sampai **Gambar 7**.



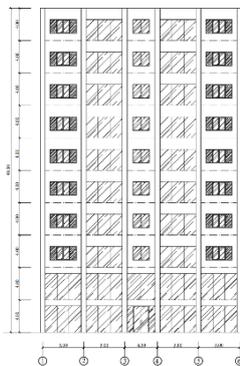
Gambar 3. Denah Lantai 1



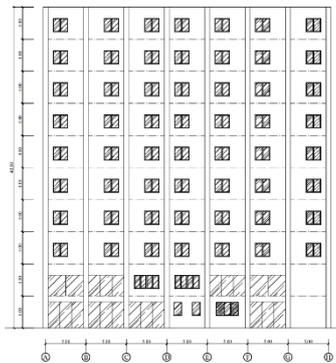
Gambar 4. Denah Lantai 2



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 tahap awal perencanaan 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.

#### 4. STRUKTUR SEKUNDER

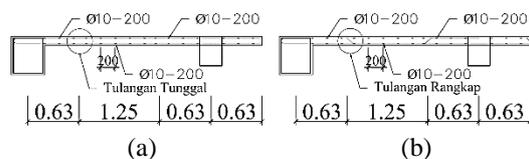
Struktur sekunder adalah struktur yang hanya dapat menerima lentur akibat gaya gravitasi saja dan tidak untuk menerima gaya lateral yang disebabkan oleh gempa, sehingga dapat diperhitungkan secara terpisah dari struktur utama dalam perhitungan analisis. Namun karena adanya struktur sekunder ini, maka 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).

Plat atap dan lantai diasumsikan mengalami kelendutan akibat terbebani, sehingga plat harus terjepit secara elastis.



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

# 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)

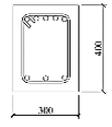
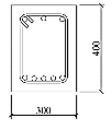
## 4.2. Perencanaan Balok Anak

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.

Balok anak atap direncanakan dengan dimensi 30 x 40 cm dan tebal selimut beton 40 mm. Dari hasil pembebanan didapat  $Q_u = 1362,535$  kg/m serta hasil nilai gaya dalam yang diperoleh 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 x 40 cm dan tebal selimut beton 40 mm. Dari hasil pembebanan didapat  $Q_u = 1816,16$  kg/m serta hasil nilai gaya dalam yang diperoleh dengan bantuan program struktur yaitu:  $M_{tumpuan} = 4127,63$  kgm,  $M_{lapangan} = 2837,75$  kgm dan  $V_u = 4540,4$  kg.

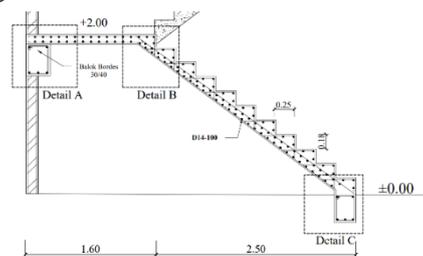
Hasil perhitungan penulangan pada balok anak atap dan lantai dapat dilihat pada **Gambar 9**.

Tipe	Balok Anak Atap & Lantai 30/40	
Letak	Tumpuan	Lapangan
Sketsa		
Tulangan Atas	5D12	3D12
Tulangan Bawah	3D12	5D12
Sengkang	2Ø10-100	2Ø10-150

**Gambar 9.** Detail Tulangan Balok Anak Atap & Lantai

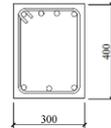
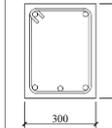
## 4.3. Perencanaan Tangga

Data perencanaan tangga yaitu: beda tinggi lantai = 400 cm, elevasi bordes = 200 cm, panjang bordes = 160 cm, lebar bordes = 370 cm, tinggi injakan = 18 cm, lebar injakan = 25 cm dan panjang miring = 320,16 cm seperti pada **Gambar 10**. Balok bordes direncanakan dengan dimensi 30 x 40 cm dengan plat miring tangga 120 mm. Hasil perhitungan diperoleh penulangan plat miring tangga dan plat bordes dengan tulangan utama = Ø14-100 mm dan tulangan susut = Ø14-300 mm.



