

TINJAUAN STRUKTUR RUMAH SAKIT UMUM KELAS D KECAMATAN PASAR MINGGU JAKARTA SELATAN

M. Indra Nurseha

Program Studi Teknik Sipil Universitas Suryakencana

Wiratna Tri Nugraha

Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Suryakencana

ABSTRAK:

Rumah Sakit Umum Kelas D Kecamatan Pasar Minggu Jakarta Selatan pada awalnya adalah Puskesmas dan Rumah Sakit Bersalin, tapi dengan bertambahnya jumlah penduduk dan kebutuhan akan kesehatan, maka muncul alternatif untuk merehab puskesmas tersebut menjadi Rumah Sakit Umum Kelas D Kecamatan Pasar Minggu Jakarta Selatan. Desain-desain struktur yang digunakan pada bangunan ini memiliki banyak jenis ukuran atau dimensi, misalkan balok menggunakan 7 jenis dimensi, kolom menggunakan 2 jenis dimensi, dan pelat dengan tebal 12 cm dengan desain-desain tulangan yang telah terpasang. Tinjauan ini dilakukan untuk melihat bagaimana jika jenis-jenis balok, kolom, maupun pelat yang digunakan sebelumnya diganti dengan jenis-jenis yang baru, baik dalam segi dimensi maupun tulangan yang digunakan.

Desain baru yang direncanakan berdasarkan hasil analisis adalah kolom pada lantai 1-7 menggunakan dimensi 750 mm x 750 mm dengan tulangan 16 D22 mm, kolom pada atap menggunakan dimensi 300 mm x 300 mm dengan tulangan 6 D22 mm, balok arah X menggunakan dimensi 400 mm x 700 mm dengan tulangan pada daerah tumpuan 13 D22 mm dan daerah lapangan 6 D22 mm, balok arah Y menggunakan dimensi 300 mm x 600 mm dengan tulangan pada daerah tumpuan 7 D22 mm dan daerah lapangan 5 D22 mm, balok anak menggunakan dimensi 250 mm x 500 mm dengan tulangan pada daerah tumpuan 5 D19 mm dan daerah lapangan 6 D19 mm, pelat lantai dengan tebal 12 cm menggunakan tulangan rangkap pada lantai 2,4,5,6,7, dan dak menggunakan tulangan D10 – 200 mm pada arah X, D10 – 200 mm pada arah Y daerah lapangan dan D10 – 50 mm pada daerah tumpuan, pelat lantai 3 menggunakan tulangan D10 – 200 mm pada arah X daerah lapangan dan D10 – 150 mm pada daerah tumpuan, D10 – 200 mm pada arah Y daerah lapangan dan D10 – 50 mm pada daerah tumpuan, pelat atap menggunakan tulangan D10 – 200 mm pada arah X dan arah Y.

Kata kunci: Struktur gedung, tinjauan struktur, beton bertulang, SRPMM, SAP 2000 v.15, tulangan.

A. PENDAHULUAN

Kecamatan Pasar Minggu Jakarta Selatan merupakan daerah yang tingkat pertumbuhan ekonomi dan pertambahan jumlah penduduk sangat pesat. Pihak pemerintah, dalam hal ini Dinas Kesehatan DKI Jakarta bekerja sama membangun sarana dan prasarana kesehatan seperti rumah sakit untuk memberikan pelayanan kesehatan bagi masyarakat khususnya daerah Kecamatan Pasar Minggu Jakarta Selatan.

Tercatat di daerah Kecamatan Pasar Minggu telah berdiri dan beroperasi sebuah Puskesmas dan Rumah Sakit Bersalin guna memberikan pelayanan kesehatan kepada masyarakat, akan tetapi bangunan ini dirasa masih kurang untuk melayani masyarakat

secara menyeluruh, sehingga muncul alternatif untuk merehab total puskesmas tersebut menjadi Rumah Sakit Umum Kelas D Kecamatan Pasar Minggu Jakarta Selatan. Desain-desain struktur yang digunakan memiliki banyak jenis ukuran atau dimensi, misalkan balok menggunakan 7 jenis dimensi, kolom menggunakan 2 jenis dimensi, dan pelat dengan tebal 12 cm dengan desain-desain tulangan yang telah terpasang.

Tinjauan ini dilakukan untuk melihat bagaimana jika jenis-jenis balok, kolom, maupun pelat yang digunakan sebelumnya diganti dengan jenis-jenis yang baru, baik dalam segi dimensi maupun tulangan yang digunakan.

TUJUAN MASALAH

Adapun tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Meninjau kekuatan dan keamanan struktur kolom, balok, dan pelat lantai beton bertulang gedung Rumah Sakit Umum Kelas D Kecamatan Pasar Minggu Jakarta Selatan dengan menggunakan bantuan SNI, program SAP 2000 v.15 3D dan *Pca Coloumn*.
2. Meninjau rencana anggaran biaya (RAB) dan kurva S yang dibutuhkan untuk bangunan struktur gedung rumah sakit tersebut.

BATASAN MASALAH

Penelitian tugas akhir ini memiliki beberapa batasan masalah, yaitu:

1. Analisis yang dilakukan hanya pada struktur atas yaitu bagian kolom, balok, dan pelat lantai utama tanpa lift, kolom lift, dinding geser, dan bangunan *ramp*.
2. Rencana anggaran biaya (RAB) dan kurva S hanya menganalisa struktur atas, yaitu beton dan besi tulangan dengan menggunakan program Microsoft Spreadsheet Excel.
3. Perhitungan struktur akan dihitung dengan menggunakan program aplikasi komputer yaitu program SAP 2000 v. 15 3D dan *Pca Coloumn*.
4. Atap pada bangunan ini dijadikan beban pada lantai yang ada di bawahnya.

B. METODOLOGI PENELITIAN

1. KOLOM

Kolom adalah komponen struktur bangunan yang tugas utamanya menyangga beban aksial tekan vertikal dengan bagian tinggi yang tidak ditopang paling tidak tiga kali dimensi lateral terkecil (SK SNI T-15-1991-03).

Kolom adalah struktur utama yang berguna untuk meneruskan berat bangunan dan beban lain seperti beban hidup, beban angin, dan beban gempa untuk didistribusikan ke pondasi dan diteruskan ke dalam tanah. Kolom struktur portal dibuat menerus dari lantai bawah sampai lantai atas, letak kolom berada pada titik yang sama dan tidak boleh digeser. Ukuran kolom makin atas dapat makin kecil, sesuai dengan beban bangunan yang diterima, karena makin atas beban pun makin kecil.

