

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL “HUDA” MENGGUNAKAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DI KOTA YOGYAKARTA

Thoriqul Huda¹, Utari Khatulistiani²

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, UWKS.

²Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, UWKS.

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Wijaya Kusuma Surabaya

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

Email : thoriqulhuda520@gmail.com utari.kh@gmail.com

Abstrak. Perencanaan struktur gedung struktur beton bertulang di wilayah gempa tinggi, tata cara perhitungan yang digunakan berdasarkan SNI 2847:2013 menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Struktur gedung hotel “HUDA” terdiri dari 10 lantai dan atap. Lokasi gedung di kota Yogyakarta termasuk gempa tinggi zona 6. Perencanaan mengacu pada peraturan pembebanan gempa SNI 1726:2012 dan peraturan pembebanan struktur gedung PPIUG 1983. Metode yang digunakan dalam perhitungan beban gempa adalah metode analisa statik ekuivalen. Untuk analisa gaya-gaya dalam berupa beban vertikal (gravitasi) dan beban lateral yang terjadi pada struktur gedung Hotel, menggunakan program SAP 2000V21, sedangkan rasio penulangan pada kolom dan sloof menggunakan program bantu PCA Column dan gambar hasil perhitungan menggunakan program AutoCad 2017. Dari seluruh hasil perhitungan, didapat nilai simpangan antar lantai gedung tingkat desain (Δ) = 5,671 mm lebih kecil dari nilai simpangan gedung tingkat ijin (Δ_a) = 61,54 mm. Kontrol T-Rayleigh diperoleh = 0,469 detik lebih kecil dari T empiris = 1,291 detik. Persyaratan *strong column weak beam* untuk kuat lentur kolom diperoleh $\sum M_{nc} = 1850,76 \text{ kNm} \geq \sum M_{nb} = 1797,472 \text{ kNm}$, dan gaya geser dalam HBK 4 balok adalah $\phi V_n = 3951,26 \text{ kN} > V_{x-x} = 2509,71 \text{ kN}$. Hasil perencanaan tersebut sesuai peraturan dan persyaratan SNI 2847:2013 dan SNI 1726:2012 telah terpenuhi sebagai gedung tahan gempa.

Kata kunci: Gedung, Beton Bertulang, SRPMK, Tahan Gempa.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kota Yogyakarta merupakan tempat pariwisata bagi warga Indonesia maupun mancanegara. Pada musim liburan, berbagai kawasan wisata selalu dipadati oleh para wisatawan, baik wisatawan lokal maupun mancanegara. Untuk memenuhi kebutuhan penginapan yang nyaman maka dibangun sebuah hotel, supaya para wisatawan tidak kesulitan mencari penginapan yang nyaman.

Hotel HUDA ini terdiri dari 10 lantai yang terletak dikota Yogyakarta. Untuk bangunan konstruksi gedung bertingkat, pengaruh resiko gempa harus diperhitungkan mengingat kota Yogyakarta merupakan kawasan wilayah resiko gempa tinggi, zona 6.

Sistem yang digunakan dalam merencanakan bangunan gedung tahan gempa adalah Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM). Ciri-ciri SRPM antara lain adalah beban lateral khususnya gempa, ditransfer melalui mekanisme lentur antara balok dan kolom, jadi perantara sambungan balok-kolom sangat penting. SRPM ini terbagi menjadi 3 jenis, yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa

(SRPMB), Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Perencanaan gedung hotel ‘Huda’ menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).

Pemilihan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dengan pertimbangan pendetailannya menghasilkan struktur yang daktail artinya memiliki kemampuan suatu struktur dalam berdeformasi inelastis tanpa kehilangan kekuatan yang berarti yang wajib digunakan di wilayah resiko gempa tinggi, zona 5 dan zona 6 (Patrisko,2018).

Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus dimana komponen struktur dan join-joinnya menahan gaya-gaya yang bekerja melalui aksi lentur, geser dan aksial yang memenuhi ketentuan-ketentuan untuk rangka pemikul momen khusus, juga memenuhi ketentuan-ketentuan pasal 21.5 - pasal 21.7 dari SNI 2847:2013, dengan perhitungan analisis statik ekuivalen (SNI 1726:2012). Perencanaan gedung Hotel HUDA ini terdiri dari 10 lantai di kota Yogyakarta, menggunakan konstruksi beton bertulang dengan metode Sistem Rangka Pemikul Momen

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL “HUDA” MENGGUNAKAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DI KOTA YOGYAKARTA

(Thoriqul Huda, Utari Khatulistiani)

Khusus (SRPMK) yang dirancang dengan konsep *strong column weak beam* yaitu kemampuan kolom harus lebih besar 20% dari balok, agar kolom tidak mengalami kondisi leleh terlebih dahulu sebelum balok. Diharapkan dengan pemodelan struktur ini dapat menghasilkan struktur bangunan yang stabil, yaitu kokoh tidak goyah tetapi diijinkan ada beberapa komponen mengalami kerusakan akibat gempa.

Dari uraian di atas, rumusan permasalahan pada perencanaan gedung Hotel ‘Huda’ yang ditinjau adalah :

1. Bagaimana cara merencanakan struktur gedung menggunakan SRPMK agar mampu menahan beban gempa sesuai SNI 1726:2012.
2. Bagaimana detailing struktur gedung tahan gempa menggunakan SRPMK sesuai SNI 2847:2013.

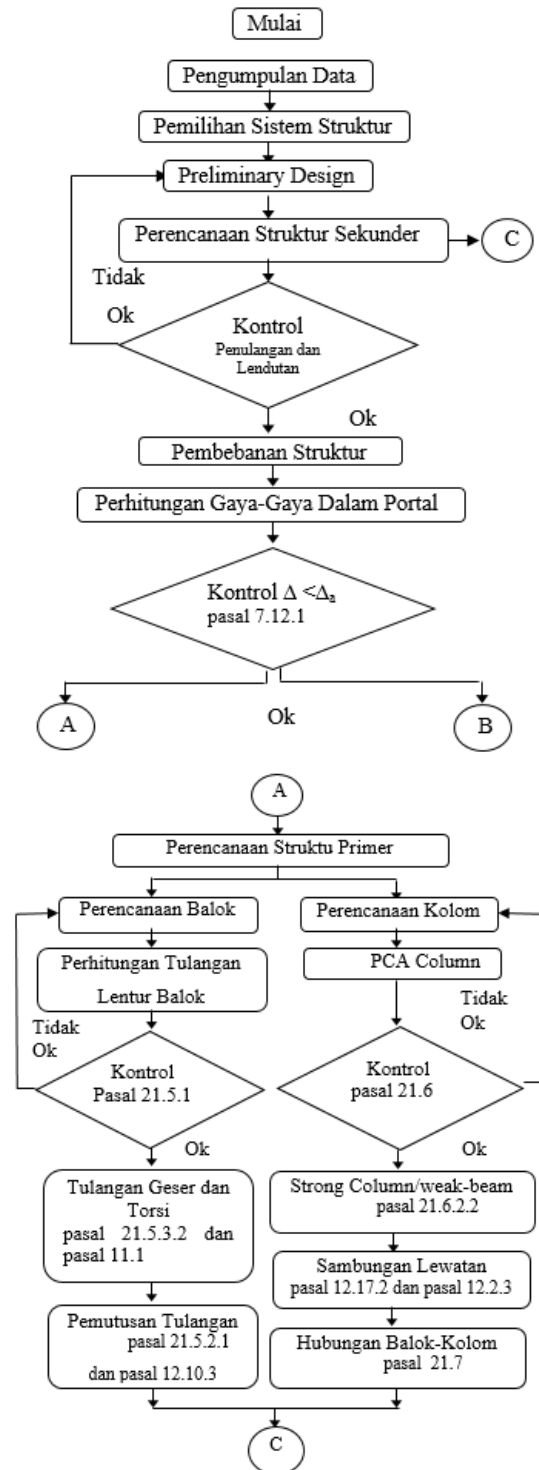
Batasan masalah pada perencanaan gedung hotel HUDA ini adalah :