**Gambar 10.** Detail Tangga

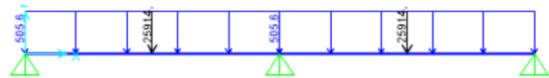
Gaya-gaya dalam dianalisa dengan bantuan program struktur, balok bordes diperoleh nilai  $M_{tumpuan} = 9069,20$  kgm,  $M_{lapangan} = 6235,08$  kgm, dan  $V_u = 9976,13$  kg. Hasil perhitungan penulangan pada balok bordes dapat dilihat pada **Gambar 11**.

Tipe	Balok Bordes 30/40	
Letak	Tumpuan	Lapangan
Sketsa		
Tulangan Atas	4D16	2D16
Tulangan Bawah	3D16	3D16
Sengkang	2Ø14-100	2Ø14-150

**Gambar 11.** Detail Tulangan Balok Bordes

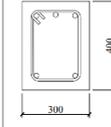
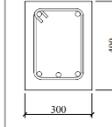
## 4.4. Perencanaan Balok Lift

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:  $Q_u = 505,6$  kg/m,  $P_u = 25914$  kg.



**Gambar 12.** Pembebanan Balok Lift

Dari hasil analisa diperoleh detail perhitungan penulangan balok penggantung lift sebagai berikut:

Tipe	Balok Penggantung Lift 30/40	
Letak	Tumpuan	Lapangan
Sketsa		
Tulangan Atas	3D22	2D22
Tulangan Bawah	2D22	3D22
Sengkang	2Ø13-75	2Ø13-100

**Gambar 13.** Detail Penulangan Balok Lift

## 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:  $W_{lt1-9} = 1246168$  kg untuk berat lantai 10 =  $W_{lt10} = 960032$  kg. Berat total seluruh gedung =  $W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 + W_6 + W_7 + W_8 + W_9 + W_{10} = (9 \times 1246168) + 960032 = 12175544$  kg.

Penentuan jenis tanah setempat menggunakan data tanah SPT seperti pada **Tabel 1**.

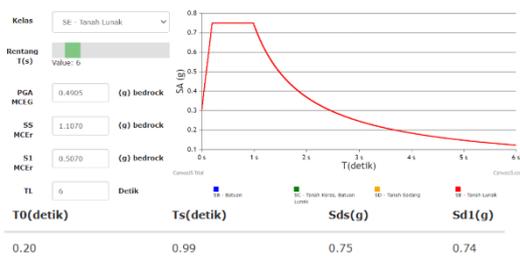
Kemudian setelah mengetahui jenis tanah dapat menentukan respon spektra seperti **Gambar 14**.

**Tabel 1.** 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
<b>Total (Σ)</b>			<b>30</b>		<b>2,019</b>

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

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



**Gambar 14.** Grafik Respons Spektrum Kota Yogyakarta

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

$$C_t = 0,0466 \text{ (SNI 1726-2019 pasal 7.8.2.1)}$$

$$X = 0,9 \text{ (SNI 1726-2019 pasal 7.8.2.1)}$$

$$h_n = 40 \text{ meter (tinggi bangunan)}$$

$$T_a = 0,0466 \times 40^{0,9} = 1,29 \text{ detik}$$

S<sub>D1</sub> = 0,745 didapat koefisien Cu = 1,4 (SNI 1726-2019 pasal 7.8.2 tabel 17) sehingga:

$$T_a < C_u = 1,29 < 1,4 \text{ (OK)}$$

Untuk distribusi gaya gempa (Fi) 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:

Fi = faktor gaya gempa nominal ekuivalen

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

Zi = ketinggian pada lantai ke-i

V = beban geses dasar seismik

k = Ta ≤ 0,5 maka menggunakan 1, jika Ta ≥ 2,5 maka menggunakan 2

Namun jika 0,5 ≤ Ta ≤ 2,5 maka nilai k perlu ditentukan dengan interpolasi linier dengan rumus:

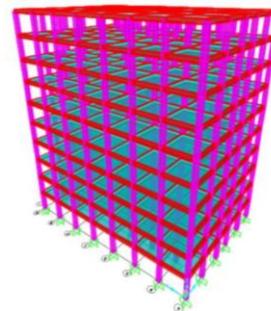
$$k = 1 + \frac{1,29-0,5}{2,5-0,5} \times (2-1) = 1,395$$

**Tabel 2.** Distribusi Beban Gempa

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

### 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.



**Gambar 15.** Bentuk 3D Gedung Hotel Velins

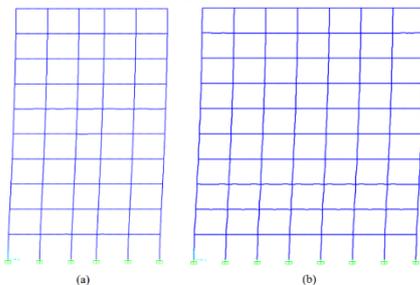
# PERENCANAAN STRUKTUR BETON BERTULANG HOTEL VELINS 10 LANTAI DI KOTA YOGYAKARTA DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK)

(Veronika Lyda Intane, Soerjandani Priantoro Machmoed)

**Tabel 3.** Simpangan Struktur Gedung

Lantai	Hsx (mm)	$\delta_x$ (mm)	$\delta_y$ (mm)	$\Delta_x$ (mm)	$\Delta_y$ (mm)	$\Delta_a$ (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

Hasil pada tabel dapat 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.



**Gambar 16.** Output Simpangan Struktur Gedung Arah X (a) dan Arah Y (b)

## 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 mempertimbangkan 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 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 (Yuliana & Soerjandani, 2019).

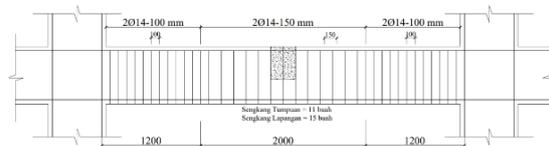
**Tabel 4.** Momen Terbesar pada Balok Induk

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

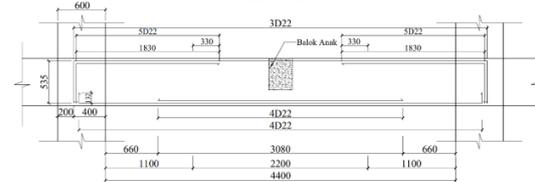
Setelah melakukan perhitungan, kontrol dan pendetailan yang sesuai dengan SNI 2847-2019 pada perencanaan balok induk diperoleh detail penulangan lentur dan geser, sebagai berikut:

Tipe	Balok Induk 40/60	
	Tumpuan	Lapangan
Letak		
Sketsa		
Tulangan Atas	5D22	3D22
Tulangan Tengah	2D12	2D12
Tulangan Bawah	4D22	4D22
Sengkang	2014-100	2014-150

**Gambar 17.** Detail Penulangan Balok Induk



**Gambar 18.** Pemasangan Sengkang Balok Induk



**Gambar 19.** 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 x 60 cm dengan bentang = 500 cm, tinggi = 400 cm, tulangan utama = D25 dan tulangan sengkang = Ø16.

#### 6.2.1. Menentukan Sway atau Non Sway

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

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

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

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

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

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

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

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

### 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 pada nomogram akan mendapatkan nilai panjang efektif yaitu:

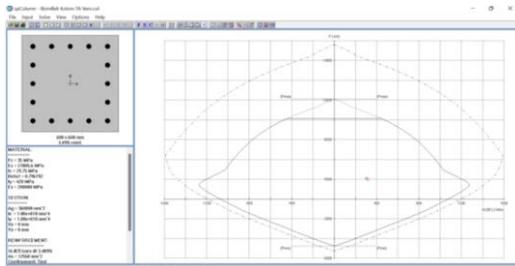
$$(k) = 0,82 \leq 1,0$$

### 6.2.3. Mencari Kelangsingan Kolom

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

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

Dengan ini, tidak perlu memeriksa kelangsingan kolom.



**Gambar 20.** Diagram Interaksi Gaya Aksial dan Momen Kolom

Hasil 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 ( $\phi P_n$  max).