BALOK

Balok adalah bagian dari struktur portal yang dirancang untuk menahan dan mentransfer beban menuju elemen-elemen kolom penopang. Balok berfungsi sebagai pengikat kolom-kolom untuk mempertahankan bentuk dan posisinya.

Tegangan yang timbul pada balok tergantung pada besar dan distribusi beban pada penampang balok. Semakin besar dimensi balok semakin kuat kemampuannya untuk memikul beban, tetapi menambah berat sendiri balok tersebut. Variabel utama dalam mendesain balok meliputi bentang, jarak antar kolom penopang, jenis dan besar beban, jenis material, ukuran dan bentuk penampang, serta cara penggabungan atau fabrikasi. Beberapa faktor yang merupakan prinsip-prinsip desain umum dalam perencanaan balok, yaitu:

1. Kontrol kekuatan dan kekakuan.
2. Variasi besaran material.
3. Variasi bentuk balok pada seluruh panjangnya.
4. Variasi kondisi tumpuan dan kondisi batas.

Balok umumnya menjadi kesatuan yang monolit dengan pelat. Pelat berlaku sebagai lapis sayap tekan yaitu sebagai komponen struktur yang bekerja pada dua arah lenturan saling tegak lurus, sedangkan balok berlaku sebagai badan.

2. PELAT LANTAI

Pelat lantai adalah struktur bangunan yang tidak berada di atastanah secara langsung. Pelat lantai dibingkai oleh balok yang kemudian ditopang oleh kolom-kolom bangunan.

Pada SNI 03-2847-2002, pelat lantai hanya menahan beban tetap (penghuni, perabotan, berat lapis keramik, berat sendiri pelat) yang bekerja dalam waktu lama. Sedangkan untuk beban tak terduga seperti gempa, angin, dan getaran tidak diperhitungkan.

Perencanaan dan hitungan pelat lantai dari beton bertulang harus mengikuti persyaratan yang tercantum dalam pedoman SK SNI T-15-1991-03. Beberapa persyaratan tersebut antara lain:

1. Pelat lantai harus mempunyai tebal sekurang-kurangnya 12 cm, sedang untuk pelat atap sekurang-kurangnya 7 cm.
2. Pelat lantai menggunakan tulangan silang dengan diameter minimum 8 mm.

3. Pada pelat lantai yang tebalnya lebih dari 25 cm harus dipasang tulangan rangkap atas bawah.
4. Jarak tulangan pokok yang sejajar tidak kurang dari 2,5 cm dan tidak lebih dari 20 cm atau dua kali tebal pelat.
5. Semua tulangan pelat harus terlapisi beton setebal minimum 1 cm, untuk melindungi baja dari karat, korosi, atau kebakaran.

3. PEMBEBANAN STRUKTUR

Beban-beban yang diperhitungkan dalam perencanaan gedung ini besarnya ditentukan oleh Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG-1989).

Beban-beban yang diperhitungkan dalam perhitungan struktur adalah sebagai berikut:

1. Beban mati sendiri (DL) dari elemen struktur yang meliputi berat balok, kolom, pelat lantai, dan tangga.
2. Beban mati dari elemen tambahan (DL) yang meliputi dinding, keramik, plesteran, *plumbing*, *mechanical electrical*, plafond dan rangka plafond, *waterproofing*.
3. Beban hidup (LL) yang tergantung pada fungsi bangunan, yang dalam kasus ini gedung digunakan sebagai rumah sakit.
4. Beban gempa (Q), dalam kasus ini hanya ditinjau terhadap beban gempa statik ekuivalen.

4. KOMBINASI BEBAN

Kombinasi pembebanan yang digunakan mengacu pada SNI Beton 03-2847-2002, kombinasi bebana pada perhitungan struktur gedung dapat dirangkum sebagai berikut:

1. 1,4DL
2. 1,2 DL + 1,6 LL
3. 1,2 DL + 1 LL + 1EX + 0,3 EY
4. 1,2 DL + 1 LL - 1 EX - 0,3 EY
5. 1,2 DL + 1 LL + 0,3 EX + 1 EY
6. 1,2 DL + 1 LL - 0,3 EX - 1 EY
7. 0,9 DL + 1 EX + 0,3 EY
8. 0,9 DL - 1 EX - 0,3 EY
9. 0,9 DL + 0,3 EX + 1 EY
10. 0,9 DL - 0,3 EX - 1 EY

Dimana:

- DL : Beban mati
- LL : Beban hidup
- E : Beban gempa

Tanda $\pm$ menyatakan arah beban yang bolak-balik. Beban gempa (E) dianggap bekerja 100 % pada arah sumbu utama bersamaan dengan 30 % pada arah tegak lurus sumbu utama.

5. PERATURAN-PERATURAN

Perhitungan konstruksi gedung ini memperhatikan ketentuan-ketentuan yang berlaku yang terdapat pada buku-buku pedoman antara lain:

1. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002).
2. Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung dan Bangunan Lain (SNI 1727-1989).
3. Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung (SNI-03-1726-2002).
4. Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1729-2002).

SAP 2000 v.15 3D

SAP 2000 merupakan sebuah program yang dikembangkan oleh perusahaan Computer & Structure, Inc. Program SAP ini memiliki kelebihan dalam perancangan struktur baja dan beton agar dimensi yang digunakan bisa optimal dan ekonomis.

Program ini dapat membantu dalam perhitungan analisis struktur dan desain. Program ini digunakan untuk merancang, menganalisa, dan menampilkan geometri struktur, properti, dan hasil analisis. Hasil analisis ini berupa nilai-nilai yang selanjutnya digunakan untuk perhitungan-perhitungan yang mempengaruhi struktur, seperti tulangan pokok, tulangan geser, dll.

