

SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK) UNTUK PERENCANAAN STRUKTUR BETON BERTULANG GEDUNG HOTEL “LUSTRIO” DI KOTA MATARAM

Firna Nahwa Firdausi Rahman¹ dan Utari Khatulistiani^{2*}

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

Jl. Dukuh Kupang XXV no. 54, Kota Surabaya, Jawa Timur, Indonesia, 60225

E-mail: ¹firmarahman61@gmail.com, & ^{2*}utari.kh@uwks.ac.id.

(*) Penulis Korespondensi

ABSTRAK: Menurut SNI 1726-2019, Kota Mataram memiliki nilai parameter gerak tanah, S_s antara 1,0g hingga 1,2g menggambarkan wilayah dengan intensitas gempa tinggi. Oleh karena itu, gedung hotel Lustrio yang berada di Kota Mataram, terdiri dari 10 lantai harus direncanakan sebagai gedung struktur beton bertulang tahan gempa, menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Gedung Hotel Lustrio mengacu pada SNI 2847-2019 untuk perencanaan struktur beton bertulang, untuk pembebanan gempa mengacu pada SNI 1726:2019, dan pembebanan gravitasi mengacu pada SNI 03-1727-1989 serta SNI 1727-2020. Mutu beton yang digunakan dalam perencanaan gedung Lustrio menggunakan $f'c$ sebesar 35 MPa. Mutu baja digunakan BJ 41 dengan nilai F_y adalah 250 MPa dan F_u adalah 410 MPa. Hasil analisis struktur gedung hotel Lustrio diperoleh dimensi balok anak atap dan lantai 35 cm x 50 cm, dimensi balok induk atap dan lantai 50 cm x 60 cm. Dimensi kolom lantai 1 hingga 6 adalah 80 cm x 80 cm, dan lantai 6 hingga 10 menggunakan 70 cm x 70 cm. Pondasi direncanakan menggunakan tiang pancang beton dengan dimensi 50 cm x 50 cm dengan kedalaman 19 m, dan jumlah tiang pancang sebanyak 6 tiang. Nilai terbesar simpangan horizontal antar lantai, Δ yang terjadi sebesar 61,98 mm, lebih kecil dari nilai simpangan horizontal izin, Δ ijin sebesar 100 mm. Hal ini menunjukkan bahwa struktur gedung mampu menahan beban gempa. Syarat *Strong Column Weak Beam* sudah memenuhi persyaratan sebagai gedung tahan gempa, diketahui hasil analisis $\Sigma M_{nc} = 1600 \text{ kNm} > 1,2 \Sigma M_{nb} = 1161,69 \text{ kNm}$.

KATA KUNCI : Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), Kota Mataram, Struktur Gedung Beton Bertulang, Struktur Gedung Tahan Gempa

1. PENDAHULUAN

Pesatnya perkembangan wisata di suatu daerah membuat peningkatan minat masyarakat dalam mencari penginapan. Hal itu terjadi pada Kota Mataram yang terkenal dengan wisata alamnya. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS) Nusa Tenggara Barat (2024), jumlah wisatawan mencapai 60.673 di hotel berbintang, dan 62.490 orang di hotel non berbintang. Data BPS Kota Mataram menyebutkan jumlah hotel berbintang sebanyak 24 buah dan non berbintang 93 buah. Dari data tersebut bisa disimpulkan bahwa penginapan di Kota Mataram masih belum mencukupi menampung wisatawan yang datang, sehingga perlu penambahan gedung hotel. Untuk itu direncanakan gedung hotel Lustrio berupa bangunan vertikal 10 lantai.

Kota Mataram diketahui termasuk wilayah gempa intensitas gempa yang kuat dengan parameter gerak tanah (S_s) 1,0 – 1,2 g (SNI 1726-2019). Terbukti pada tanggal 5 Agustus 2018 Pulau Lombok mengalami gempa bumi berkekuatan magnitudo 7,0 dengan episentrum berada 18 km dari Lombok Timur, kedalaman 15 km, menyebabkan guncangan di Kota Mataram

sebesar VII-VIII MMI (Wikipedia, 2024). Oleh karena itu, perencanaan struktur gedung hotel Lustrio harus didesain agar gedung mampu menahan gempa dengan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).

SRPMK adalah satu dari sistem perencanaan struktur bertujuan agar gedung bersifat daktail. Struktur bersifat daktail adalah kemampuan struktur mengalami simpangan pasca elastik secara berulang kali dan bolak balik akibat beban gempa, tetapi tetap dapat mempertahankan kekuatan dan kekakuannya. Konsep dari SRPMK yaitu *Strong Column Weak Beam*, dimaksudkan kemampuan kolom harus lebih besar 20% dari balok, agar kolom tidak mengalami kondisi leleh terlebih dahulu sebelum balok, sehingga gedung tidak mengalami keruntuhan secara tiba-tiba, dan distribusi kerusakan sepanjang ketinggian bangunan bergantung pada distribusi lateral *Story Drift* (Simpangan Antar Lantai). Pada sistem perencanaan SRPMK ini boleh mengalami kerusakan non struktural tapi tidak diperkenankan untuk runtuh saat terjadi gempa. Perencanaan SRPMK dilakukan sesuai dengan

SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK) UNTUK PERENCANAAN STRUKTUR BETON BERTULANG GEDUNG HOTEL “LUSTRIO” DI KOTA MATARAM

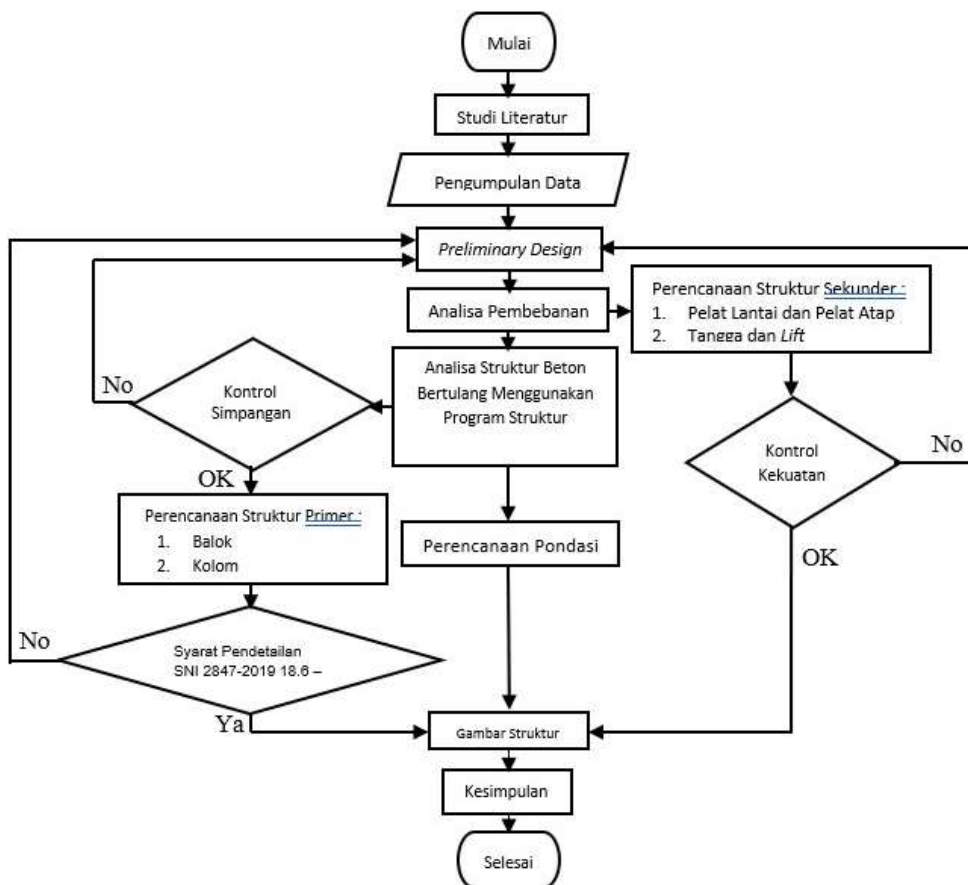
(Firna Nahwa Firdausi Rahman, Utari Khatulistiani)

syarat-syarat bangunan tahan gempa berdasarkan Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2019). SRPMK dipilih untuk perencanaan gedung Hotel Lustrio, karena sistem ini memiliki keuntungan, yaitu tidak memerlukan dinding geser (*Shear Wall*) ataupun bresing vertikal maupun diagonal sehingga memudahkan bagi Perencana dalam merencanakan desain bangunan. SRPMK mengatur desain agar memiliki sendi plastis yang memberikan keuntungan, yaitu memiliki kapasitas yang besar untuk memancarkan gaya gempa. Sendi plastis umumnya terjadi pada bagian balok dekat muka kolom pada bagian tersebut yang merupakan bagian lemah pada suatu struktur, dan didesain berdasarkan kapasitas plastis yang mampu ditahan ketika struktur berperilaku inelastik.