1. Perencanaan gedung hotel menggunakan beton bertulang yang meliputi : struktur atas, pelat beton. Struktur primer, balok dan kolom. Struktur sekunder, pelat, tangga, balok anak, balok lift. Struktur bawah meliputi tiang pancang pile cap dan sloof

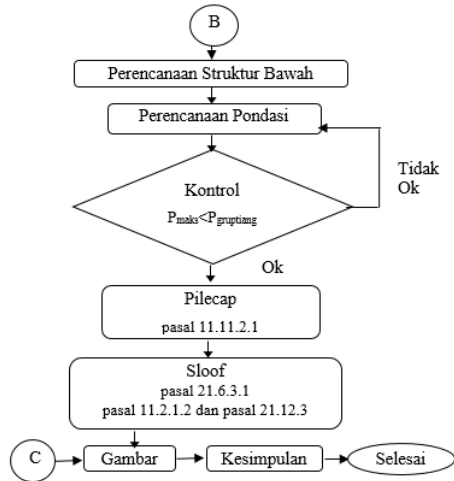
Perencanaan gedung hotel tidak meninjau desain arsitektur, sistem utilitas bangunan, analisa biaya, manajemen konstruksi, perencanaan pembuangan saluran air bersih dan kotor, instalasi/jaringan listrik, dan finishing.

2. METODOLOGI PERENCANAAN

Metode perencanaan dilakukan dengan langkah-langkah seperti Gambar 1. Sistem penahan gaya vertikal dan gempa lateral mengacu pada SNI 1726:2012 dalam Tabel 9 atau kombinasi sistem dalam pasal 7.2.2, 7.2.3 dan 7.2.4. Sistem struktur yang dipilih adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus untuk zona gempa 6. Mutu beton f_c digunakan 40 MPa dan mutu baja f_y untuk tulangan digunakan 400 MPa.

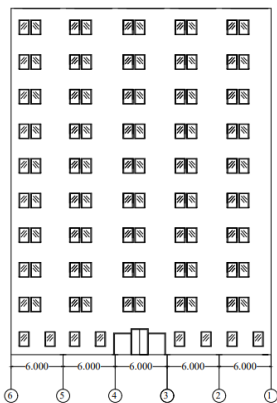


Gambar 1. Diagram Alir Perencanaan Struktur Gedung Hotel ‘Huda’

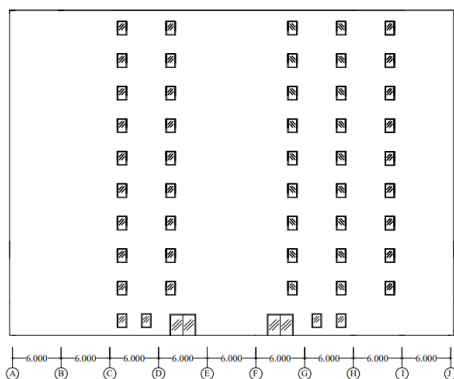


Gambar 1. Diagram Alir Perencanaan Struktur Gedung (Lanjutan)

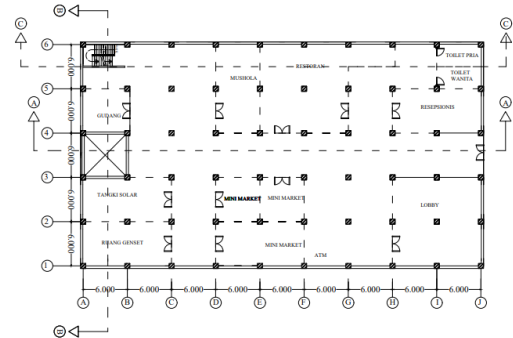
Gambar 2 dan Gambar 3 adalah tampak gedung apartemen. Gambar 4 dan Gambar 5 adalah denah lantai gedung apartemen.



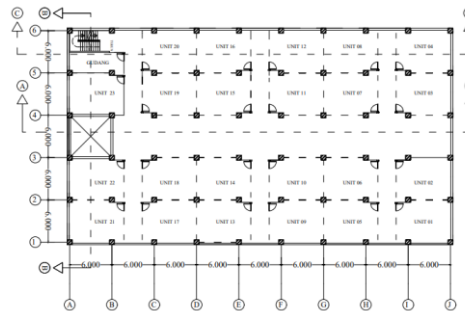
Gambar 2. Tampak Depan



Gambar 3. Tampak Samping



Gambar 4. Denah Lantai 1



Gambar 5. Denah Lantai 2 - 10

Perencanaan gedung terdiri dari struktur atas, yaitu struktur sekunder dan struktur primer dan struktur bawah yaitu pondasi tiang pancang beton bertulang.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perencanaan Struktur Sekunder

Mutu yang digunakan adalah mutu beton $f'c$ adalah 40 MPa dan mutu baja f_y adalah 400 MPa.

Perencanaan Pelat Atap dan Lantai

Pembebanan pelat yang direncanakan menggunakan PPIUG 1983 dan perhitungan pembebanan sesuai pasal 9.2.1 SNI 2847:2013. Berdasarkan *preliminary design* diperoleh tebal pelat atap 100 mm, dan pelat lantai 120 mm. Momen pelat ditentukan berdasarkan PBI 1971 tabel 13.3.1.

Hasil perhitungan diperoleh penulangan tumpuan dan lapangan pelat atap arah X dan Y adalah tulangan rangkap D10 - 250 mm. Penulangan tumpuan dan lapangan pelat lantai arah X dan Y adalah D12 - 300 mm.