6. PCA COLOUMN

Pca Coloumn dapat digunakan untuk mendesain atau mengecek struktur kolom. Data-data yang diperlukan dalam analisis kolom menggunakan program Pca Coloumn ini adalah momen lentur dan gaya aksial tekan yang dipikul oleh kolom. Dari kedua data ini, Pca Coloumn akan menampilkan diagram interaksi, dimana diagram ini adalah diagram yang menunjukkan hubungan momen lentur dan gaya aksial tekan yang dapat dipikul oleh elemen kolom pada kondisi batas. Jika semua beban masih berada di dalam garis diagram, maka kolom tersebut mampu menahan beban tersebut (aman), jika beban berada di luar garis diagram dapat disimpulkan bahwa kolom tidak mampu menahan beban. Jika hal ini terjadi, alternatif yang bisa dilakukan diantaranya adalah menaikkan mutu beton,

menambah jumlah tulangan, dan memperbesar ukuran kolom.

C. ANALISA PEMBEBANAN

Beban yang bekerja pada struktur diambil dari berat sendiri struktur, beban mati tambahan dari komponen pendukung, dan beban hidup yang ditentukan pada tabel 1 dan tabel 2, Tata Cara Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung, SNI 03-1727-1989.

Beban mati diuraikan menjadi beban mati akibat berat sendiri dan beban mati tambahan.

1. Beban mati pada pelat lantai
 - a. Finishing (2,5 cm) 53 Kg/m²
 - b. Pasangan keramik 24 Kg/m²
 - c. ME 25 Kg/m²
 - d. Plafond dan rangka 18 Kg/m²
 - e. Sanitasi/plumbing 30 Kg/m²
 - f. Partisi 100 Kg/m²
2. Berat mati pada pelat atap
 - a. Waterproofing 105 Kg/m²
 - b. ME 25 Kg/m²
 - c. Plafond dan rangka 18 Kg/m²
 - d. Sanitasi/plumbing 30 Kg/m²
3. Beban tambahan lainnya, yaitu dinding.
Beban ini tergantung pada tinggi dinding dan panjang balok yang menahan dinding tersebut.

Beban hidup merupakan beban yang bukan berasal dari berat komponen-komponen bangunan.

1. Beban hidup pada pelat lantai sebesar 250 Kg/m²
2. Beban hidup pada pelat atap sebesar 100 Kg/m²

Beban gempa menggunakan perhitungan sistem rangka pemikul momen menengah (SRPMM), dikarenakan bangunan terletak di wilayah gempa zona 4 dan beban gempa yang direncanakan adalah beban gempa statik ekuivalen.

Fix=Fiy (Kg)	Untuk Tiap Portal x	Untuk Tiap Portal y
	1/5.Fi (Kg)	1/4.Fi (Kg)
25275,85885	5055,17177	6318,96471
40945,59862	8189,11972	10236,39965
66678,36725	13335,67345	16669,59181
80220,80909	16044,16182	20055,20227
89409,71852	17881,94370	22352,42963
109392,03598	21878,40720	27348,00899
91405,05131	18281,01026	22851,26283

1. DIMENSIONING STRUKTUR

Dimensi-dimensi pada struktur yang digunakan adalah:

1. Pelat, dimensi pelat yang digunakan yaitu tebal 12 cm.

2. Balok, dimensi balok yang akan dianalisa yaitu balok dengan gaya dalam terbesar dari tiap lantai, yaitu:

- a. Balok 700 mm x 400 mm
- b. Balok 600 mm x 300 mm
- c. Balok 500 mm x 250 mm

Kolom, dimensi kolom yang akan dianalisa adalah kolom dengan gaya dalam terbesar, yaitu kolom 750 mm x 750 mm.

2. PENULANGAN PELAT

Tulangan pelat lantai yang digunakan adalah baja tulangan ulir (*deform*) dengan mutu fy = 400 Mpa untuk D ≥ 10 mm dan mutu beton fc = 25 Mpa dengan selimut beton 25 mm. Perhitungan menggunakan sistem pelat dua arah yaitu pelat dengan perbandingan panjang dan lebar kurang dari sama dengan 2,5 (Ly/Lx ≤ 2,5), tulangan dipasang pada dua arah yang saling tegak lurus.

1. Pelat lantai 2, 4, 5, 6, 7, dan dak
Pelat yang dianalisa adalah pelat dengan Lx = 3 m dan Ly = 8 m.

Beban-beban yang diterima oleh pelat yaitu:

- a. Beban mati = 438 kg/m²
- b. Beban hidup = 250 kg/m²
- c. Beban terfaktor = 925,6 kg/m²

Menghitung nilai momen yang bekerja pada pelat

$$Mlx (+) = 0,001 \cdot qu \cdot Lx^2 \cdot x$$

$$Mly (+) = 0,001 \cdot qu \cdot Ly^2 \cdot x$$

$$Mtx (-) = 0,001 \cdot qu \cdot Lx^2 \cdot x$$

$$Mty (-) = 0,001 \cdot qu \cdot Ly^2 \cdot x$$

Menghitung jarak tulangan yang digunakan pada pelat:

- a. Kontrol tulangan

$$K = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{524,832 \cdot 10^4}{0,8 \cdot 1000 \cdot 90^2} = 0,81 \text{ Mpa}$$

$$\rho = 0,85 \times \frac{f_c}{f_y} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot K}{0,85 \cdot f_c}} \right]$$

$$= 0,85 \times \frac{25}{400} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,81}{0,85 \cdot 25}} \right] = 0,0021$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_b = 0,85 \cdot \beta_1 \cdot \frac{f_c}{f_y} \left[\frac{600}{f_y + 600} \right]$$

$$= 0,85 \cdot 0,85 \cdot \frac{25}{400} \left[\frac{600}{400 + 600} \right] = 0,0271$$

$$\rho_{max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,0203$$

$$As \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d = 315 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ max} = \rho_{max} \cdot b \cdot d = 1827 \text{ mm}^2$$

$$s \text{ perlu} = \frac{1/4 \pi D^2 b}{As \text{ perlu}} = \frac{1/4 \pi 10^2 \cdot 1000}{315}$$

$$= 249,333 \text{ mm}$$

$$s \text{ max} = 2 \cdot h = 2 \cdot 120 = 240 \text{ mm}$$

Jarak tulangan (s) yang dipakai yaitu 200 mm.