Rumusan masalah pada perencanaan Hotel Lustrio 10 lantai di Kota Mataram, pertama

apakah konsep SRPMK yaitu *Strong Column Weak Beam* pada perencanaan hotel Lustrio di Kota Mataram sudah memenuhi SNI 2847-2019. Kedua, apakah simpangan antar lantai gedung hotel Lustrio menggunakan SRPMK telah memenuhi persyaratan ketentuan SNI 1726-2019. Ketiga, apakah hubungan balok kolom (HBK) menggunakan SRPMK telah memenuhi ketentuan SNI 2847-2019.

Pada perencanaan gedung hotel Lustrio ini tidak menghitung Rencana Anggaran Biaya (RAB), tidak meninjau sistem utilitas, sanitasi, mekanikal, elektrikal, finishing, manajemen konstruksi serta pelaksanaan pembangunan di lapangan.



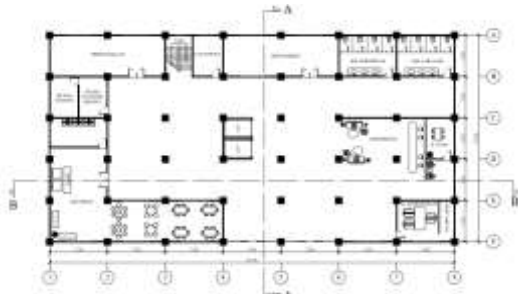
Gambar 1. Diagram Alir Perencanaan

2. METODOLOGI PERENCANAAN

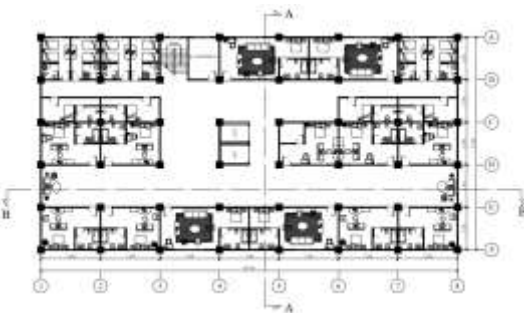
Proses perencanaan gedung Hotel Lustrio diuraikan dalam bentuk diagram alir (*flowchart*)

mulai dari tahap awal hingga tahap akhir seperti pada Gambar 1. Proses perencanaan Hotel Lustrio ini berdasar peraturan SNI 2847-2019

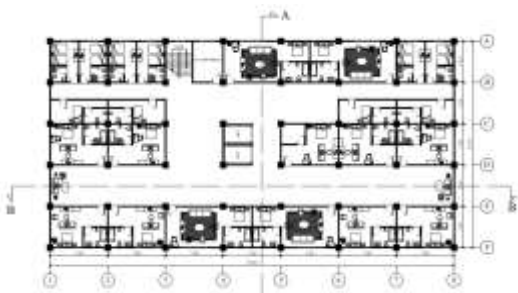
untuk perencanaan struktur beton bertulang, SNI 1726-2019 untuk pembebanan gempa, SNI 03-1727-1989 dan SNI 1727-2020 untuk pembebanan gravitasi. Pengumpulan data berupa data tanah Kota Mataram, serta gambar perencanaan yang terdiri dari denah lantai (Gambar 2, 3, 4 dan 5), dan gambar tampak (Gambar 6 dan 7).



Gambar 2. Denah Lantai 1



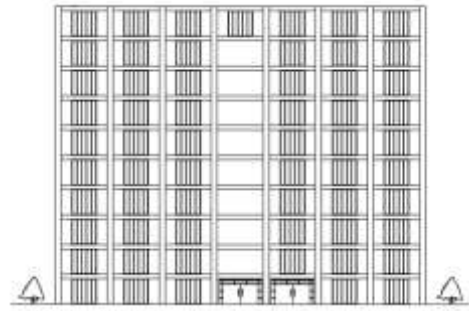
Gambar 3. Denah Lantai 2-5



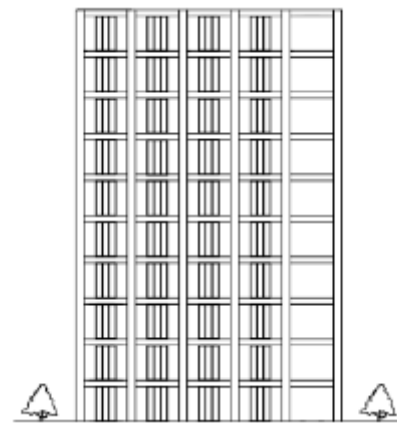
Gambar 4. Denah Lantai 6-9



Gambar 5. Denah Lantai 10



Gambar 6. Tampak Depan



Gambar 7. Tampak Samping

Perencanaan diawali dengan analisa *preliminary design*, yaitu memperkirakan dimensi kolom, balok, dan tebal pelat agar dimensi yang direncanakan dapat memenuhi persyaratan SNI 2847-2019, sehingga tidak menyebabkan analisa struktur dilakukan secara berulang-ulang. Selanjutnya merencanakan pembebanan struktur yaitu menghitung beban-beban yang bekerja pada gedung searah gravitasi bumi, yaitu beban mati, beban hidup, dan beban hujan.

Perencanaan struktur sekunder meliputi pelat, balok anak, balok penggantung *lift*, dan tangga. Kontrol kekuatan dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui apakah struktur yang direncanakan dapat menahan beban yang diterima. Analisa struktur beton bertulang menggunakan program struktur sehingga diperoleh gaya-gaya dalam untuk perencanaan struktur selanjutnya.

Beban gempa direncanakan berdasar SNI 1726-2019, dan analisa kontrol simpangan horizontal (*drift*) yang terjadi tidak boleh melebihi dari simpangan izin yang telah ditentukan ($\Delta < \Delta_{ijin}$). Berikutnya dilakukan perencanaan struktur primer yang merupakan komponen paling utama dari sebuah perencanaan struktur gedung, yaitu struktur balok induk dan kolom karena berpengaruh besar terhadap gedung dalam menahan pembebanan. Selanjutnya, hasil perencanaan struktur primer dilakukan kontrol

SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK) UNTUK PERENCANAAN STRUKTUR BETON BERTULANG GEDUNG HOTEL

“LUSTRIO” DI KOTA MATARAM

(Firma Nahwa Firdausi Rahman, Utari Khatulistiani)

syarat pendetailan hubungan balok dengan kolom (HBK), dan balok-balok berdasarkan SNI 2847-2019. Perencanaan terakhir adalah perencanaan struktur bawah, yaitu struktur pondasi berupa analisa daya dukung pondasi berdasarkan data dari hasil penyelidikan tanah.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Preliminary Design

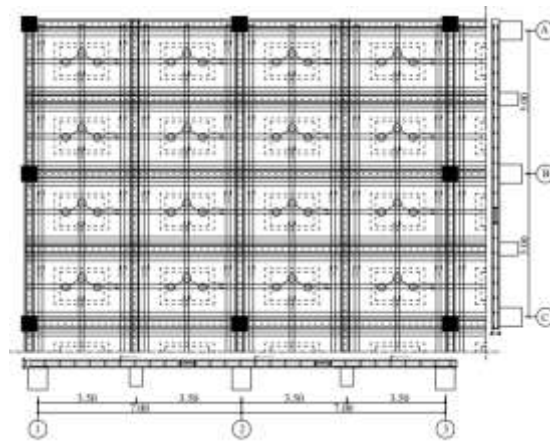
Preliminary design yaitu tahap awal untuk merencanakan struktur gedung Hotel Lustrio dengan memperkirakan dimensi dari setiap komponen-komponen struktur sekunder dan primer. Perkiraan dimensi dilakukan berdasar peraturan yang berlaku agar dimensi yang direncanakan tidak terlalu kecil atau terlalu besar, sehingga efisien dalam menerima beban-beban yang bekerja. Hasil *preliminary design* diperoleh sebagai berikut: tebal pelat atap = 10 cm, tebal pelat lantai = 12 cm, ukuran balok anak = 35 cm x 50 cm, balok induk = 50 cm x 60 cm, ukuran kolom = 70 cm x 70 cm dan 80 cm x 80 cm. Mutu beton ($f'c$) digunakan 35 MPa dan mutu baja tulangan (F_y) adalah 410 MPa.