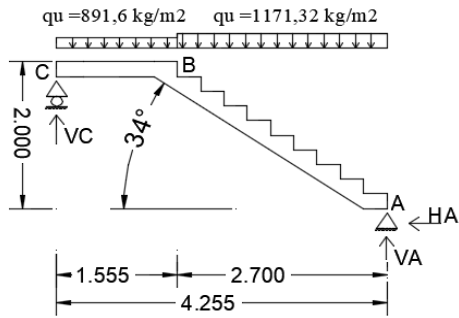
Perencanaan Tangga

Data perencanaan tangga yaitu, tinggi antar lantai = 4000 mm, tinggi tanjakan = 200 mm, lebar injakan = 300 mm, panjang tangga = 4255 mm, lebar tangga = 3000 mm (Gambar 6). Rencana dimensi balok adalah 25x30 cm, tebal pelat tangga 180 mm. Pembebanan pelat tangga

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL “HUDA” MENGGUNAKAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DI KOTA YOGYAKARTA

(Thoriqul Huda, Utari Khatulistiani)

= 1171,2 kg/m², dan pelat bordes = 891,6 kg/m². Analisa gaya dalam diperoleh momen pelat tangga = 2484,46 kgm dan pelat bordes = 583,1732 kgm. Hasil perhitungan diperoleh penulangan tulangan utama dan susut pelat tangga adalah D10 - 100 mm dan D8 - 100 mm. Penulangan pelat bordes adalah D10 - 225 mm dan tulangan susut D8 - 250 mm.



Gambar 6. Model Statika Tangga

Perencanaan Balok Anak

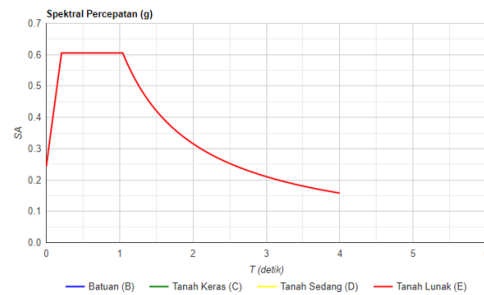
Direncanakan balok anak atap dimensi arah sumbu X adalah 30x30 cm dan arah sumbu Y adalah 30x40 cm, dan dimensi balok anak lantai arah sumbu X adalah 30x40 cm dan arah sumbu Y adalah 30x50 cm. Tebal selimut beton 40 mm. Dari hasil pembebanan dimensi balok anak atap arah sumbu X didapat $\Sigma Q_u = 1392,4 \text{ kg/m}$, dan arah sumbu Y, $P_u = 2784,8 \text{ kg}$, $\Sigma Q_u = 5180,8 \text{ kg/m}$. Nilai gaya dalam yang diperoleh dengan bantuan program SAP 2000, momen arah sumbu X : $M_{tu} = 74796660 \text{ Nmm}$, $M_{lap} = 57829730 \text{ Nmm}$, gaya geser $V_u = -48794 \text{ N}$. Arah sumbu Y diperoleh gaya momen $M_{tu} = 197831129 \text{ Nmm}$, $M_{lap} = 281348091 \text{ Nmm}$, dan gaya geser $V_u = 169992 \text{ N}$.

Dari gaya dalam tersebut diperoleh penulangan balok anak atap arah sumbu X daerah tumpuan adalah tulangan atas 4D19 mm dan tulangan bawah 2D19 mm, dan penulangan daerah lapangan adalah tulangan atas 2D19 mm tulangan bawah 3D19 mm, dan tulangan geser D10-60 mm. Hasil perhitungan penulangan arah sumbu Y daerah tumpuan adalah tulangan atas 7D19 mm dan tulangan bawah 4D19 mm, dan penulangan daerah lapangan adalah 9D19 mm dan 5D19 mm, dan tulangan geser 2D10-90 mm. Hasil perhitungan penulangan balok anak lantai arah sumbu X daerah tumpuan adalah 6D19 mm dan 3D19 mm, dan penulangan daerah lapangan adalah 5D19 mm dan adalah 3 D19 mm, dan tulangan geser 2D10 – 80 mm. Hasil perhitungan arah sumbu Y daerah tumpuan tarik 7D19 mm dan tekan 4 D19 mm, dan penulangan lapangan tekan 5 D19 mm dan

tarik adalah 10D19 mm, dan tulangan sengkang 2D10 - 100 mm.

3.2 Perencanaan Beban Gempa

Tinggi antar lantai = 4 meter, tinggi bangunan = 40 m. Ukuran bangunan adalah 56 m x 30 m. Untuk mendapatkan kategori desain seismik, dilakukan perhitungan nilai rata-rata NSPT yang diambil dari data hasil penyelidikan tanah. Diperoleh rata-rata nilai $N = 14,436 < 15$, dan didapat kategori tanah sebagai tanah lunak (SE). Berdasarkan respon spektrum dari data Puskim untuk kota Yogyakarta (Gambar 8) didapat nilai $SD_s = 0,606 \text{ g}$ dan $SD_1 = 0,632 \text{ g}$, dan koefisien modifikasi respon (R) = 8.



Gambar 7. Respon Spektrum Tanah Lunak

Beban gempa ditentukan dari total berat gedung. Berat gedung setiap lantai dan total berat gedung seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Berat Struktur Gedung

Lantai	Tinggi h (m)	Berat Lantai W (kg)
Atap	40	10795,9
10	36	20385,9
9	32	20385,9
8	28	20385,9
7	24	22067,8
6	20	22067,8
5	16	22067,8
4	12	22067,8
3	8	22067,8
2	4	22067,8
1	0	16969,8
$\Sigma =$		221330

Sesuai Tabel 15 SNI 1726:2012, didapat $C_t = 0,0466$; $x = 0,9$. $T_a = 0,0466 \cdot 40^{0,9} = 1,291 \text{ s}$.

Menurut tabel 14 SNI 1726:2012 nilai batas koefisien $C_u = 1,4 > T_a = 1,291 \text{ s}$ (OK)

$C_s = \frac{SD_s}{T \cdot i_e} = 0,058$ dan $V = C_s \cdot W = 12837,2 \text{ kN}$.