$$A_s = \frac{1/4\pi D^2 b}{s} = \frac{\frac{1}{4}\pi 10^2 \cdot 1000}{200}$$

$$= 392,5 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu } (315 \text{ mm}^2)$$

b. Kontrol momen pada pelat

$$M_{lx} = 524,832 \text{ Kgm}$$

$$\phi M_n = \phi \times A_s \text{ terpasang} \times f_y \times j_d$$

$$= 10,4562 \text{ kNm} = 1045,62 \text{ Kgm}$$

$$\phi M_n (1045,62) > M_{lx} (524,832)$$

c. Kontrol lendutan

$$E_c = 23500 \text{ Mpa}$$

$$E_s = 200000 \text{ Mpa}$$

$$q_D + q_L = 438 + 250 = 6,88 \text{ N/mm}$$

$$L_x = 3000 \text{ mm}$$

$$\text{Lendutan ijin} = L_x / 240 = 12,5 \text{ mm}$$

$$I_g = 1/12 \cdot b \cdot h^3 = 144 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$f_r = 0,7 \sqrt{f_c} = 3,5 \text{ Mpa}$$

$$n = E_s / E_c = 8,511$$

$$c = n \cdot \frac{A_s}{b} = 3,341 \text{ mm}$$

$$I_{cr} = (1/3 \cdot b \cdot c^3) + (n \cdot A_s \cdot (d - c)^2)$$

$$= 25099365,68 \text{ mm}^4$$

$$y_t = h/2 = 60 \text{ mm}$$

$$M_{cr} = \frac{(f_r \cdot I_g)}{y_t} = 84 \cdot 10^5 \text{ Mpa}$$

$$M_a = 1/8 \cdot q \cdot L_x^2 = 1/8 \cdot 6,88 \cdot 3000^2$$

$$= 7740000 \text{ Nmm}$$

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 \times I_g + \left(1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 \right) \times I_{cr}$$

$$= 151984448 \text{ mm}^4$$

Lendutan seketika akibat beban mati dan beban hidup

$$\delta e = \left(\frac{5}{384} \right) \cdot q \cdot L_x^4 / (E_c \cdot I_e) = 2,032 \text{ mm}$$

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{392,5}{1000 \cdot 90} = 0,00436$$

$$T = 2$$

$$\lambda = \frac{T}{1 + 50\rho} = \frac{2}{1 + 50 \cdot 0,00436} = 1,642$$

$$\delta g = \lambda \cdot \frac{5}{384} \cdot \frac{q L_x^4}{E_c \cdot I_e} = 3,336 \text{ mm}$$

$$\delta_{total} = \delta e + \delta g = 2,032 + 3,336$$

$$= 5,368 \text{ mm} < 12,5 \text{ mm (aman)}$$

Dengan menggunakan metode yang sama, dapat dihitung pula momen-momen yang bekerja pada pelat yang lain.

2. Pelat lantai 3

Pelat yang dianalisa adalah pelat dengan $L_x = 3,85 \text{ m}$ dan $L_y = 8 \text{ m}$. Dalam perhitungan beban, momen-momen yang diterima oleh pelat, jarak tulangan, kontrol momen, dan kontrol lendutan yang dilakukan rumus-rumus yang digunakan tidak berbeda dengan pelat lantai sebelumnya.

3. Pelat lantai atap

Pelat yang dianalisa adalah pelat dengan $L_x = 3,2 \text{ m}$ dan $L_y = 4 \text{ m}$. Jika dilihat dari segi ukuran, pelat ini tidak masuk dalam kategori pelat dua arah, tapi dalam pelaksanaan di

lapangan dan perhitungan pelat dilakukan secara dua arah.

Beban-beban yang diterima oleh pelat yaitu:

1. Beban mati = 466 kg/m²
2. Beban hidup = 100 kg/m²
3. Beban terfaktor = 719,2 kg/m²

Sama seperti sebelumnya perhitungan momen-momen yang diterima oleh pelat, jarak tulangan, kontrol momen, dan kontrol lendutan yang dilakukan rumus-rumus yang digunakan tidak berbeda dengan pelat lantai sebelumnya.

3. PENULANGAN BALOK

Balok yang dianalisa merupakan balok dengan nilai gaya dalam terbesar dari setiap lantai. Tulangan yang digunakan adalah baja ulir (*deform*) dengan mutu $f_y = 400 \text{ Mpa}$ untuk $D \geq 10 \text{ mm}$ dan beton dengan mutu $f_c = 25 \text{ Mpa}$.

1. Balok induk arah X dengan data sebagai berikut:

Dimensi balok	0,4 m x 0,7 m
Tulangan pokok	D22 mm
Tulangan sengkang	D10 mm
Selimut beton	50 mm
Momen rencana akibat beban terfaktor adalah:	

M_{u1}	: 733,0148 kNm
----------	----------------

M_{u2}	: 106,4687 kNm
----------	----------------

M_u	: 310,6256 kNm
-------	----------------

V_u	: 367,474 kN
-------	--------------

$$d_{ix} = h - s_b - s - \frac{1}{2} D = 629 \text{ mm}$$

$$j_{d_{ix}} = 0,875 \times d_{ix} = 550,375 \text{ mm}$$

Luas tulangan yang diperlukan pada tumpuan

$$A_s \text{ perlu} = \frac{M_u}{\phi \cdot f_y \cdot j_d} = 5122,485 \text{ mm}^2$$

Tulangan yang digunakan, yaitu:

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luas tulangan}} = 13,376 \approx 14 \text{ buah}$$

Digunakan tulangan 14 D22 mm ($A = 5324 \text{ mm}^2$)

Luas tulangan yang diperlukan pada lapangan

$$A_s \text{ perlu} = \frac{M_u}{\phi \cdot f_y \cdot j_d} = 2170,727 \text{ mm}^2$$

Tulangan yang digunakan, yaitu:

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luas tulangan}} = 5,7104 \approx 6 \text{ buah}$$

Digunakan tulangan 6 D22 mm ($A = 2281,7 \text{ mm}^2$)

Nilai a dan cek kondisi tulangan tumpuan

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c \cdot b} = 241,058 \text{ mm}$$

$$j_d \text{ baru} = d - \frac{a}{2} = 508,471 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ baru} = \frac{M_u}{\phi \cdot f_y \cdot j_d} = 5544,638 \text{ mm}^2$$

Tulangan yang digunakan, yaitu:

$$n = \frac{As \text{ perlu}}{Luas \text{ tulangan}} = 14,586 \approx 15 \text{ buah}$$

Digunakan tulangan 15 D22 mm ($A = 5704,286 \text{ mm}^2$)

Kontrol kuat momen tulangan tumpuan

$\emptyset$ Momen rencana $\geq$ Momen ultimate

$\emptyset.Mn = \emptyset \times As \text{ perlu baru} \times fy \times jd \text{ baru}$

$$= 0,8 \times 5544,638 \times 400 \times 508,471$$

$$= 902,172 \text{ kNm} > Mu = 733,0148 \text{ kNm}$$

Dari data yang didapatkan, nilai $\emptyset.Mn$ terlalu besar, tulangan yang digunakan dicoba 13 D22 mm.