3.2 Perencanaan Struktur Sekunder

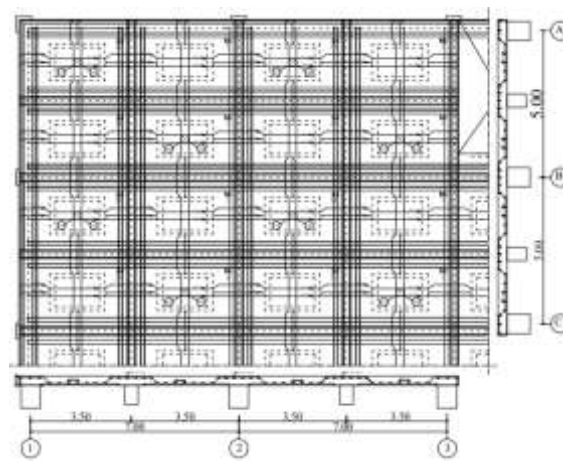
Struktur sekunder adalah struktur pendukung yang hanya menyalurkan beban ke struktur utama sehingga pada perencanaan struktur sekunder ini tidak direncanakan untuk menahan gaya gempa tetapi hanya direncanakan untuk menerima beban lentur.

3.2.1 Pelat Atap dan Pelat Lantai

Perhitungan momen pada pelat atap dan lantai mengacu pada peraturan PB1-1971. Diperoleh tulangan yang dipakai pada arah X dan Y untuk pelat atap yaitu D10-200 mm yang dipasang berupa tulangan rangkap (Gambar 8). Pelat lantai diperoleh tulangan arah X dan Y yaitu D12-200 mm (Gambar 9).



Gambar 8. Penulangan Pelat Atap



Gambar 9. Penulangan Pelat Lantai

3.2.2 Balok Anak Atap dan Lantai

Balok anak adalah elemen struktur sekunder yang tidak berfungsi untuk menerima beban lateral tetapi berfungsi sebagai pengaku yang dapat membantu memperkecil lendutan yang terjadi pada pelat. Tebal selimut beton = 40 mm, tulangan utama digunakan D16 mm, dan tulangan sengkang D10 mm.

Nilai gaya dalam yang terjadi pada balok anak hasil luaran ari program struktur sebagai berikut:

Balok anak atap:

$M_{tumpuan} = 30600121,42 \text{ Nmm}$, $M_{lapangan} = 26681606,09 \text{ Nmm}$, $V_u = 3163,91 \text{ N}$, defleksi $\delta = 1,01 \text{ mm}$.

Balok anak lantai: $M_{tumpuan} = 51779066,96 \text{ Nmm}$, $M_{lapangan} = 46819669,79 \text{ Nmm}$, $V_u = 47664,35 \text{ N}$, defleksi $\delta = 1,78 \text{ mm}$.

Dari nilai gaya dalam tersebut menghasilkan jumlah tulangan yang digunakan pada balok anak atap ditampilkan pada Gambar 10, dan balok anak lantai pada Gambar 11.

Tipe	BALOK ANAK ATAP 35/50	
Letak	TUMPUAN	LAPANGAN
SKETSA		
TULANGAN ATAS	3 D16	2 D16
TULANGAN TENGAH	4 D12	4 D12
TULANGAN BAWAH	2 D16	3 D16
SENGKANG	Ø10-200	Ø10-200

Gambar 10. Penulangan Balok Anak Atap

Tipe	BALOK ANAK LANTAI 35/50	
Letak	TUMPUAN	LAPANGAN
SKETSA		
TULANGAN ATAS	3 D16	2 D16
TULANGAN TENGAH	4 D12	4 D12
TULANGAN BAWAH	2 D16	3 D16
SENGKANG	Ø10-200	Ø10-200

Gambar 11. Penulangan Balok Anak Lantai

3.2.3 Perencanaan Tangga

Data perencanaan tangga hotel Lustrio sebagai berikut:

- Beda tinggi antar lantai = 4,00 m
 - Panjang tangga = 4,20 m
 - Lebar tangga = 3,00 m
 - Lebar bordes = 1,50 m
 - Elevasi bordes = 2,00 m
 - Panjang bordes = 3,30 m
 - Mutu beton ($f'c$) = 35 MPa
 - Mutu tulangan baja (F_y) = 410 MPa
 - Tebal selimut beton = 20 mm
 - Tebal pelat tangga = 12 cm
- Denah tangga ditampilkan pada Gambar 12, dan gambar Potongan pada Gambar 13.

Pembebanan pada tangga sebagai berikut:

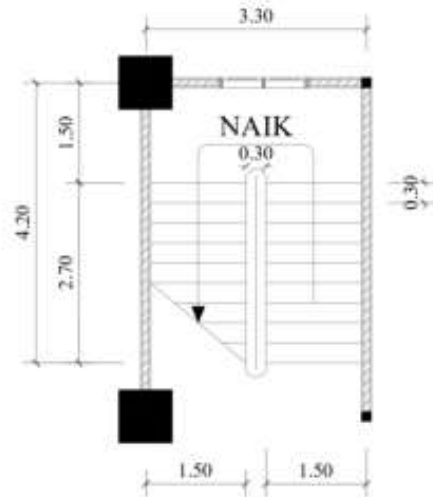
Beban Pelat Tangga:

- Beban mati = 826,37 Kg/m
- Beban hidup = 300 Kg/m

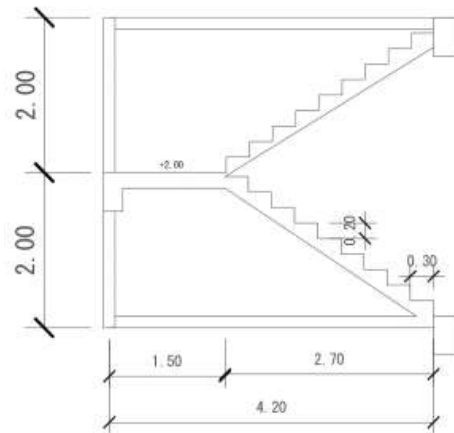
Beban Pelat Bordes:

- Beban mati = 600 Kg/m
- Beban hidup = 300 Kg/m

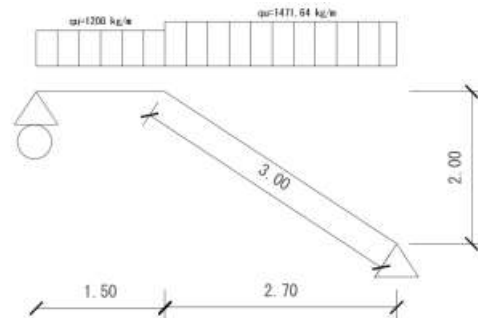
Untuk analisa gaya dalam, dibuat statika pembebanan tangga seperti ditampilkan pada Gambar 14. Analisa gaya dalam menggunakan program struktur.



Gambar 12. Denah Tangga



Gambar 13. Potongan Tangga A-A



Gambar 14. Statika Pembebanan Tangga

Hasil analisa gaya-gaya dalam diperoleh sebagai berikut:

Pelat tangga:

$M_u = 31350726,48$ Nmm, $V_u = 29064,04$ N, dan lendutan $\delta = 2,19$ mm. Digunakan tulangan lentur pelat tangga D6-150 mm, dan tulangan arah melintang D16-150 mm.

Bordes:

$M_u = 31090222,06$ Nmm, $V_u = 29552,8$ N dan lendutan $\delta = 0,32$ mm. Digunakan tulangan arah

SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK) UNTUK PERENCANAAN STRUKTUR BETON BERTULANG GEDUNG HOTEL

“LUSTRIO” DI KOTA MATARAM

(Firna Nahwa Firdausi Rahman, Utari Khatulistiani)

memanjang dan melintang pelat bordes D16-150 mm.

3.2.4 Balok Bordes Tangga

Dimensi yang digunakan pada balok bordes tangga adalah 25 cm x 30 cm. Beban berupa berat sendiri balok = 180 Kg/m, beban yang bekerja pada pelat bordes = 1200 Kg/m.

Beban total adalah:

$$Q_u = 1,2D + 1,6L = 1,2(180) + 1,6(1200) = 2136 \text{ Kg/m}$$

Hasil analisa menggunakan program struktur diperoleh sebagai berikut: $M_{tumpuan} = 81186838 \text{ Nmm}$, $M_{lapangan} = 70265874,51 \text{ Nmm}$, $V_u = 56780,5 \text{ N}$, dan lendutan $\delta = 11,73 \text{ mm}$.

Digunakan penulangan pada balok penumpu tangga seperti ditampilkan pada Gambar 15.