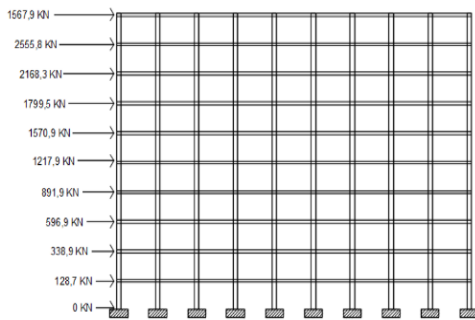
Tabel 2. Distribusi Gaya Gempa

Lantai	hi (m)	Wi (kN)	Nilai Faktor K	Wi . hi^k(kN.m)	Fi (kN) Wi.hi^k/Σ(Wi.hi^k) . V
Atap	40	10796	1.3959	1860462.19	1568.0
10	36	20386	1.3959	3032628.69	2555.8
9	32	20386	1.3959	2572846.63	2168.3
8	28	20386	1.3959	2135311.31	1799.6
7	24	22068	1.3959	1863964.82	1570.9
6	20	22068	1.3959	1445127.73	1217.9
5	16	22068	1.3959	1058343.48	891.9
4	12	22068	1.3959	708305.982	596.9
3	8	22068	1.3959	402170.155	338.9
2	4	22068	1.3959	152824.519	128.8
1	0	16970	1.3959	0	0.0
Σ Total		2E+05		15231985.5	12837.2

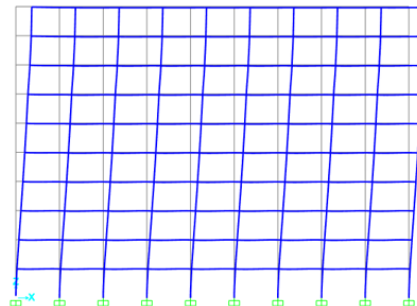
horizontal yang terjadi pada gedung ditampilkan pada Tabel 3 dan 4 dan Gambar 10 untuk simpangan arah sumbu X, dan Gambar 11 simpangan arah sumbu Y.

Tabel 3. Nilai Simpangan Antar Lantai X

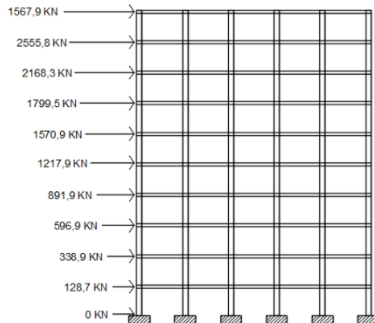
Lantai	ΔX (mm)	Δa (mm)	Syarat
Atap	4,065	61,54	Ok
10	3,986	61,54	Ok
9	3,788	61,54	Ok
8	3,464	61,54	Ok
7	3,225	61,54	Ok
6	2,9	61,54	Ok
5	2,495	61,54	Ok
4	2	61,54	Ok
3	1,417	61,54	Ok
2	0,749	61,54	Ok
1	0,00	61,54	Ok



Gambar 8. Distribusi Gaya Gempa Arah X



Gambar 10. Simpangan Lantai Arah X



Gambar 9. Distribusi Gaya Gempa Arah Y

Tabel 4. Nilai Simpangan Antar Lantai Y

Lantai	ΔY (mm)	Δa (mm)	Syarat
Atap	5,671	61,54	Ok
10	5,54	61,54	Ok
9	5,23	61,54	Ok
8	4,738	61,54	Ok
7	4,387	61,54	Ok
6	3,928	61,54	Ok
5	3,359	61,54	Ok
4	2,681	61,54	Ok
3	1,893	61,54	Ok
2	0,998	61,54	Ok
1	0,00	61,54	Ok

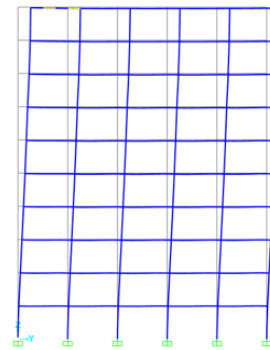
Distribusi gaya gempa di setiap lantai gedung Fi dihitung sesuai SNI 1726:2012 pasal 7.8.4,

yaitu
$$F_x = \frac{W_i \times H_i^k}{\sum W_{ix} H_i^k} \cdot V,$$
 dan hasil

perhitungan ditampilkan pada Tabel 2 dan Gambar untuk sumbu arah X dan Gambar 9 untuk sumbu arah Y.

Dari pasal 7.8.3 SNI 1726:2012 untuk $T_a = 1,291$, diperoleh nilai interval $k = 1,395$.

Nilai simpangan yang terjadi dihitung berdasarkan pasal 7.12.1 SNI 1726:2012 Tabel 16, $\Delta_a = 0,02h_{sx}$ dan pasal 7.3.4.2 (ρ) = 1,3. Syarat $\Delta_a = 61,54$ mm. Hasil simpangan



Gambar 11. Simpangan Lantai Arah Y

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL “HUDA” MENGGUNAKAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DI KOTA YOGYAKARTA

(Thoriqul Huda, Utari Khatulistiani)

Periode fundamental (T) arah X diperoleh = 0,401 detik dan arah Y = 0,469 detik < $T_{empiris}$ = 1,291 detik. Hasil memenuhi persyaratan.

3.3 Perencanaan Balok Induk

Direncanakan dimensi balok adalah 40x60 cm, dengan selimut beton = 40 mm, diameter tulangan utama = 25 mm, diameter tulangan sengkang = 12 mm, tinggi efektif $d = 535,5$ mm, dan lebar efektif = 296 mm. A_{spakai} D25 = 490,625 mm². Dari hasil analisa SAP 2000, didapat balok sumbu J : As 5-6 lantai 4 (frame = 357) seperti ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Resume Momen Balok Induk

Lokasi	Momen (Nmm)
Kiri	-534972026
Tengah	78885837
Kanan	-406273905
V_u	274902

Penulangan Lentur Balok Ujung Kiri Negatif

$$M_u = 534972026 \text{ Nmm}$$

$$M_n = 594413362 \text{ Nmm}$$

$$X_{maks} = 240,975 \text{ mm}$$

$$\text{pakai } x = 240,975 \text{ (Mendekati } M_n)$$

$$A_{sc} = 6261,9 \text{ mm}^2$$

$$M_{nc} = 1110644789 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} = -516231427 \text{ Nmm} < 0$$

$$R_n = 5.757$$

$$\rho_{perlu} = 0,0158 < \rho_{maks} = 0,0292, \text{ maka pakai}$$

ρ_{perlu} . Luas tulangan yang dibutuhkan di daerah tarik) :

$$A_{s \text{ perlu}} = 3401 \text{ mm}^2 \text{ dan } n_{tulangan} = \frac{3401}{490,625} =$$

$$6,932 \approx 8 \text{ buah. Dipakai tulangan } 8D25 (A_s = 3925 \text{ mm}^2 > 3401 \text{ mm}^2) \text{ (OK)}$$

Luas tulangan yang diperlukan (A_s) tulangan bawah (tekan) adalah :

$$A_{s' \text{ perlu}} = 1700 \text{ mm}^2; n_{tulangan} = \frac{1700}{490,625} =$$

$$3,4 \approx 4 \text{ buah.}$$

$$\text{Dipakai tulangan } 4D25 (A_{s'} = 1963 \text{ mm}^2 > 1700 \text{ mm}^2) \text{ (OK)}$$

Kontrol Kekuatan Momen Nominal

$$\rho = \frac{3925}{400 \cdot 535,5} = 0,016 < 0,025 \text{ (OK)}$$

$$a = \frac{3925 \times 400}{0,85 \times 40 \times 400} = 115 \text{ mm}$$

$$M_n = 750113676,5 \text{ Nmm} = 0,9 \times 750113676,5$$

$$\text{Nmm} = 675102308,8 \text{ Nmm} > M_{u \text{ akibatbeban}} =$$

$$594413362 \text{ Nmm} \text{ (OK). Hasil menunjukkan}$$

bahwa tulangan mencukupi menahan kuat lentur.