$\emptyset.Mn = \emptyset \times As \text{ perlu baru} \times fy \times jd \text{ baru}$

$$= 0,8 \times 4941,725 \times 400 \times 508,471$$

$$= 804,1 \text{ kNm} > Mu = 733,0148 \text{ kNm}$$

Jadi tulangan yang digunakan 13 D22 mm, di bagian atas balok 8 D22 mm, dan di bagian bawah balok 5 D22 mm.

$$Mu_1 = 488,677 \text{ kNm}$$

$$Mu_2 = 244,338 \text{ kNm}$$

As terpasang atas = $n \times$ Luas tulangan

$$= 8.380,133 = 3041,064 \text{ mm}$$

As terpasang bawah = $n \times$ Luas tulangan

$$= 5.380,133 = 1900,666 \text{ mm}$$

Dari data mengenai tulangan yang digunakan, diperlukan cek kuat tulangan yang digunakan:

$\emptyset.Mn_1 = \emptyset \times As \text{ terpasang} \times fy \times jd \text{ baru}$

$$= 0,8.3041,064.400.508,471$$

$$= 494,814 \text{ kNm}$$

$\emptyset.Mn_2 = \emptyset \times As \text{ terpasang} \times fy \times jd \text{ baru}$

$$= 0,8.1900,666.400.508,471$$

$$= 309,259 \text{ kNm}$$

$$Mr = \emptyset.Mn_1 + \emptyset.Mn_2$$

$$= 494,814 + 309,259$$

$$= 804,073 \text{ kNm}$$

$$Mr > Mu_1 + Mu_2$$

$$804,073 \text{ kNm} > 733,0148 \text{ kNm} \text{ (aman)}$$

Kontrol kuat momen tulangan lapangan

$\emptyset$ Momen rencana $\geq$ Momen ultimate

Balok induk arah "X" tulangan lapangan

$\emptyset.Mn = \emptyset \times As \text{ perlu baru} \times fy \times jd \text{ baru}$

$$= 0,8 \times 2067,213 \times 400 \times 577,9345$$

$$= 382,308 \text{ kNm} > Mu = 310,6256 \text{ kNm}$$

Jadi tulangan yang digunakan 6 D22 mm, di bagian atas balok 2 D22 mm, dan di bagian bawah balok 4 D22 mm.

$$Mu_1 = 103,542 \text{ kNm}$$

$$Mu_2 = 207,084 \text{ kNm}$$

As terpasang atas = $n \times$ Luas tulangan

$$= 2.380,133 = 760,266 \text{ mm}$$

As terpasang bawah = $n \times$ Luas tulangan

$$= 4.380,133 = 1520,532 \text{ mm}$$

Dari data mengenai tulangan yang digunakan, diperlukan cek kuat tulangan yang digunakan:

$\emptyset.Mn_1 = \emptyset \times As \text{ terpasang} \times fy \times jd \text{ baru}$

$$= 0,8.760,266.400.577,9345$$

$$= 140,603 \text{ kNm}$$

$\emptyset.Mn_2 = \emptyset \times As \text{ terpasang} \times fy \times jd \text{ baru}$

$$= 0,8.1520,532.400.577,9345$$

$$= 281,206 \text{ kNm}$$

$$Mr = \emptyset.Mn_1 + \emptyset.Mn_2$$

$$= 140,603 + 281,206$$

$$= 421,809 \text{ kNm}$$

$$Mr > Mu_1 + Mu_2$$

$$421,809 \text{ kNm} > 310,6256 \text{ kNm} \text{ (aman)}$$

Mengecek kondisi tulangan

$\rho \text{ terpasang} \leq \rho \text{ max}$

$$\rho b = \frac{0,85.f_c.\beta_1}{fy} \cdot \frac{600}{(600+fy)} = 0,0271$$

$$\rho \text{ max} = 0,75 \times \rho b = 0,020325$$

Cek tulangan max pada tulangan tumpuan

Balok induk arah "X"

$$\rho = \frac{As \text{ perlu}}{b \times d} = \frac{5544,638}{400.629}$$

$$= 0,02203 > \rho \text{ max} = 0,020325$$

Karena dengan tulangan sebanyak 15 D22 mm, nilai ρ melebihi $\rho \text{ max}$ maka tulangan bisa diganti dengan 13 D22 mm.

$$\rho = \frac{As \text{ perlu}}{b \times d} = \frac{4941,729}{400.629}$$

$$= 0,0196 < \rho \text{ max} = 0,020325$$

Cek tulangan max pada tulangan lapangan

Balok induk arah "X"

$$\rho = \frac{As \text{ perlu}}{b \times d} = \frac{2067,213}{400.629}$$

$$= 0,00822 < \rho \text{ max} = 0,020325$$

2. Balok induk arah Y dengan data sebagai berikut:

Dimensi balok 0,3 m x 0,6 m

Tulangan pokok D22 mm

Tulangan sengkang D10 mm

Selimut beton 50 mm

Momen rencana akibat beban terfaktor adalah:

$$Mut_1 : 191,8254 \text{ kNm}$$

$$Mut_2 : 302,4283 \text{ kNm}$$

$$Mul : 198,4513 \text{ kNm}$$

$$Vu : 245,71 \text{ kN}$$

Perhitungan yang dilakukan untuk mencari tulangan diawali dengan mencari tinggi efektif penampang, lengan momen, luas tulangan yang diperlukan, tulangan yang digunakan, nilai a dan cek kondisi tulangan, kontrol kuat momen tulangan, cek kondisi tulangan, dan cek tulangan max pada tulangan pada jenis balok ini sama dengan perhitungan yang dilakukan pada balok

induk arah X baik pada tulangan tumpuan maupun tulangan lapangan.