Tipe	BALOK BORDES TANGGA 25/30	
Letak	TUMPUAN	LAPANGAN
SKETSA		
TULANGAN ATAS	4 D16	2 D16
TULANGAN TENGAH	2 D12	2 D12
TULANGAN BAWAH	2 D16	3 D16
SENGKANG	Ø12-100	Ø12-100

Gambar 15. Penulangan Balok Bordes Tangga

3.2.5 Perencanaan Balok Penggantung Lift

Data yang digunakan pada perencanaan ini sebagai berikut:

Dimensi balok penggantung lift = 300 mm x 400 mm

Mutu beton ($f'c$) = 35 MPa

Mutu baja tulangan (F_y) = 410 MPa

Tebal selimut beton = 40 mm

Tulangan utama = D19 mm

Tulangan sengkang = Ø10 mm

Pembebanan balok penggantung lift ini terdiri dari beban merata dan beban terpusat.

Beban mati (beban merata)

Berat sendiri balok = $0,3 \times 0,4 \times 2400 = 288 \text{ Kg/m}$

Beban hidup = 100 Kg/m

Kombinasi beban mati:

$$q_u = 1,2D + 1,6L = 1,2(288) + 1,6(100) = 505,6 \text{ Kg/m}$$

Beban terpusat

Beban terpusat lift = 13884 Kg

Beban kapasitas lift = 900 Kg

Total beban terpusat = 14784 Kg

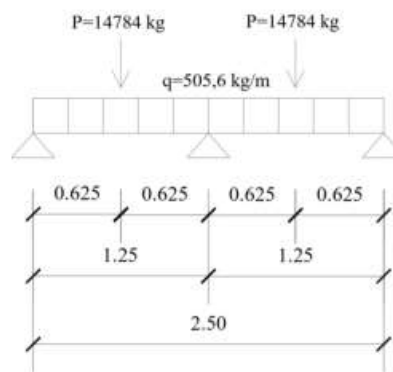
Statika pembebanan seperti pada Gambar 16. Analisa menggunakan program struktur, dan diperoleh hasil gaya-gaya dalam sebagai berikut:

Mu tumpuan = 7192,43 Kgm

Mu lapangan = 6038,79 Kgm

V = 10900,97 Kg

Detail penulangan balok penggantung lift ditampilkan pada Gambar 17.



Gambar 16. Pembebanan Balok Penggantung Lift

Tipe	BALOK PENGGANTUNG LIFT 30/40	
Letak	TUMPUAN	LAPANGAN
SKETSA		
TULANGAN ATAS	3 D19	2 D19
TULANGAN TENGAH	2 D12	2 D12
TULANGAN BAWAH	2 D19	2 D19
SENGKANG	Ø10-100	Ø10-100

Gambar 17. Penulangan Balok Penggantung Lift

3.3 Pembebanan Gempa

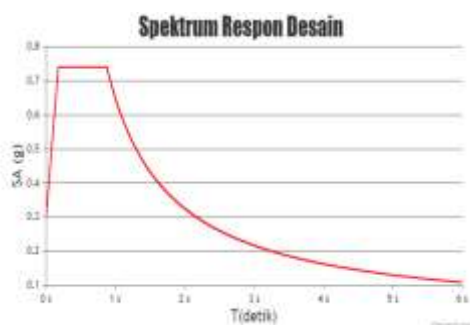
Beban gempa merupakan beban yang membebani struktur utama gedung dan perlu dilakukan pemeriksaan terhadap simpangan lantai yang terjadi. Hasil analisa simpangan menunjukkan kelayakan sebagai kategori gedung tahan gempa. Data tanah SPT digunakan sebagai tahap awal perencanaan beban gempa untuk meninjau klasifikasi situs tanah di lokasi gedung Hotel Lustrio di Kota Mataram. Tabel 1 menampilkan data SPT tanah dan perhitungan untuk menentukan klasifikasi situs tanah.

Tabel 1. Perhitungan Klasifikasi Situs Tanah

Kedalaman	Tebal (T)	Nilai SPT	N'
-----------	-----------	-----------	----

di (m)	(m)	(N)	(T/N)
1,50	1,50	2	0,75
3,00	1,50	3	0,5
4,50	1,50	5	0,3
6,00	1,50	3	0,5
7,50	1,50	2	0,75
9,00	1,50	3	0,5
10,50	1,50	5	0,3
12,00	1,50	12	0,125
13,50	1,50	21	0,071
15,00	1,50	22	0,0681
16,50	1,50	18	0,083
18,00	1,50	19	0,079
19,50	1,50	31	0,048
21,00	1,50	32	0,047
22,50	1,50	34	0,044
24,00	1,50	40	0,0375
Total (Σ)	24,00	252	4,2026

Berdasar Tabel 1 ditentukan nilai ΣN:
 $\Sigma N = \Sigma T / \Sigma N' = 24 / 4,2026 = 5,7 < 15$
 Diperoleh nilai ΣN lebih kecil dari 15, termasuk klasifikasi situs tanah lunak, SE.
 Kemudian ditentukan respon spektrum kota Mataram yang diperoleh dari situs rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021, dengan hasil seperti pada Gambar 18 dan diketahui data untuk menentukan beban gempa sebagai berikut:
 Klasifikasi Situs = Tanah Lunak (SE)
 Nilai S_{D1} = 0,65
 Nilai S_{DS} = 0,74
 Nilai C_d = 5,5
 Nilai R = 8



Gambar 18. Respon Spektrum Kota Mataram

Beban gempa ditentukan dari total berat gedung, terdiri dari beban mati dan beban hidup yang bekerja pada setiap lantai. Rekapitulasi perhitungan berat tiap lantai gedung Hotel Lustrio diuraikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Berat Tiap Lantai

Lantai	Tinggi (m)	Berat Tiap Lantai (Wi) (Kg)
Atap	40	856433,30
10	36	1338177
9	32	1338177
8	28	1338177
7	24	1338177
6	20	1338177
5	16	1407297
4	12	1407297
3	8	1407297
2	4	1407297
1	0	1407297
Total Berat W		14583803,30

Setelah diketahui nilai beban yang bekerja di setiap lantai, selanjutnya dilakukan perhitungan beban gempa.

Nilai S_{D1} Kota Mataram yaitu 0,65, maka koefisien batas atas periode fundamental, $C_u = 1,4$ (SNI 1726-2019 Tabel 17). Nilai periode fundamental pendekatan, T_a (SNI 1726-2019 Pasal 7.8.2.1) diperoleh:

$$T_a = 0,0466 \cdot 40^{0,9} = 1,29$$

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

Koefisien beban geser dasar seismik dapat dihitung sebagai berikut:

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{1,0}\right)} = \frac{0,74}{\left(\frac{8}{1,0}\right)} = 0,0925$$

Besar gaya geser yang terjadi pada struktur gedung diperoleh sebagai berikut:

$$V = C_s \times W$$

$$V = 0,0925 \times 14583803,3 = 1349001,81 \text{ Kg}$$

Tabel 3. Distribusi Gaya Gempa Tiap Lantai

Lantai	Tinggi Lantai h (m)	$W_i \cdot h^k$	F_i (Kg)
Atap	40	147084609,96	202350,3
10	36	198406341,81	269800,4
9	32	168344053,77	229330,3
8	28	139733010,17	188860,3
7	24	112695932,98	148390,2
6	20	87387719,32	121410,2
5	16	67318299,62	94430,1
4	12	45065438,38	67450,1
3	8	25597425,86	40470,1
2	4	9733285,22	1349
1	0	0	0
Total (Σ)		1001366117,09	1363840,8

Untuk mengetahui besarnya beban seismik lateral yang terjadi pada tiap lantai F_i , berikut adalah perhitungan untuk lantai 6. Karena nilai T_a adalah $0,5 < 1,29 < 2,5$, maka nilai koefisien

SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK) UNTUK PERENCANAAN STRUKTUR BETON BERTULANG GEDUNG HOTEL

“LUSTRIO” DI KOTA MATARAM

(Firna Nahwa Firdausi Rahman, Utari Khatulistiani)

k ditentukan menggunakan interpolasi sebagai berikut:

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

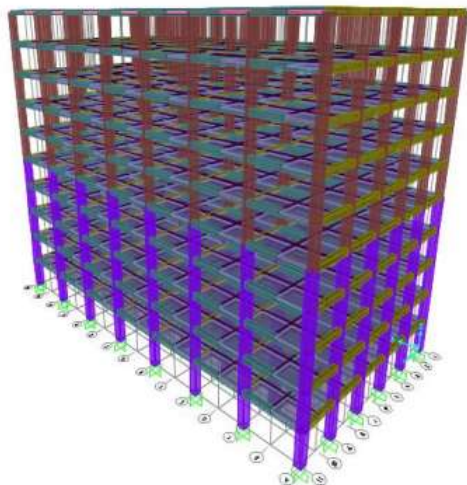
Distribusi beban gempa, *Fi* yang bekerja di setiap lantai gedung diperhitungkan dengan menggunakan perumusan berikut:

$$Fi = \frac{Wi \times hi^k}{\sum Wi \times hi^k} \times V$$

$$= \frac{1338177 \cdot 24^{1,395}}{1001366117,09} = 148390,20 \text{ Kg}$$

Gaya seismik lateral setiap lantai ditentukan dengan cara yang sama, dan hasil perhitungan *Fi* diuraikan pada Tabel 3.