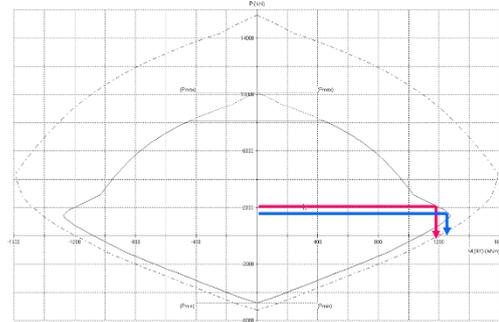
Kontrol pendetailan kolom sesuai SNI 2847-2019 pasal 18.7.2.1 dimana syarat telah terpenuhi karena dimensi kolom pada gedung ini lebih dari 300 mm yaitu 600 mm dan pasal 18.7.5.6 beban aksial ( $P_u$ ) >  $\frac{(600 \times 600) \cdot 35}{10}$  syarat ini juga

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  $\sum M_{nc} = 1170 + 1234 = 2404$  kNm diperoleh dari program struktur (**Gambar 21**) dan nilai  $\sum M_{nb} = 791,73$  kNm diperoleh dari total momen nominal bawah dan atas.



**Gambar 21.** 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.

Berdasarkan SNI 2847-2019 pasal 18.6.5 bahwa gaya geser desain ( $V_e$ ) menggunakan momen maksimum tang mungkin ( $M_{pr}$ ) dan gaya  $V_e$  tidak boleh kurang dari geser terfaktor yang ditentukan analisa struktur. Kebutuhan sengkang pada kolom diperoleh seperti pada **Gambar 22**.

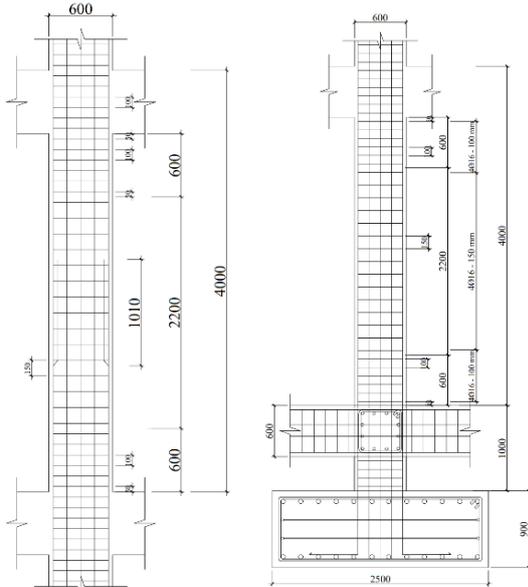
- 1) Sengkang pada kolom dimuka joint
  - a. Pakai sengkang 4Ø16-100 mm
  - b. Dipasang sepanjang 600 mm dari muka joint
  - c. Jumlah sengkang  $\frac{600}{100} = 6$  buah
  - d. Sengkang pertama dipasang pada jarak 50 mm dari muka tumpuan
- 2) Sengkang pada kolom setelah jarak 600 mm
  - a. Pakai sengkang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

# 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)

Tipe	Kolom 60/60	
	Sendi Plastis	Lapangan
Letak		
Sketsa		
Tul. Utama	16D25	16D25
Tul. Geser	4Ø14-100	4Ø14-150

**Gambar 22.** Detail Pulangan Kolom



**Gambar 23.** Detail Tulangan Kolom Melintang

## 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:

$$V_n = \phi 1,7 \cdot \sqrt{f'c'} A_j = 0,75 \times 1,7 \times \sqrt{35} (600 \times 600)$$

$$V_n = 2715480,62 \text{ kN} = 2715,5 \text{ kN}$$

$$V_n > V_{x-x} = 2715,5 \text{ kN} > 1534,05 \text{ kN}$$

(memenuhi persyaratan) (**Gambar 24**).