3. Balok anak dengan data sebagai berikut:

Dimensi balok 0,25 m x 0,5 m

Tulangan pokok D19 mm

Tulangan sengkang D10 mm

Selimit beton 50 mm

Momen rencana akibat beban terfaktor adalah:

Mut₁ : 137,1076 kNm

Mut₂ : 106,2457 kNm

Mul : 154,7776 kNm

Vu : 112,814 kN

Perhitungan yang dilakukan untuk mencari tulangan diawali dengan mencari tinggi efektif penampang, lengan momen, luas tulangan yang diperlukan, tulangan yang digunakan, nilai a dan cek kondisi tulangan, kontrol kuat momen tulangan, cek kondisi tulangan, dan cek tulangan max pada tulangan pada jenis balok ini sama dengan perhitungan yang dilakukan pada balok induk arah X baik pada tulangan tumpuan maupun tulangan lapangan.

4. Tulangan gesek

Tulangan geser dianalisa pada balok yang telah dianalisa sebelumnya, dan telah ditentukan jumlah tulangan yang dibutuhkan, baik untuk tulangan tumpuan maupun tulangan lapangan.

a. Balok induk arah X

Dimensi balok : 0,7 m x 0,4 m

Gaya geser (Vu) : 367,474 kN

Digunakan tulangan geser diameter 10 dengan 2 kaki

$$A_v = 2 \left(\frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \right)$$

$$= 2 \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \right)$$

$$= 157,1 \text{ mm}^2$$

Kapasitas penampang beton terhadap gaya geser

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c} \cdot b \cdot d = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{25} \cdot 400 \cdot 629$$

$$= 209666,6667 \text{ N} = 209,67 \text{ kN}$$

Memeriksa perbandingan antara gaya geser (Vu) dengan kapasitas penampang beton (Vc)

$$V_c = 209,67 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = 157,2525$$

$$\frac{1}{2} \phi V_c = 78,63 \text{ kN}$$

$$V_u = 367,474 \text{ kN} > \frac{1}{2} \phi V_c = 78,63 \text{ kN}$$

Dengan melihat perbandingan ini, maka diperlukan tulangan geser.

Spasi maksimum

$$S_{\text{maks}} = 0,5 \cdot d = 0,5 \cdot 629 = 314,5 \text{ mm}$$

$$s \leq \frac{3 \cdot A_v \cdot f_y}{b} = \frac{3 \cdot 157,400}{400} = 471 \text{ mm, atau}$$

$$s \leq \frac{1200}{75} \frac{A_v \cdot f_y}{\sqrt{f_c} \cdot b \cdot w} = \frac{1200}{75} \frac{157,400}{\sqrt{25} \cdot 400}$$

$$= 502,4 \text{ mm}$$

Jarak antar sengkang yang dibutuhkan

$$s = \frac{\phi \cdot A_v \cdot f_y \cdot d}{V_u - \phi V_c} = \frac{0,75 \cdot 157,400 \cdot 629}{367,474 - 157,2525}$$

$$= 140,93 \text{ mm}$$

Digunakan s = 125 mm

$$V_u = \phi V_s + \phi V_c$$

$$= \frac{0,75 \cdot 157,400 \cdot 629}{125} + 157,2525$$

$$= 394,26 \text{ kN}$$

$$V_u = 367,474 \text{ kN} < V_u = 394,26 \text{ kN}$$

Dari nilai yang didapatkan, maka tulangan sengkang yang digunakan adalah D10 – 125 mm.

b. Balok induk arah Y

Dimensi balok : 0,6 m x 0,3 m

Gaya geser (Vu) : 245,71 kN

Perhitungan tulangan geser yang diperlukan pada balok ini sama dengan perhitungan yang dilakukan pada balok induk arah X.

c. Balok anak

Dimensi balok : 0,5 m x 0,25 m

Gaya geser (Vu) : 112,814 kN

Perhitungan tulangan geser yang diperlukan pada balok ini sama dengan perhitungan yang dilakukan pada balok induk arah X.

4. PENULANGAN KOLOM

Tulangan kolom yang digunakan adalah baja tulangan ulir (*deform*) dengan mutu fy = 400 Mpa untuk D ≥ 10 mm dan mutu beton fc = 25 Mpa.

1. Penulangan kolom lantai

Data-data yang diperlukan untuk perencanaan penulangan kolom ini adalah:

Dimensi kolom 1 = 0,75 m x 0,75 m

Dimensi kolom 2 = 0,75 m x 0,75 m

Tinggi kolom bawah = 4,5 m

Tinggi kolom atas = 4 m

Dimensi balok kanan = 0,7 m x 0,4 m

Dimensi balok kiri = 0,7 m x 0,4 m

Panjang balok kanan = 8 m

Panjang balok kiri = 8 m

Dimensi tulangan (D) = D22 mm

Dimensi sengkang (s) = D10 mm

Selimit beton (sb) = 50 mm

$$d = h - sb - D/2 = 750 - 50 - 11$$

$$= 689 \text{ mm}$$

Beban-beban rencana:

Gaya aksial (Pu) kolom bawah

$$P_u = 5261,162 \text{ kN} = 5261162 \text{ N}$$

Gaya aksial (Pu) kolom atas

$$P_u = 4453,672 \text{ kN} = 4453672 \text{ N}$$

Gaya aksial (Pu) balok kanan

$$P_u = 0,2 \text{ kN (akibat beban mati)}$$

$$P_u = 0,24 \text{ kN (akibat kombinasi 2)}$$

Gaya aksial (Pu) balok kiri

Pu = 0,144 kN (akibat beban mati)

Pu = 0,173 kN (akibat kombinasi 2)

Momen terkecil pada ujung kolom yang akan ditinjau,

Mu = -534,4495 kNm

= -534449500 Nmm

Momen terbesar pada ujung kolom yang akan ditinjau,

Mu = 199,5518 kNm

= 199551800 Nmm

Analisa struktur kolom

Kolom bawah

$I_g = 1/12 \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \times 750 \times 750^3$

= 2,63671875.10¹⁰ mm⁴

Ec = 23500 Mpa

'β = 1

$$EI = \frac{\frac{Ec I_g}{2,5}}{1 + \beta} = \frac{\frac{23500 \cdot 2,63671875 \cdot 10^{10}}{2,5}}{1 + 1}$$

= 1,239257813.10¹³ Nmm²

Kolom atas

$I_g = 1/12 \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \times 750 \times 750^3$