Pemodelan 3D struktur gedung Hotel Lustrio ditampilkan pada Gambar 19.



Gambar 19. Pemodelan 3D Gedung Hotel Lustrio

Simpangan antar lantai akibat pengaruh gempa berfungsi untuk membatasi kemungkinan terjadinya keruntuhan gedung yang dapat menimbulkan adanya korban jiwa dan juga mencegah benturan antar gedung sehingga penentuan simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) harus dihitung sebagai perbedaan defleksi sebagai pusat masa di tingkat teratas dan terbawah gedung. Simpangan antar lantai tingkat desain tidak boleh melebihi simpangan antar lantai izin (Δ_a).

Gedung Hotel Lustrio termasuk kategori risiko II, maka simpangan antar lantai izin ditentukan berdasarkan SNI 1726-2019 Pasal 7.12.1 Tabel 20 sebagai berikut:

$$\Delta_a = 0,025hx = 0,025 \times 4000 = 100 \text{ mm}$$

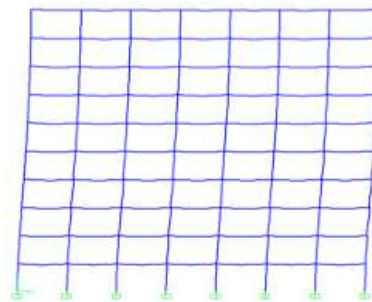
Perhitungan simpangan tiap lantai dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai Simpangan Antar Lantai

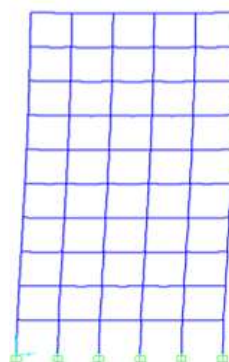
Lantai	Δ_x	Δ_y	Δ_{ijin}	Ket
--------	------------	------------	-----------------	-----

Atap	14,29	11,95	100	Aman
10	23,88	20,14	100	Aman
9	34,34	28,93	100	Aman
8	44,17	37,11	100	Aman
7	53,25	44,58	100	Aman
6	57,29	47,41	100	Aman
5	61,38	51,04	100	Aman
4	61,98	52,05	100	Aman
3	54,17	46,38	100	Aman
2	26,70	23,62	100	Aman
1	0	0	100	Aman

Dari Tabel 4 diperoleh nilai simpangan antar lantai Δ_x dan Δ_y pada struktur gedung Hotel Lustrio telah memenuhi persyaratan, dimana nilai simpangan yang terjadi lebih kecil dari nilai simpangan tingkat ijinnya, dan ditampilkan pada Gambar 20 dan 21.



Gambar 20. Simpangan Antar Lantai Arah Sumbu X



Gambar 21. Simpangan Antar Lantai Arah Sumbu Y

3.4 Struktur Primer

Struktur primer merupakan elemen utama di pada gedung yang terdiri dari kolom dan balok induk. Kekakuan pada struktur ini dapat mempengaruhi perilaku bangunan, oleh karena itu elemen struktur tersebut direncanakan untuk mempertimbangkan agar memenuhi syarat tidak terjadi keruntuhan.

3.4.1 Perencanaan Balok Induk

Perencanaan pada balok induk dilakukan dengan cara memeriksa momen-momen yang terjadi. Nilai momen terbesar pada balok induk diperoleh dari luaran program struktur sebagai berikut: M_u tumpuan = 338023977 Nmm, M_u lapangan = 210979128,3 Nmm, V_u = 265786,53 N. Hasil gaya-gaya dalam momen tersebut untuk menentukan jumlah tulangan yang dibutuhkan. Tulangan digunakan D22 mm dan tulangan sengkang D13 mm. Detail penulangan balok induk ditampilkan pada Gambar 22.

TIPE	BALOK INDUK 50/60	
LETAK	TUMPUAN	LAPANGAN
SKETSA		
TULANGAN ATAS	5 D22	2 D22
TULANGAN TENGAH	6 D12	6 D12
TULANGAN BAWAH	3 D22	3 D22
SENGKANG	2D13-100	2D13-250

Gambar 22. Penulangan Balok Induk

3.4.2 Perencanaan Kolom

Perencanaan kolom gedung Hotel Lustrio menggunakan dimensi kolom 800 mm x 800 mm pada lantai 1-5, dan 700 mm x 700 mm pada lantai 6-10. Tulangan utama yang dipakai D25 mm dan untuk tulangan sengkang D16 mm.

Kolom 800 x 800 mm

Gaya-gaya dalam yang dihasilkan dari program struktur sebagai berikut: momen M_1 = 752202199 Nmm, M_2 = 690033533 Nmm, gaya aksial P_u = 8818641,87 N, gaya geser V_u = 178433,82 N, dan Δ_o = 8,65 mm.

$$Q = \frac{P_u \times \Delta_o}{V_u \times L_c} = \frac{8818641,87 \times 8,65}{178433,82 \times 4000} = 0,01 < 0,05$$

(maka kolom termasuk kolom *non sway*).

Momen inersia dan modulus elastisitas kolom:

$$I_g = \frac{1}{12} \times 800 \times 800^3 = 3413333333,3 \text{ mm}^4$$

$$E_c = 4700 \times \sqrt{35} = 27805,57 \text{ Nmm}^2$$

Momen inersia dan modulus elastisitas balok:

$$I_g = \frac{1}{12} \times 500 \times 600^3 = 9000000000 \text{ mm}^4$$

$$E_c = 4700 \times \sqrt{35} = 27805,57 \text{ Nmm}^2$$

Kekakuan kolom atas:

$$\psi_A = \frac{\frac{3413333333,3}{4000} + \frac{3413333333,3}{4000}}{\frac{9000000000}{7000} + \frac{9000000000}{7000} + \frac{9000000000}{5000} + \frac{9000000000}{5000}} = 2,77$$

Kekakuan kolom bawah:

$$\psi_B = 1,0 \text{ (terjepit penuh)}$$

Kontrol kelangsingan:

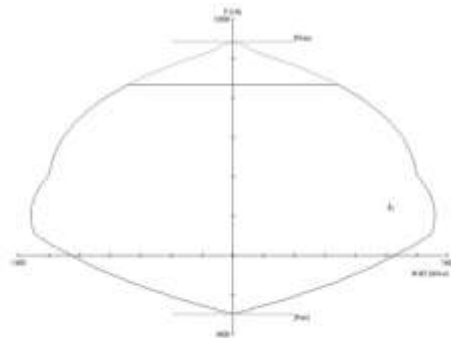
$$\frac{k \cdot l_u}{r} \leq 34 - 12 \left(\frac{M_1}{M_2} \right)$$

$$\frac{0,83 \cdot 4000}{0,3 \times 800} \leq 34 - 12 \left(\frac{752202199}{690033533} \right)$$

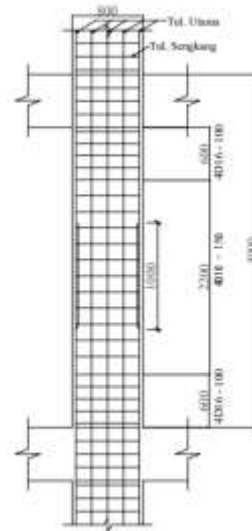
$$13,83 < 20,92 \text{ (OK)}$$

(maka kelangsingan kolom dapat diabaikan).

Untuk memperoleh jumlah tulangan dibantu menggunakan program, dengan hasil diagram interaksi gaya momen dan aksial (Gambar 23). Diperoleh konfigurasi penulangan longitudinal adalah 16D25 mm (Gambar 25), dan tulangan sengkang 4D16 dengan jarak sengkang 100 mm di muka *joint* kolom-balok, serta jarak sengkang 150 mm pada kolom setelah jarak 600 mm (Gambar 24).