Hasil perhitungan penulangan tekan dan tarik untuk daerah tengah positif masing-masing adalah 2D25 mm, dan hasil perhitungan penulangan tarik dan tekan untuk daerah ujung kanan negatif masing-masing adalah 8D25 mm dan 4D25 mm.

Syarat Pendetailan Balok Induk

Cek perhitungan sesuai Pasal 21.5.1 SNI 2847:2013, yaitu :

1. Gaya tekan aksial $P_u < A_g f_c' / 10$ (Ok)
2. $\ell_n \geq 4 \times d = 4900 \text{ mm} > 2142 \text{ mm}$ (Ok)
3. $250 \text{ mm} < b \geq 0,3h$ (Ok)
4. b komponen $b_w < \text{lebar penumpu } c_2$ (Ok)
5. Jarak pada sisi-sisi balok diambil yang terkecil dari : a) Lebar penumpu c_2 ; b) $0,75 \times c_1 = 525 \text{ mm}$ (dipakai nilai ini).

Cek perhitungan sesuai Pasal 21.5.2.1, yaitu :

1. Tulangan yang terpasang telah melebihi nilai A_s yang ditentukan (Ok).
2. Rasio batas tulangan $\rho < 0,025$ (Ok)

Cek perhitungan sesuai Pasal 21.5.2.2 yaitu :

1. Momen positif pada muka joint $\geq \frac{1}{2}$ momen negatif pada joint ujung kanan dan kiri (Ok)
2. Momen negatif atau positif $\geq \frac{1}{4}$ momen maksimum pada joint (Ok)

Cek perhitungan sesuai Pasal 21.7.2.3, yaitu :

Tinggi efektif balok induk $> 20x(D)_{tu}$ (Ok)

Tulangan Geser Balok Induk :

Didapat nilai gaya geser output SAP

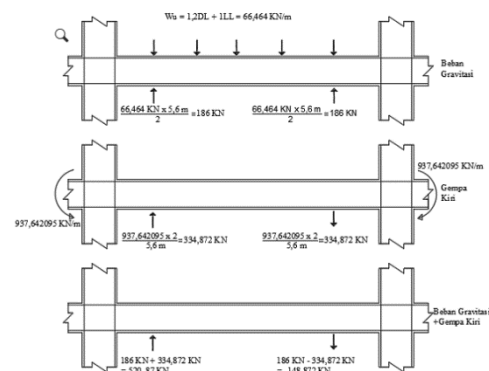
$$V_{u \text{ kiri}} = 274,92 \text{ kN} > V_{u \text{ kanan}} = 262,246 \text{ kN}$$

Maka pakai $V_{u \text{ kiri}} = 274,92 \text{ kN}$

Gaya geser rencana :

Sesuai pasal 21.5.4.1 SNI 2847:2013.

Hasil gaya dan arah balok ditampilkan pada Gambar 12.



Gambar 1.2 Gaya Geser Balok Induk

Didapat geser rencana $V_{u \text{ tu}} = 520,87 \text{ KN}$.

Perhitungan tulangan geser tumpuan sesuai SNI 2847:2013 pasal 11.2.1.1 diperoleh :
 $V_c 230302,3574 N \leq V_u = 520870 N$, karena $V_c < V_u$, maka pasal 11.4.7.2 dan pasal 11.4.7.9 SNI 2847:2013, maka : dihitung nilai V_s :
 $\phi (V_c + V_s) \geq V_u$, maka = 464190.9759 N

Kategori Desain :

$V_s < 0,66 \sqrt{f'c'}$. bw d = 464190.9759 N < 894115 N (Ok)

Batas Syarat :

$\phi (V_c + V_s) \geq V_u$

$\phi = 0,75$ (pasal 11.3.(2(3))

$\phi (V_c + V_s) \geq V_u = 520870 N \geq 520870 N$ (Ok)

$V_u = 520870 N$ masuk ke desain 4, maka sengkang diperbesar 3 kaki.

$A_v = 113,04 \text{ mm}^2 \times 3 = 339,12 \text{ mm}^2$

$S_{maks} = 156 \text{ mm}$, sesuai pasal 21.5.3.2, maka tulangan geser tumpuan 3D12 mm - 100 mm (15 buah) dan tulangan geser lapangan 2D12 mm - 130 mm (22 buah tulangan sengkang).

Penulangan Torsi Balok Induk :

Nilai torsi $T_u = 4464119 N$, $V_u = 274902 N$, $A_{cp} = 240000 \text{ mm}^2$, $P_{cp} = 2000 \text{ mm}$, $x_1 = 305 \text{ mm}$, $y_1 = 505 \text{ mm}$, $Ph = 1620 \text{ mm}$, $A_{oh} = 154025 \text{ mm}^2$, $A_o = 154025 \text{ mm}^2$, $d = 535,5 \text{ mm}$, pakai 45° ; $\cot \phi = 1$

Keperluan Torsi (T_c) : sesuai pasal 11.5.1 9(a)

SNI 2847:2013, yaitu :

$$\phi \cdot 0,083 \sqrt{f'c'} \cdot \left(\frac{A^2_{cp}}{P_{cp}} \right) = 11338662,77 \text{ Nmm}$$

Momen torsi terfaktor $\phi T_c = 0,75 \times T_c = 8503997 \text{ Nmm}$, karena $\phi T_c > T_u$, maka torsi balok induk diabaikan.

Cek Penampang Balok

SNI 2847:2013 pasal 11.2.1.1 pasal 11.5.3.1

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w d} \right)^2 + \left(\frac{T_u P_h}{1,7 A_{oh}^2} \right)^2} < \phi \left(\frac{V_c}{b_w d} 0,66 \sqrt{f'c'} \right)$$

1,3155 MPa \leq 3,93 MPa (Penampang Ok)

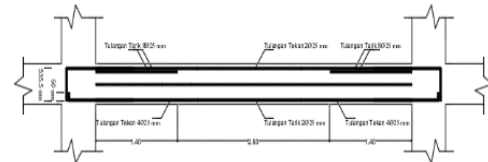
Tulangan torsi diabaikan dan menggunakan tulangan praktis D12 mm dan ditampilkan pada Gambar 13.