= 2,63671875.10¹⁰ mm⁴

Ec = 23500 Mpa

'β = 1

$$EI = \frac{\frac{Ec I_g}{2,5}}{1 + \beta} = \frac{\frac{23500 \cdot 2,63671875 \cdot 10^{10}}{2,5}}{1 + 1}$$

= 1,239257813.10¹³ Nmm²

Balok kanan

$I_g = 1/12 \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \times 400 \times 700^3$

= 1,143333333.10¹⁰ mm⁴

Ec = 23500 Mpa

'β = 1

$$EI = \frac{\frac{Ec I_g}{2,5}}{1 + \beta} = \frac{\frac{23500 \cdot 1,143333333 \cdot 10^{10}}{2,5}}{1 + 1}$$

= 5,373666665.10¹³ Nmm²

Balok kiri

$I_g = 1/12 \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \times 400 \times 700^3$

= 1,143333333.10¹⁰ mm⁴

Ec = 23500 Mpa

'β = 1

$$EI = \frac{\frac{Ec I_g}{2,5}}{1 + \beta} = \frac{\frac{23500 \cdot 1,143333333 \cdot 10^{10}}{2,5}}{1 + 1}$$

= 5,373666665.10¹³ Nmm²

Faktor kekangan ujung pada kolom, struktur merupakan kolom yang dapat bergoyang (SNI 03-2847-2002 12.11 pasal 6). Struktur kolom termasuk dalam struktur portal bergoyang, karena ukuran portal dan beban-beban yang diterima oleh struktur tidak simetris. Hal ini menyebabkan faktor kekangan pada ujung atas kolom harus dicari terlebih dahulu.

$$\Psi_A = \frac{\frac{1,239257813 \cdot 10^{13}}{4000} + \frac{1,239257813 \cdot 10^{13}}{4500}}{\frac{5,373666665 \cdot 10^{13}}{8000} + \frac{5,373666665 \cdot 10^{13}}{8000}}$$

= 0,436

Ψ_B = 0, karena struktur kolom dengan perletakan jepit-jepit

Dari nomogram diperoleh faktor panjang efektif kolom, k = 1,08.

Menentukan angka kelangsingan kolom

R = 0,3 h (0,3 untuk kolom persegi)

= 0,3 x 750 = 225

$$\left(\frac{k \cdot l_u}{r}\right) = \left(\frac{1,08 \times (4500 - 400)}{225}\right) < 34 - 12 \cdot \frac{M_1}{M_2}$$

$$= 19,68 < 34 - 12 \cdot \frac{199,5518}{534,4495}$$

= 19,68 < 29,52

Dari nilai perbandingan tersebut, dapat disimpulkan bahwa kolom yang ditinjau termasuk kolom pendek.

Menentukan eksentrisitas kolom

$$e = \frac{M_u}{P_u} = \frac{534,4495}{5261,162} = 101,6 \text{ mm}$$

e min = 0,1.h = 0,1.750 = 75 mm

Menghitung Pn perlu

Ag = b x h = 750 x 750

= 562500 mm²

0,1.Ag.fc = 0,1.562500.25

= 1406,25 kN < Pu = 5261,162 kN

Digunakan faktor reduksi 0,65, maka didapatkan:

$$P_n \text{ perlu} = \frac{5261,162}{0,65} = 8094,1 \text{ kN}$$

$$a = \frac{P_n \text{ perlu}}{0,85 \cdot f_c \cdot b} = \frac{8094,1}{0,85 \cdot 25 \cdot 750}$$

$$A_s = \frac{P_n \text{ perlu} \cdot \left(e - \frac{b}{2} + \frac{a}{2}\right)}{f_y \cdot (d - d')}$$

$$= \frac{8094100 \cdot \left(101,6 - \frac{750}{2} + \frac{507,87}{2}\right)}{400 \cdot (689 - 71)}$$

= 1398,1 mm²

As = As'

Kontrol luas tulangan

Ast = As + As' = 1398,1 + 1398,1

= 2796,2 mm²

As min = 1% Ag = 5625 mm²

As max = 6% Ag = 33750 mm²

Nilai Ast < As min, maka luas tulangan yang digunakan harus sama dengan atau lebih besar dari luasan tulangan minimum.

Pola keruntuhan tekan menggunakan pendekatan whitney

An = Ag - Ast = 562500 - 5625

= 556875 mm²

Pno = An x 0,85 x fc + Ast x fy

= 556875 x 0,85 x 25 + 5625 x 400

= 14083593,75 N = 14083,6 kN

$$P_n = \frac{P_{no}}{1 + \left(\frac{P_{no}}{P_{np}} - 1\right) \times \frac{e}{e_b}}$$

$$= \frac{14083593,75}{1 + \left(\frac{14083593,75}{8094100} - 1 \right) \times \frac{101,6}{156,31}}$$

$$= 9509634,3 \text{ N} = 9509,6343 \text{ kN}$$

Kontrol keamanan kolom

$$P_u \geq 0,1 \cdot A_g \cdot f_c$$

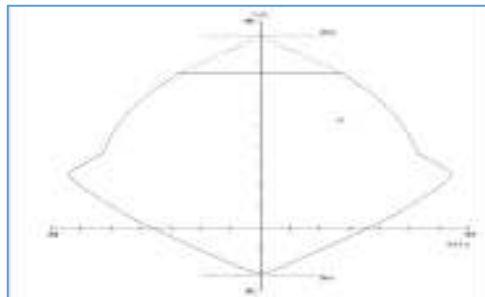
$$5261,162 \text{ kN} \geq 0,1 \cdot 750 \cdot 750 \cdot 25$$

$$5261,162 \text{ kN} \geq 1406,25 \text{ kN}$$

$$\phi P_n = 0,65 \times 9509,6343$$

$$= 6181,2923 \text{ kN} > P_u = 5261,162 \text{ kN} \text{ (aman)}$$

Diagram PM ratio



Grafik rasio tulangan kolom

Dari diagram yang dihasilkan oleh program PcaColumn, berdasarkan dimensi kolom, jumlah tulangan, mutu beton, dan mutu baja yang digunakan, bisa disimpulkan bahwa kolom yang direncanakan memiliki rasio aksial maksimum dan momen maksimum berada pada area grafik yang aman.