Gambar 23. Diagram Interaksi Gaya Momen dan Aksial

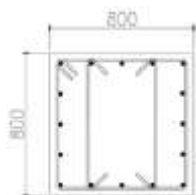


Gambar 24. Detail Penulangan Kolom

SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK) UNTUK PERENCANAAN STRUKTUR BETON BERTULANG GEDUNG HOTEL

“LUSTRIO” DI KOTA MATARAM

(Firna Nahwa Firdausi Rahman, Utari Khatulistiani)



Gambar 25. Penulangan Kolom

Periksa *Strong Column Weak Beam* apakah memenuhi syarat $\Sigma M_{nc} \geq 1,2 \Sigma M_{nb}$ sebagai berikut: $\Sigma M_{nc} = 1600 \text{ kNm} > 1,2 \Sigma M_{nb} = 1161,69 \text{ kNm}$ (OK)

Persyaratan *Strong Column Weak Beam* terpenuhi.

Kolom 700 x 700 mm

Gaya-gaya dalam yang dihasilkan dari program struktur sebagai berikut: $M_1 = 308206302,2 \text{ Nmm}$, $M_2 = 301969310,9 \text{ Nmm}$, $P_u = 1177974,76 \text{ N}$, $V_u = 133190,87 \text{ N}$, $\Delta_o = 12,9 \text{ mm}$.

$$Q = \frac{P_u \times \Delta_o}{V_u \times L_c} = \frac{1177974,76 \times 12,9}{133190,87 \times 4000} = 0,03 < 0,05$$

(maka kolom termasuk kolom *non sway*)

Momen inersia dan modulus elastisitas kolom:

$$I_g = \frac{1}{12} \times 700 \times 700^3 = 20008333333,3 \text{ mm}^4$$

$$E_c = 4700 \times \sqrt{35} = 27805,57 \text{ Nmm}^2$$

Momen inersia dan modulus elastisitas balok:

$$I_g = \frac{1}{12} \times 500 \times 600^3 = 9000000000 \text{ mm}^4$$

$$E_c = 4700 \times \sqrt{35} = 27805,57 \text{ Nmm}^2$$

Kekakuan kolom atas:

$$\psi_A = \frac{\frac{20008333333,3}{4000} + \frac{20008333333,3}{4000}}{\frac{9000000000}{7000} + \frac{9000000000}{7000} + \frac{9000000000}{5000} + \frac{9000000000}{5000}} = 1,62$$

Kekakuan kolom bawah:

$$\psi_B = 1,0 \text{ (terjepit penuh)}$$

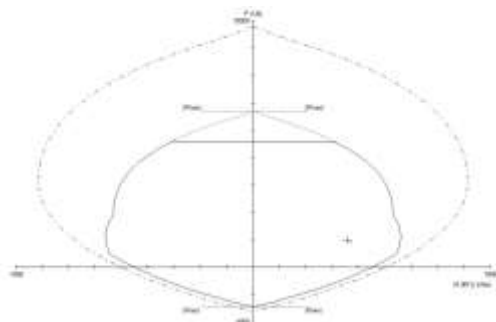
Kontrol kelangsingan:

$$\frac{k \cdot l_u}{r} \leq 34 - 12 \left(\frac{M_1}{M_2} \right)$$

$$\frac{0,80 \cdot 4000}{0,3 \times 700} \leq 34 - 12 \left(\frac{308206302,2}{301969310,9} \right)$$

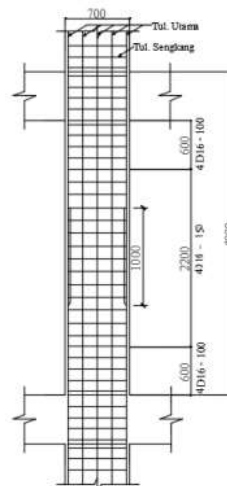
$$15,24 < 21,75 \text{ (OK)}$$

(maka kelangsingan kolom dapat diabaikan)

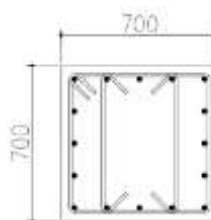


Gambar 26. Diagram Interaksi Gaya Aksial dan Momen

Dengan bantuan program, diperoleh diagram interaksi gaya momen dengan aksial (Gambar 26), dan diperoleh penulangan longitudinal 16D25 mm (Gambar 28), dan tulangan sengkang 4D16 dengan jarak sengkang 100 mm pada kolom di muka *joint* serta jarak sengkang 150 mm pada kolom setelah jarak 600 mm (Gambar 27).



Gambar 27. Detail Penulangan Kolom



Gambar 28. Penulangan Kolom

Periksa *Strong Column Weak Beam* sebagai berikut: $\Sigma M_{nc} = 1200 \text{ kNm} > 1,2 \Sigma M_{nb} = 1133,63 \text{ kNm}$ (OK)

Persyaratan *Strong Column Weak Beam* terpenuhi.

Desain Hubungan Balok Kolom (HBK)

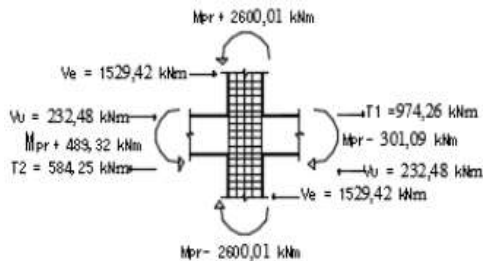
Desain HBK sistem SRPMK adalah mendesain 4 balok, 3 balok, dan 2 balok yang mengekang kolom. Berdasarkan SNI 2847-2019 Pasal 18.8.3.2 bila komponen struktur merangka ke dalam semua empat sisi *joint* dan bila setiap lebar komponen struktur paling sedikit adalah $\frac{3}{4}$ lebar kolom, sehingga jumlah tulangan ditetapkan dalam pasal 18.7.5.2 (a) dan (b) 18.7.5.4 dapat direduksi setengahnya, dan spasi disyaratkan dalam pasal boleh ditingkatkan sampai 150 mm pada tinggi total (*h*) komponen struktur rangka yang terpendek.

Desain HBK kolom 800 mm x 800 mm mempunyai lebar balok 500 mm < 3/4 (h) kolom = 600 mm. Walaupun syarat tersebut terpenuhi, akan tetapi desain HBK ini tidak mengurangi jumlah tulangan tidak menambah lebar spasi sengkang (SNI 2847-2019).

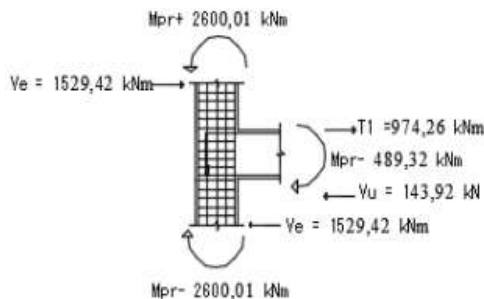
HBK terkekang 4 balok (Gambar 29):
 Nilai gaya geser nominal pada joint, $V_n = \phi \cdot 1,7 \sqrt{f'c} \cdot A_j = 4827,50 \text{ kN}$.

Nilai gaya geser yang terjadi di joint, $V_{x-x} = T1 + T2 - Vu = 1326,03 \text{ kN}$. Diperoleh $V_n > V_{x-x}$, menunjukkan desain HBK terkekang 4 balok memenuhi persyaratan.

HBK terkekang 3 atau 2 balok (Gambar 30):
 Nilai gaya geser nominal pada joint, $V_n = 3407,66 \text{ kN}$ lebih besar dari nilai gaya geser yang terjadi di joint, $V_{x-x} = 830,34 \text{ kN}$, menunjukkan desain HBK terkekang 3 atau 2 balok memenuhi persyaratan.



Gambar 29. Desain HBK Terkekang 4 Balok

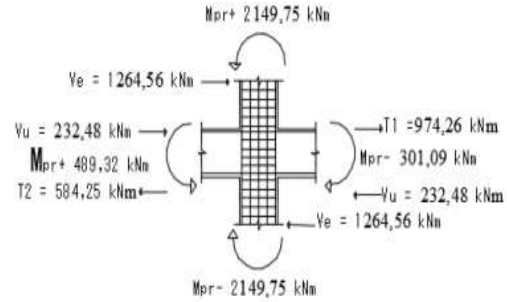


Gambar 30. Desain HBK Terkekang 3 atau 2 Balok

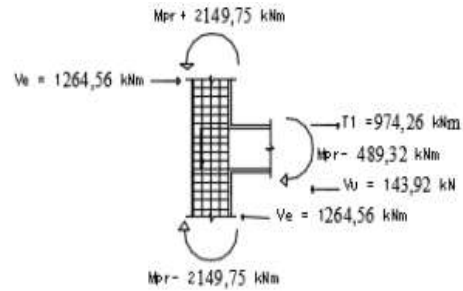
Desain HBK kolom 700 mm x 700 mm HBK terkekang 4 balok (Gambar 31):
 Nilai gaya geser nominal pada joint, $V_n = \phi \cdot 1,7 \sqrt{f'c} \cdot A_j = 3696,07 \text{ kN}$.