### Terkekang tiga atau dua balok

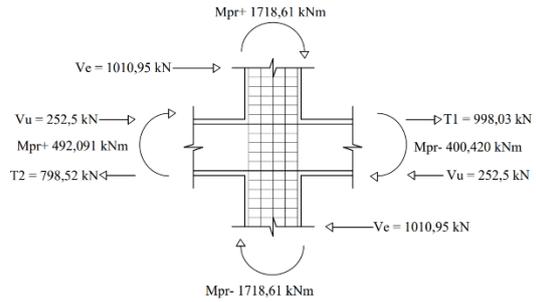
Besarnya tegangan geser nominal joint  $V_n$  yaitu:

$$V_n = \phi 1,2 \cdot \sqrt{f'c'} A_j = 0,75 \times 1,2 \times \sqrt{35} (600 \times 600)$$

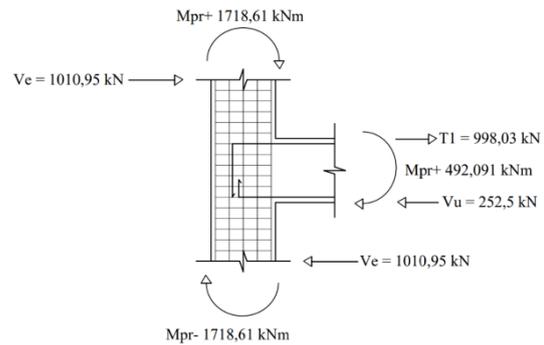
$$V_n = 1916809 \text{ kN} = 1916,8 \text{ kN}$$

$$V_n > V_{x-x} = 1916,8 \text{ kN} > 853,29 \text{ kN}$$

(memenuhi persyaratan) (**Gambar 25**).



**Gambar 24.** HBK terkekang 4 Balok



**Gambar 25.** 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 sampai ditemukan tanah keras, dan diambil nilai JHP = 412 kg/cm. 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 x 50 cm, kelas = A, berat = 625 kg/m, momen nominal = 18,68

ton.m, kuat beban (Ptiang) = 335,12 ton, serta kedalaman tiang pancang = 6 – 13 m. Beban 1 tiang pancang dalam kelompok tipe 1, berdasarkan jarak tiang pancang ke sumbu netral sebagai berikut:

$$P1 = \frac{896}{6} - \frac{1,45 \times 0,7}{2,94} + \frac{1,72 \times 1,4}{7,84} = 149,29 \text{ ton}$$

$$P2 = \frac{896}{6} + \frac{1,72 \times 1,4}{7,84} = 149,63 \text{ ton}$$

$$P3 = \frac{896}{6} + \frac{1,45 \times 0,7}{2,94} + \frac{1,72 \times 1,4}{7,84} = 149,98 \text{ ton}$$

$$P4 = \frac{896}{6} - \frac{1,45 \times 0,7}{2,94} - \frac{1,72 \times 1,4}{7,84} = 148,67 \text{ ton}$$

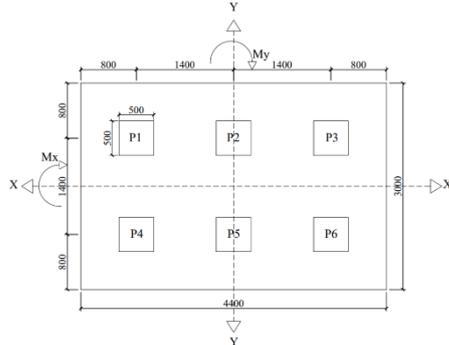
$$P5 = \frac{896}{6} - \frac{1,72 \times 1,4}{7,84} = 149,02 \text{ ton}$$

$$P6 = \frac{896}{6} + \frac{1,45 \times 0,7}{2,94} - \frac{1,72 \times 1,4}{7,84} = 149,36 \text{ ton}$$

Dengan hasil perhitungan diatas:

$$P_{max} = P3 = 149,98 \text{ ton} < P_{ijin} = 158,82 \text{ ton.}$$

Kelompok tiang pancang tipe 1 terpenuhi.