Type	Balok Induk 40/60		
	Letak	Tumpuan	Lapangan
SKETSA			
Tulangan Atas	8Ø25 mm	2Ø25 mm	
Tulangan Torsi	2Ø12 mm	2Ø12 mm	
Tulangan Bawah	4Ø25 mm	2Ø25 mm	
Tulangan Sengkang	3Ø12 mm -100 mm	2Ø12 mm -130 mm	

Gambar 13. Penulangan Balok Induk

Perhitungan tulangan geser tumpuan sesuai SNI 2847:2013 pasal 11.2.1.1 diperoleh :
 $V_c 230302,3574 N \leq V_u = 520870 N$, karena $V_c < V_u$, maka pasal 11.4.7.2 dan pasal 11.4.7.9 SNI 2847:2013, maka : dihitung nilai V_s :
 $\phi (V_c + V_s) \geq V_u$, maka = 464190.9759 N

$d = 535,5 \text{ mm}$, $6x D_{tulutama} = 150 \text{ mm}$, $2/3 w = 466,67 \text{ mm}$, $l_n/4 = 1400 \text{ mm}$, $15x D_{tulutama} = 375 \text{ mm}$, $0,15; l_n = 840 \text{ mm}$, panjang tulangan tumpuan dari penjangkaran: $466,67 \text{ mm} + 1400 \text{ mm} + 375 \text{ mm} = 2241,67 \text{ mm}$ (pasang jarak 250 mm). Pasang tulangan bawah pada daerah lapangan adalah $(2 \times 0,15 \times 5600 \text{ mm}) - 5600 \text{ mm} = 3920 \text{ mm}$ (tengah bentang) seperti ditampilkan pada Gambar 14.



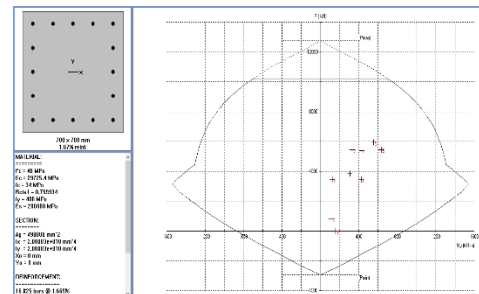
Gambar 14. Pemutusan Balok Induk

3.4 Perencanaan Kolom

Direncanakan kolom dengan dimensi 70 cm x 70 cm. Selimut beton (s) = 50 mm, tinggi efektif $d = 625,5 \text{ mm}$. Diameter tulangan utama = 25 mm dan tulangan sengkang = 12 mm. Dari hasil analisa SAP 2000, untuk kolom lantai 1 sumbu H : 3 (frame 3269) diperoleh gaya aksial kolom $P_u = 6017491,5 N$ (Tabel 6) . Penulangan longitudinal kolom, diagram interaksi Mn-Pn digunakan program PCA Column dan hasil seperti pada Gambar 15.

Tabel 6. Perhitungan Gaya Aksial Kolom

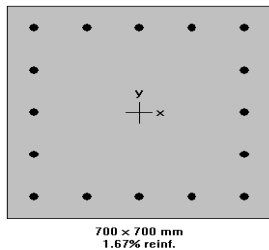
No	Kombinasi	P_u (KN)	Momen (KNm)
1	Mati	3849,66	306,227
2	Hidup	830,533	114,7
3	Gempa	3,484	149,81
4	1,2D	5389,533	428,781
5	1,2D+1,6L	5948,425	550,993
6	1,2D+1,0L+1,0E	5453,616	631,98
7	1,2D+1,0L-1,0E	5446,64	332,36
8	0,9D+1,0E	3468,183	425,41
9	0,9D-1,0E	3461,215	125,79



Gambar 15. Diagram Interaksi Kolom

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL “HUDA” MENGGUNAKAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DI KOTA YOGYAKARTA

(Thoriqul Huda, Utari Khatulistiani)



Gambar 16. Rasio Tulangan Kolom

Sesuai pasal 21.6.3.1 SNI 2847:2013, rasio tulangan longitudinal kolom seperti pada (Gambar 16) adalah $1\% < 1,26\% < 6\%$, dengan penulangan $16D25$ ($A_s = 7854 \text{ mm}^2$). Kontrol kapasitas beban aksial kolom berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 10.3.6, beban aksial dari komponen struktur tekan $P_n =$ tidak boleh lebih besar dari $P_{n_{\max}}$ = Kontrol pendetailan kolom sesuai SNI 2847:2013 Pasal 21.6.1, $P_u > \frac{A_g f_c}{10}$; Pasal 21.6.1.1, $= 700 \text{ mm} > 300 \text{ mm}$, dan Pasal 21.6.1.2, $\frac{700}{700} = 1 > 0,4$. Perencanaan sudah memenuhi persyaratan.

Dari hasil perhitungan diperoleh penulangan tumpuan dan lapangan geser untuk kolom masing-masing adalah $6D12 - 100 \text{ mm}$ dan $6D12 - 100 \text{ mm}$ (Gambar 17).

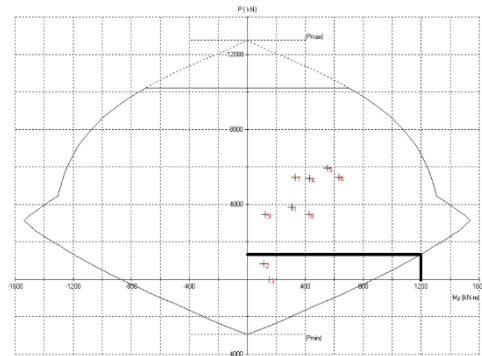
Tipe	Kolom 70/70		
	Letak	Tumpuan	Lapangan
SKETSA			
Tulangan Utama		16Ø25 mm	16Ø25 mm
Tulangan Senggang		6Ø12 mm - 100 mm	6Ø12 mm - 100 mm

Gambar 17. Penulangan Kolom

3.5 Strong Column Weak-Beam

Sesuai *Capacity Design*, kuat lentur kolom harus memenuhi SNI 2847:2013 pasal 21.6.2.2, yaitu $\sum M_{nc} \geq \left(\frac{6}{5}\right) \sum M_{nb}$.

$\sum M_{nb} = 1179,63 \text{ kNm}$ diperoleh dari total momen nominal bawah dan atas. Dari program PCA Column (Gambar 18) didapat $\sum M_{nc} = 1159 \text{ kNm}$.