Nilai gaya geser yang terjadi di joint, $V_{x-x} = T1 + T2 - Vu = 1326,03 \text{ kN}$. Diperoleh $V_n > V_{x-x}$, menunjukkan desain HBK terkekang 4 balok memenuhi persyaratan.

HBK terkekang 3 atau 2 balok (Gambar 32):
 Nilai gaya geser nominal pada joint, $V_n = 2608,99 \text{ kN}$ lebih besar dari nilai gaya geser yang terjadi di joint, $V_{x-x} = 830,34 \text{ kN}$, menunjukkan desain HBK terkekang 3 atau 2 balok memenuhi persyaratan.



Gambar 31. Desain HBK Terkekang 4 Balok



Gambar 32. Desain HBK Terkekang 3 atau 2 Balok

3.5 Perencanaan Pondasi

Pondasi Hotel Lustrio direncanakan menggunakan tiang pancang beton bertulang. Pondasi adalah bagian bawah bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah, berfungsi sebagai penahan dan penerima beban dari struktur atas kemudian beban tersebut disalurkan ke tanah. Pemilihan tipe pondasi tiang pancang disesuaikan jenis tanah Kota Mataram yang termasuk ke dalam jenis tanah lunak, dan daya dukung tanah berada sangat dalam, sehingga tipe pondasi tiang pancang lebih efisien untuk digunakan mengingat pemasangan yang lebih mudah dan tidak bergantung pada cuaca.

Produk tiang pancang direncanakan menggunakan jenis *Prestressed Concrete Square Piles*, dengan spesifikasi sebagai berikut:

Dimensi tiang	= 500 x 500 mm
Kelas	= C
Luas penampang, A	= 250000 mm ²
Berat tiang	= 625 kg/m
Momen retak	= 17,21 ton.m
Momen ultimit, Mu	= 24,91 ton.m
Kuat beban (Ptiang)	= 328,38 ton
Kedalaman tiang pancang	= 19 m
Mutu beton (f'c)	= 42 MPa
Mutu baja (Fy)	= 410 MPa

Daya Dukung Tiang Berdasarkan Kekuatan Bahan

$P_{bahan} = 0,7 \times A \times f'c = 735 \text{ ton}$

Daya Dukung Tiang Berdasarkan Data CPT

Data CPT pada kedalaman 19 m diperoleh:

SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK) UNTUK PERENCANAAN STRUKTUR BETON BERTULANG GEDUNG HOTEL “LUSTRIO” DI KOTA MATARAM

(Firna Nahwa Firdausi Rahman, Utari Khatulistiani)

JHP = 2000 Kg/cm
 Cn = 200 Kg/cm²
 $P_{tiang} = C_n \times \frac{A}{n_1} + JHP \times \frac{k}{n_2}$
 = 166666,6 + 80000
 = 246666,67 Kg = 246,67 ton
 Berat sendiri tiang = 625 x 19 = 11,88 ton/m
 Pijin netto = 246,67 - 11,88 = 234,79 ton
 Diperoleh Pijin tiang = 234,79 ton < Pbahan = 735 ton, maka perencanaan menggunakan Pijin tiang.

Kebutuhan tiang pancang pada pondasi

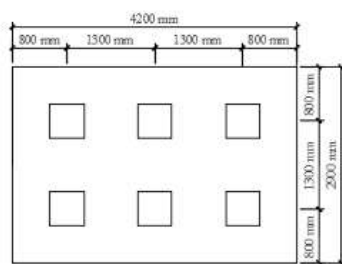
Untuk menghitung kebutuhan tiang pancang dibutuhkan nilai gaya aksial yang diperoleh dari luaran program struktur sebagai berikut:

$N_u = 8818641,87$ N
 $M_{u1} = 10850126,9$ Nmm
 $M_{u2} = 1766388,17$ Nmm
 Beban yang harus dipikul oleh 1 kelompok tiang:
 Berat sendiri pile cap = 4,2 x 2,9 x 0,9 x 2400 = 26308,8 Kg
 Beban tiang pancang = 625 Kg/m x 19 m = 11875 Kg
 Beban aksial kolom = 881864,19 Kg
 Berat sloof = 0,5 x 0,7 x 7 x 2400 = 5880 Kg
 $\Sigma P = 925927,99$ Kg

Jumlah kebutuhan tiang pancang untuk satu kelompok:

$$n = \frac{\Sigma P}{P_{ijin}} = \frac{925,93}{234,79} = 4 \text{ tiang pancang}$$

Digunakan 6 buah tiang pancang dengan ukuran 500 mm x 500 mm untuk antisipasi keamanan struktur (Gambar 33). Denah pondasi struktur gedung Hotel Lustrio ditampilkan pada Gambar 34.



Gambar 33. Pondasi

Beban ijin kelompok tiang ditentukan dengan meninjau nilai efisiensi kelompok tiang, sebagai berikut:

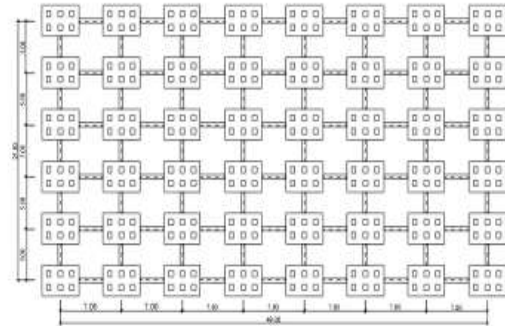
$$\text{Efisiensi } \eta = 1 - \theta \times \frac{m(n-1)+n(m-1)}{m \times n \times 90} = 0,73$$

$$P_{ijin \text{ grup tiang}} = \eta \times P_{ijin} \times 6 = 1028,40 \text{ ton}$$

P_{maks} 1 tiang pada kelompok tiang diperiksa menggunakan rumusan:

$$P_{maks} = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{M_x.Y_{maks}}{\Sigma X^2} \pm \frac{M_y.X_{maks}}{\Sigma Y^2}$$

Hasil cek P_{maks} tiang diperoleh beban terbesar pada tiang P1 sebesar 159,81 ton.

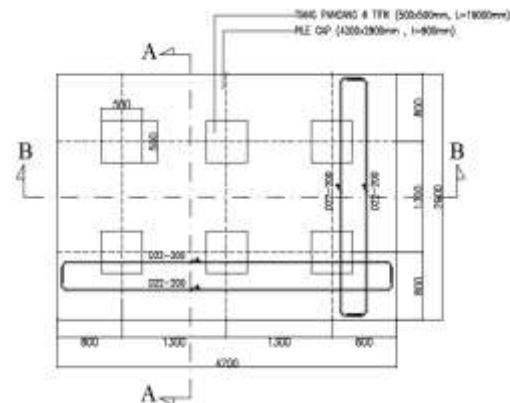


Gambar 34. Denah Rencana Pondasi Gedung

Perencanaan Pile Cap Pondasi

Perhitungan tulangan pile cap berdasarkan nilai gaya momen yang bekerja di daerah kritis tepi kolom dan lebar pondasi. Ukuran pile cap direncanakan 290 mm x 420 mm, tebal 900 mm. Tebal pile cap telah aman terhadap geser pons, yaitu kemampuan $\tau_{geser \text{ pons}} = 12,28 \text{ kg/cm}^2$ lebih besar dari geser pons yang terjadi sebesar 0,51 kg/cm².

Penulangan pile cap ditentukan dari nilai momen yang terjadi pada pile cap sebesar 255,38 Nmm. Digunakan tulangan rangkap D22-200 mm (Gambar 35).