**Gambar 26.** Denah Tiang Pancang Tipe 1

Tiang pancang tipe 2 dan 3 menggunakan beton bertulang dengan dimensi 40 x 40 cm, kelas = B, berat = 400 kg/m, momen nominal = 12,45 ton.m, kuat beban (Ptiang) = 210,60 ton, serta kedalaman tiang pancang = 6 – 12 m. Beban 1 tiang pancang dalam kelompok tipe 2, berdasarkan jarak tiang pancang ke sumbu netral sebagai berikut:

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

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

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

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

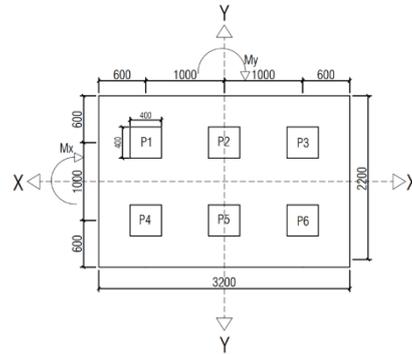
$$P5 = \frac{624,41}{6} - \frac{1,79 \times 1}{4} = 103,60 \text{ ton}$$

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

Dengan hasil perhitungan diatas:

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

Kelompok tiang pancang tipe 2 terpenuhi.



**Gambar 27.** Denah Tiang Pancang Tipe 2

Beban 1 tiang pancang dalam kelompok tipe 3, berdasarkan jarak tiang pancang ke sumbu netral sebagai berikut:

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

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

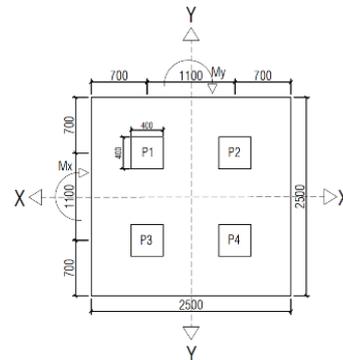
$$P3 = \frac{326,35}{4} - \frac{20,49 \times 0,55}{1,21} - \frac{22,02 \times 0,55}{1,21} = 62,27 \text{ ton}$$

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

Dengan hasil perhitungan diatas:

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

Kelompok tiang pancang tipe 3 terpenuhi.



**Gambar 28.** Denah Tiang Pancang Tipe 3

### 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 maximum yang bekerja pada pondasi, dimana pada perencanaan rusun ini sloof hanya direncanakan untuk menghubungkan antara pondasi kolom dengan kolom (Arifin, 2008).

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

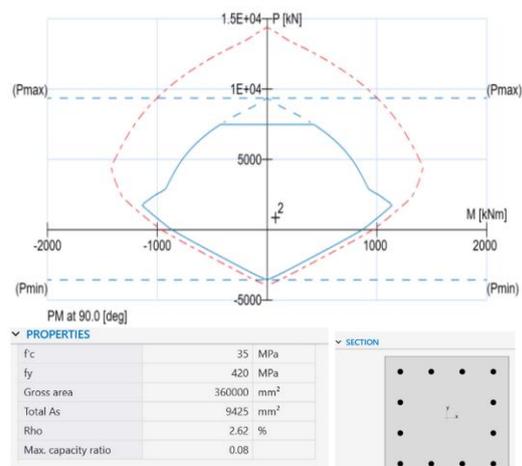
(Veronika Lyda Intane, Soerjandani Priantoro Machmoed)

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

$$qU = 1,4D = 1,4 \times 1864 = 2609,6 \text{ kg/m}$$

Momen yang bekerja pada sloof:

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



**Gambar 29.** Hasil Program Struktur Sloof Pondasi

Hasil program struktur dengan 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. Sehingga dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Berdasarkan hasil analisa gaya gempa diperoleh nilai simpangan horisontal (drift) yang terjadi pada lantai 9 sampai 1 arah X dan arah Y rerata yaitu 25,76 mm dengan tidak melebihi batas simpangan ijin ( $\Delta$ ) yaitu 100 mm. Sehingga 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.

## 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 Dikota 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 B<sub>j</sub> 1760 Kg/M<sup>3</sup> Bertulang Tahan Gempa Menggunakan Srpmk.* Axial Vol. 9, No 3, Jurnal Rekayasa dan Manajemen Konstruksi.