Gambar 18. Diagram Interaksi PCACOL

Selanjutnya nilai $\sum M_{nc}$ dan $\sum M_{nb}$ dibagi oleh masing-masing koefisien reduksi, karena di ambil nilai nominalnya sebagai berikut :

$$\frac{1203 \text{ kNm}}{0,65} \geq 1,2 \times \left(\frac{1198,315 \text{ kNm}}{0,8} \right)$$

$$1850,76 \text{ kNm} \geq 1797,472 \text{ kNm (Ok)}$$

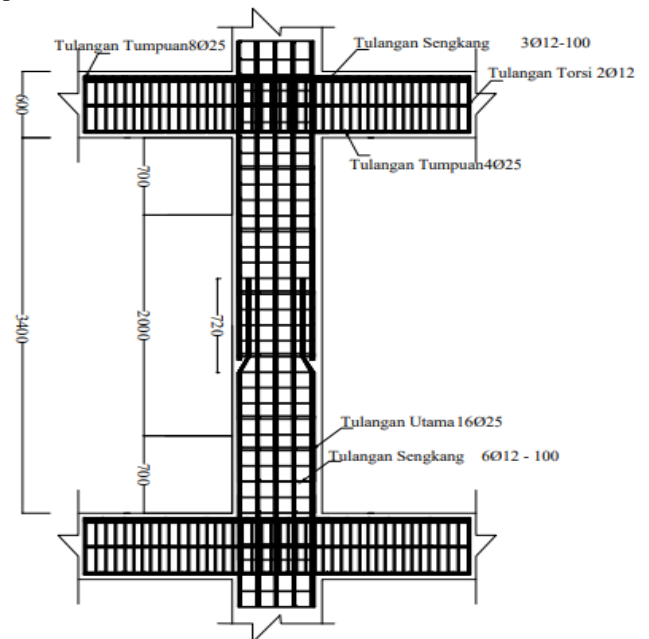
Hasil perencanaan telah memenuhi persyaratan sesuai pasal.

Sambungan Lewatan Kolom

$$\ell_d = \left(\frac{f_y}{1,1\lambda\sqrt{f_c}} \frac{\Psi_t \Psi_e \Psi_s}{\left(\frac{cb + Ktr}{db} \right)} \right) db$$

$$= \left(\frac{400}{1,1 \times 1 \times \sqrt{40}} \frac{1,1 \cdot 1}{2} \right) 25 \text{ mm} = 718,69 \text{ mm} \approx 720 \text{ mm}.$$

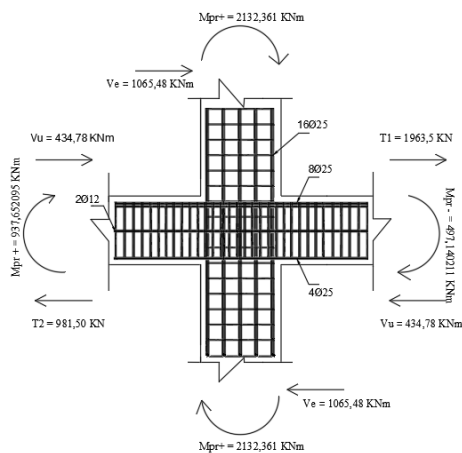
Gambar 19 menampilkan sambungan lewatan pada kolom.



Gambar 19. Sambungan Lewatan Kolom

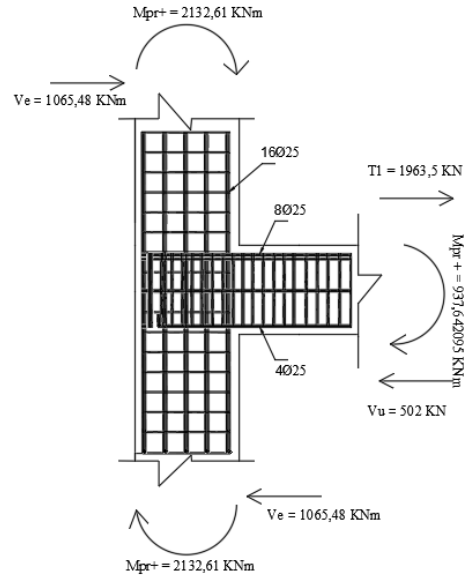
3.6 Hubungan Balok Kolom

Gaya geser yang terjadi pada HBK terkekang 4 balok. Gaya geser rencana sesuai dengan pasal 21.6.2.2, $M_u = 717,39$ kNm. Gaya geser bersih pada joint : $V_{x-x} = 1963,5$ kN + $981,50$ kN - $434,78$ kN = $2509,71$ kN. Sesuai dengan pasal 21.7.4.1, joint yang terkekang oleh balok-balok pada semua empat muka, maka $V_n = \phi V_n = \phi \cdot 1,7 \cdot \sqrt{f_c} \cdot A_j = 0,75 \cdot 1,7 \cdot 3951265,9$ N = $\phi V_n = 3951,26$ kN > $V_{x-x} 2509,71$ kN (Ok), ditampilkan pada Gambar 20.



Gambar 20. HBK Terkekang 4 Balok

Gaya geser yang terjadi pada HBK terkekang 3 atau 2 balok. $M_u = 468,82$ kNm. Gaya geser rencana sesuai dengan pasal 21.6.2.2, $V_{ubalok} = 353,04$ kN. Gaya geser bersih pada joint : $V_{x-x} = 1610,464$ kN. Maka besarnya tegangan geser nominal joint $V_n = \phi V_n = \phi \cdot 1,2 \cdot \sqrt{f_c} \cdot A_j = 2789128$ N = $\phi V_n = 2789,128$ kN > $V_{x-x} = 1461,44$ kN (Ok), ditampilkan pada Gambar 21.



Gambar 21. HBK Terkekang 3 atau 2 Balok

3.7 Perencanaan Struktur Bawah

Pondasi digunakan tiang pancang dimensi 500 mm x 500 mm, panjang tiang = 9000 mm. Data hasil penyelidikan tanah diperoleh $C_n = 55,95$ kg/cm² dan $JHP = 1300$ kg/cm.

Daya dukung ijin tiang digunakan berdasarkan kekuatan tanah, yaitu : $\sum C_n \frac{A}{n_1} + JHP \frac{K}{n_2} = 98625$ kg = 98,625 ton, Berat sendiri tiang (W_{tiang}) = 5400 kg ≈ 5,4 ton. Beban Ijin Bersih = 98,625 ton - 5,4 ton = 93,225 ton.

Direncanakan kelompok tiang pancang sebanyak 12 buah tiang. Ukuran pile cap 400 x 525 x 150 cm (Gambar 22) dan sloof 50cm x 60 cm.

Dari output analisa gaya dalam diperoleh gaya aksial $P_u = 606573,38$ kg, dan momen $M_{ux} = 46996,149$ kgm; $M_{uy} = 55099,346$ kgm. Beban nominal dalam bangunan = $\sum P = 730,773$ ton.