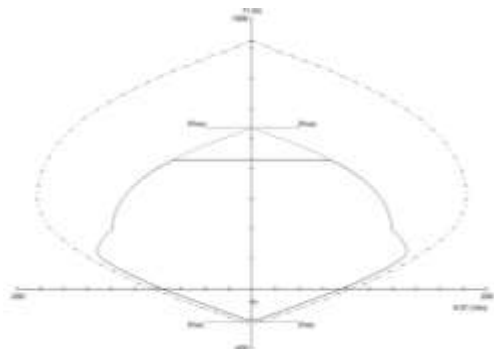
Gambar 35. Penulangan Pile Cap

Perencanaan Sloof

Data perencanaan Sloof sebagai berikut:

- Mutu beton ($f'c$) = 35 MPa
- Mutu baja tulangan (F_y) = 410 MPa
- Panjang sloof = 7000 mm
- Panjang bersih sloof = 6700 mm
- Dimensi sloof = 500 mm x 700 mm
- Tulangan utama = D22 mm
- Tulangan sengkang = D10 mm

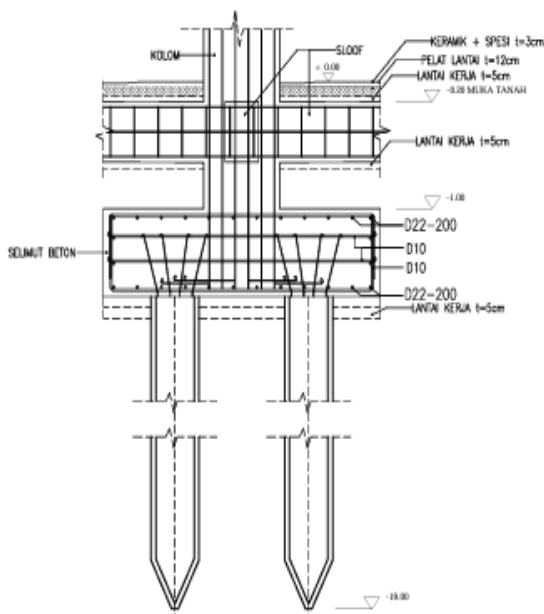
Selimit beton (s) = 50 mm
 Perhitungan analisa gaya dalam *sloof* diperoleh sebagai berikut:
 $P_u = 10\% \cdot 881864,19 = 88186,42 \text{ Kg}$
 $M_u = \frac{1}{12} \times 2576 \times 7^2 = 10518,67 \text{ Kg/m}$
 Perhitungan penulangan *sloof* dilakukan dengan program, diperoleh diagram interaksi gaya momen dengan aksial (Gambar 36). Digunakan tulangan longitudinal 12D22 mm dan tulangan sengkang D10-350 mm (Gambar 37), dengan rasio tulangan ρ sebesar 1,2.



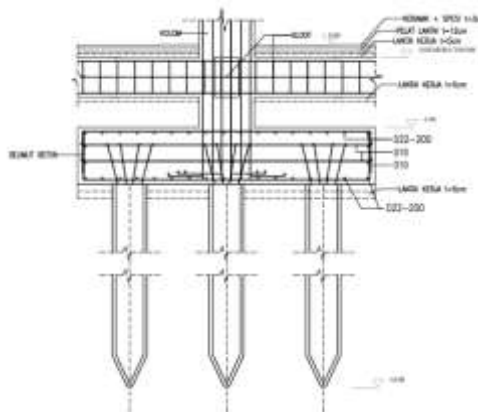
Gambar 36. Diagram Interaksi Gaya Aksial dan Momen *Sloof*



Gambar 37. Penulangan *Sloof*



Gambar 38. Potongan A-A Pondasi



Gambar 39. Potongan B-B Pondasi

Struktur pondasi ditampilkan pada Gambar 38 (potongan melintang) dan Gambar 39 (potongan memanjang).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan pada perencanaan struktur gedung Hotel Lustrio di Kota Mataram dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), dapat diambil kesimpulan sebagai berikut: hasil kontrol pendetailan struktur berdasar persyaratan SNI 2847-2019 Pasal 18.7.3, diperoleh bahwa struktur gedung Hotel Lustrio mampu menahan gaya gempa yang terjadi yaitu telah memenuhi syarat *Strong Column Weak Beam* dengan syarat $\Sigma M_{nc} = 1600 \text{ kNm} > 1,2 \Sigma M_{nb} = 1161,69 \text{ kNm}$, hasil kontrol simpangan struktur gedung Hotel Lustrio telah memenuhi syarat perencanaan struktur gedung tahan gempa, yaitu yaitu nilai simpangan antar lantai Δx dan Δy lebih kecil dari nilai simpangan antar lantai ijin (Δa ijin = 100 mm) dan hubungan Balok Kolom (HBK) berdasar persyaratan SNI 2847-2019 Pasal 18.8.4.1 yaitu pada kondisi terkekang 4 balok, terkekang 3 atau 2 balok telah memenuhi syarat $V_n > V_{x-x}$.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. 2023. Data Jumlah Kunjungan Wisatawan Kota Mataram. URL: www.bps.go.id. Diakses tanggal 6 Oktober 2023.
- Badan Pusat Statistik Nusa Tenggara Barat. 2024. NTB, Maret 2024: Perkembangan Pariwisata. <https://ntb.bps.go.id/id/pressrelease/2024/05/02/988/ntb--maret-2024--perkembangan-pariwisata.html>. Diakses Juni 2024.
- Badan Pusat Statistik Kota Mataram. 2024. Jumlah Hotel Non Berbintang, Kamar, dan Tempat Tidur, 2021-2023. <https://mataramkota.bps.go.id/id/statistics->

SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK) UNTUK PERENCANAAN STRUKTUR BETON BERTULANG GEDUNG HOTEL “LUSTRIO” DI KOTA MATARAM

(Firna Nahwa Firdausi Rahman, Utari Khatulistiani)

- table/2/MTU5IzI=/jumlah-hotel-non-berbintang-kamar-dan-tempat-tidur.html. Diakses pada Juni 2024.
- Badan Standardisasi Nasional.1989. SNI 03-1727-1989: Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung. Standar Nasional Indonesia.
- Badan Standardisasi Nasional. 2019. SNI 2847-2019:Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung. Standar Nasional Indonesia.
- Badan Standardisasi Nasional. 2019. SNI 1726-2019:Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Standar Nasional Indonesia.
- Brawijaya, Ganteng. 2022. Perencanaan Gedung Rusunawa 10 Lantai di Kota Yogyakarta dengan Struktur Beton Bertulang Menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). E-repository UWKS. Universitas Wijaya Kusuma Surabaya. Surabaya. Diakses Oktober 2023. <https://erepository.uwks.ac.id/eprint/12782/>
- Cahaya, Saputra, et. al. 2022. Perencanaan Struktur Gedung Hotel di Kota Padang Sumatera Barat. E-Repository Universitas Bung Hatta. Diploma Thesis, <http://repo.bunghatta.ac.id/view/creators/Cahaya=3ASaputra=3A=3A.html>. Diakses Oktober 2023.
- Fauzi, Abdul dan Khatulistiani, U. 2020. Perencanaan Struktur Beton Bertulang Gedung Apartemen Lyon di Kota Yogyakarta Menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus. *Axial Jurnal Rekayasa dan Manajemen Kontruksi*, Vol.8, No.2.<https://journal.uwks.ac.id/index.php/axial/article/view/1038>.
- Huda, Thoriqul dan Khatulistiani, U. 2021. Perencanaan Struktur Gedung Hotel Huda Menggunakan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus di Kota Yogyakarta. *Axial Jurnal Rekasaya dan Manajemen Kontruksi*, Vol.9, No.1. DOI: <http://dx.doi.org/10.30742/axial.v9i1.1699>
- Shubki, Muchammad S.A. dan Khatulistiani, U. 2019. Perencanaan Struktur Gedung Apartemen Permata Intan dengan Kontruksi Beton Bertulang Menggunakan Metode SRPMK di Kota Yogyakarta. *Axial Jurnal Rekasaya dan Manajemen Kontruksi*, Vol.7, No.2.<https://journal.uwks.ac.id/index.php/axial/article/view/753>.
- Tiasmoro, Hendra dan Machmoed, S.P. 2021. Perencanaan Gedung Apartemen Soedono 10 Lantai dengan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa Menggunakan SRPMK. *Axial: Jurnal Rekayasa dan Manajemen Konstruksi*, Vol. 9, No.1. <https://journal.uwks.ac.id/index.php/axial/article/view/1702>.
- Wikipedia Ensiklopedia Bebas. (2024). Gempa Bumi Lombok Agustus 2018. [https://id.wikipedia.org/wiki/Gempa_bumi_Lombok_Agustus_2018#:~:text=Gempa%20bumi%20Lombok%20Agustus%202018%20adalah%20sebuah%20gempa%20darat%20oberkekuatan,%2C%20pukul%2019%3A46%20WITA](https://id.wikipedia.org/wiki/Gempa_bumi_Lombok_Agustus_2018#:~:text=Gempa%20bumi%20Lombok%20Agustus%202018%20adalah%20sebuah%20gempa%20darat%20oberkekuatan,%2C%20pukul%2019%3A46%20WITA.). Diakses Maret 2024.
- Winarti, Kartika Indah Sari. 2022. Analisa Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Beton Pada Proyek Pembangunan Rumah Sakit di Kabupaten Deli Serdang. *Jurnal Teknik Sipil (JTSIP)*. Vol. 1, No.1. <https://jurnaltest.uisu.ac.id/index.php/JTSIP/article/view/5775>.