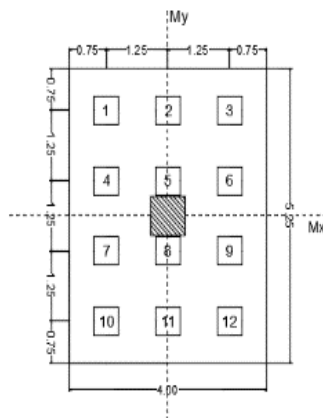
Kontrol efisiensi tiang pancang kelompok $\eta = 734,986$ ton > $\sum P = 730,773$ ton (Ok)

Kontrol beban maksimum

$P_{10} = 65,724$ ton < $P_{tiangijin} = 93,225$ ton (Ok)

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL “HUDA” MENGGUNAKAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DI KOTA YOGYAKARTA

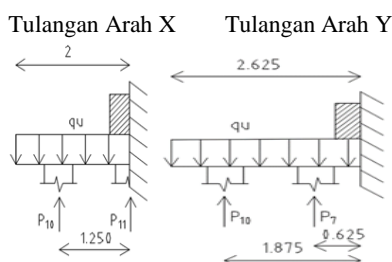
(Thoriqul Huda, Utari Khatulistiani)



Gambar 22. Denah Kolompok Pancang

3.7.1 Perencanaan Pile Cap

Dimensi pile cap 400 x 525 cm, tebal pile cap = 150 cm, diameter tulangan utama = 25 mm, selimut beton = 70 mm, (d_x) = 1414 mm, (d_y) = 1382 mm, $A_{s_{pakai}}$ D25 = 490,625 mm². Momen pile cap akibat dari beban atas dan tiang pancang, arah sumbu X dan Y (Gambar 23) $M_x = 21102827746$ Nmm dan $M_y = 38480280240$ Nmm. Penulangan arah sumbu X diperoleh 55D32 – 90 mm ($A_s = 43416$ mm²) dan sumbu Y: 103Ø32 – 30 mm ($A_s = 82795$ mm²).



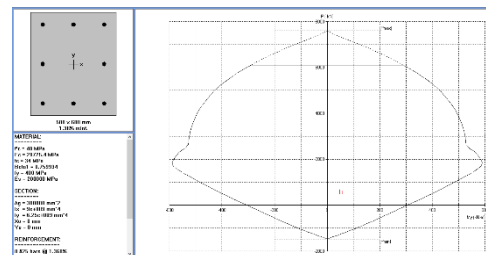
Gambar 23. Beban Pile Cap Arah Sumbu X dan Y Untuk Menentukan Momen

Kontrol Geser Pons

Pakai desain $V_c = 0,33\lambda\sqrt{f_c'} b_o d$, = $0,33 \cdot 1 \cdot \sqrt{40} \cdot 8456 \cdot 1414 = 24955042,81$ N diperoleh : $\phi V_c = 0,85 \times 24955042,81$ N = 2121178,6 kg = 2121,1786 ton > $\sum P = 504,498$ ton (Ok)

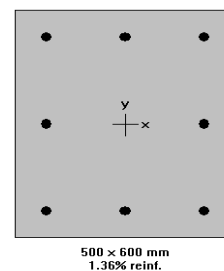
3.7.2 Perencanaan Sloof

Gaya bekerja pada sloof diambil dari berat sendiri sloof = 2400 kg/m³ · 0,50 m · 0,60 m = 720 kg + $Q_u = 1,4 \cdot 720$ kg/m = 1008 kg/m = 17,28 kNm dan 10% $P_{u_{sloof}} = 594,8452$ kN. Rasio penulangan ditentukan dengan bantuan PCA column (Gambar 24).



Gambar 24. Diagram Interaksi Sloof

Sesuai pasal 21.6.3.1 SNI 2847:2013, (Gambar 25) didapat rasio tulangan lentur sloof 1,36% (Ok).



Gambar 25. Rasio Tulangan Sloof

Penulangan geser sloof sesuai pasal 11.2.1.2, $0,5\phi V_c = 113294,05$ N > $V_u = 30240$ N pasang tulangan sengkang minimum D12 – 130 mm (dalam sendi plastis), dan D12 – 250 mm (luar sendi plastis).

4. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan, didapat :

- Hasil nilai simpangan antar lantai gedung tingkat desain (Δ) = 5,671 mm < simpangan gedung tingkat ijin (Δ_a) = 61,54 mm.
- Kontrol Trayleihg = 0,569 detik < T empiris = 1,291.
- Persyaratan *strong column weak beam* untuk kuat lentur kolom telah memenuhi pasal 21.6.2.2 SNI 2847:2013, yaitu $\sum M_{nc} = 1850,76$ kNm $\geq \left(\frac{6}{5}\right) \sum M_{nb} = 1797,472$ kNm.
- Sesuai dengan pasal 21.7.4.1 dalam HBK pada kolom tengah dan tepi yang terkekang, V_n joint tidak boleh diambil sebagai yang lebih besar dari nilai yang ditetapkan, V_n 4 balok, $\phi V_n = 3951,26$ kN > $V_{x-x} = 2509,26$ kN dan V_n 3 atau 2 balok, $\phi V_n = 2789,128$ kN > $V_{x-x} = 1461,44$ kN. Maka, sesuai peraturan dan persyaratan SNI 2847:2013 dan SNI 1726:2012 telah terpenuhi.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional, 2012, *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung SNI 1726:2012*, Bandung.
- Badan Standarisasi Nasional, 2013, *Tata Cara Perencanaan Untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2013)*, Bandung.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1983, *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983*, Penerbit Yayasan Penyelidikan Masalah Bangunan Gedung, Bandung.
- Eddy Ristanto, Laksmi Irianti, Suyadi, 2015, *Analisis Joint Balok Kolom dengan Metode SNI 2847-2013 dan ACI 352R-2002 pada Hotel Serela Lampung*, JRSDD, Edisi September 2015, Vol. 3, No. 3.
- Fitri Wahyuni, Taufik, Robby Permata, 2019, *Perencanaan Struktur Gedung Perhotelan Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). (Studi Kasus : Perencanaan resort Hotel di Lawang Anventure Park, Kabupaten Agam Provinsi Sumatra Barat)*, Jurnal Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil, Vol. 2, No. 2.
http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desaii_spektra_indonesia_2011/result.html. (diunduh 22 November 2020, 20:22:15)
- Patrisko Hirel Karisoh, Ronny Pandaleke, 2018, *Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus*, Jurnal Sipil Statik Vol. 6, No. 6.
- Rita Anggraini, 2019 *Analisis Sambungan Balok Kolom Beton Bertulang Pada Daerah Rawan Gempa, (Studi Kasus : Gedung Pasar Inpres Blok 4 Kota Padang)*, Jurnal Rekayasa, Vol. 9, No. 1.n
- Wildan Amrullah, Tony Hartono Bagio, Julistyana Tistogondo, 2019, *Desain Perencanaan Gedung 38 Lantai Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)*, Jurnal Ilmiah MITSU, Vol. 7, No 1.
- Muchammad Subkhan Ash Shubki, Utari Khatulistiani, 2019, *Perencanaan Struktur Gedung Apartemen Permata Intan Dengan Konstruksi Beton Bertulang Menggunakan Metode SRPMK di Kota Yogyakarta*, Jurnal Axial, Vol. 7, No. 2.

**PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL “HUDA” MENGGUNAKAN
METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DI KOTA
YOGYAKARTA**

(Thoriqul Huda, Utari Khatulistiani)

Halaman ini sengaja dikosongkan

Halaman ini sengaja dikosongkan