Penulangan kolom

Tulangan pokok

$$A_s \text{ perlu} = 1\% \times b \times h$$

$$= 0,01 \cdot 750 \cdot 750$$

$$= 5625 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan yang diperlukan adalah:

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luas tulangan}} = \frac{5625}{380,286} = 14,7915$$

Karena tulangan kolom dipasang pada keempat sisi, jadi tulangan yang digunakan adalah 16 D22 mm.

Menghitung nilai ϕP_n maksimum

Luas tulangan yang digunakan (A_{st})

$$A_{st} = n \times \text{Luas tulangan}$$

$$= 16 \times 380,286$$

$$= 6084,576 \text{ mm}^2$$

$$P_n = 0,80 \cdot (0,85 \cdot f_c' \cdot (a_g - a_{st}) + f_y \cdot a_{st})$$

$$= 0,8 \cdot (0,85 \cdot 25 \cdot (562500 - 6084,576) + 400 \cdot 6084,576)$$

$$+ 400 \cdot 6084,576$$

$$= 11406126,53 \text{ N} = 11406,12653 \text{ kN}$$

$$\phi P_n = 0,85 \cdot 11406,12653$$

$$= 9695,208 \text{ kN}$$

Dari hasil perhitungan dimensi dengan dibandingkan dengan perhitungan P_u terbesar, dengan syarat bahwa $\phi P_n \geq P_u$

$$\phi P_n = 9695,208 \text{ kN} \geq P_u \text{ terbesar} = 5261,162 \text{ kN} \text{ (aman)}$$

Tulangan sengkang kolom

Gaya geser perlu kolom (V_u)

$$V_u = \frac{M_{u2} - M_{u1}}{\lambda_{n,k}} = \frac{199,5518 - (-534,4495)}{4,5}$$

$$= 163,1114 \text{ kN} \sim 163111,4 \text{ N}$$

Gaya geser yang ditahan oleh beton (V_c)

$$V_c = \left(1 + \frac{P_{u,k}}{14 \cdot A_g} \right) \frac{\sqrt{f_c'}}{6} \cdot b \cdot d$$

$$= \left(1 + \frac{5261162}{14 \cdot 750 \cdot 750} \right) \frac{\sqrt{25}}{6} \cdot 750 \cdot 689$$

$$= 718318,6998 \text{ N}$$

Gaya geser yang ditahan oleh sengkang (V_s) dan V_s maks

$$V_s = \frac{V_u - \phi \cdot V_c}{\phi} = \frac{163111,4 - 0,75 \cdot 718318,6998}{0,75}$$

$$= -500836,8331 \text{ N}$$

$$V_s \text{ maks} = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d$$

$$= \frac{2}{3} \cdot \sqrt{25} \cdot 750 \cdot 689 = 1722500 \text{ N}$$

Karena $V_s < 0$, maka dipakai tulangan sengkang minimal dengan luas per meter panjang seperti berikut:

Luas tulangan sengkang perlu (A_{vu}) untuk setiap panjang kolom

$$S = 1000 \text{ mm}$$

$$A_v = \frac{b \cdot S}{f_y \cdot 3} = \frac{750 \cdot 1000}{400 \cdot 3} = 625 \text{ mm}^2$$

$$A_v = \frac{75 \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot S}{1200 \cdot f_y} = \frac{75 \cdot \sqrt{25} \cdot 750 \cdot 1000}{1200 \cdot 400}$$

$$= 585,9375 \text{ mm}^2$$

Dari kedua A_v dipilih yang paling besar, yaitu $A_{vu} = 625 \text{ mm}^2$

Digunakan tulangan sengkang 2 kaki dengan $d_p = 10 \text{ mm}$ dengan jarak sengkang yaitu:

$$s = \frac{\frac{n}{4} \cdot \pi \cdot d_p^2 \cdot S}{A_{v,u}} = \frac{\frac{2}{4} \cdot 3,14 \cdot 10^2 \cdot 1000}{625}$$

$$= 251,327 \text{ mm}$$

Kontrol jarak tulangan sengkang

$$s \leq 16 \cdot D = 16 \cdot 22 = 352 \text{ mm}$$

$$s \leq 48 \cdot d_p = 48 \cdot 10 = 480 \text{ mm}$$

$$s \leq d/2 = 689/2 = 344,5 \text{ mm}$$

$$s \leq 600 \text{ mm}$$

Dipakai nilai terkecil dan dibulatkan ke bawah yaitu:

$$s = 250 \text{ mm} < 251,327 \text{ mm}$$

Jadi digunakan tulangan sengkang D10 – 250 mm.

2. Penulangan kolom atap

Data-data yang diperlukan untuk perencanaan penulangan kolom ini adalah:

Dimensi kolom 1 = 0,3 m x 0,3 m

Tinggi kolom 1 = 2,5 m

Dimensi balok 1 = 0,5 m x 0,25 m

Panjang balok 1 = 5,7 m

Dimensi tulangan (D) = D22 mm
 Dimensi sengkang (s) = D10 mm
 Selimut beton (sb) = 50 mm
 $d = h - sb - D/2 = 300 - 50 - 11$
 $= 239 \text{ mm}$
 $d_s = sb + s + D/2 = 50 + 10 + 11$
 $= 71 \text{ mm}$
 Beban-beban rencana:
 Gaya aksial (Pu)
 $P_u = 156,701 \text{ kN} = 1567010 \text{ N}$
 Gaya aksial (Pu) balok kiri
 $P_u = 0,044 \text{ kN}$ (akibat beban mati)
 $P_u = 0,063 \text{ kN}$ (akibat kombinasi 2)
 Momen terkecil pada ujung kolom,
 $M_{u1} = -55,338 \text{ kNm}$
 $= -55338000 \text{ Nmm}$
 Momen terbesar pada ujung kolom,
 $M_{u2} = 62,4596 \text{ kNm}$
 $= 62459600 \text{ Nmm}$
 Dengan menggunakan rumus-rumus seperti
 pada perhitungan penulangan kolom lantai,
 maka data-data tulangan pokok, kontrol
 tulangan, dan tulangan gesek dapat dihitung.

5. RENCANA ANGGARAN BIAYA

NO.	URAIAN	SATUAN	VOLUME	JUMLAH HARGA (Rp.)
1.	2.	3.	4.	5 = (4.X.5.)
1	PEKERJAAN LANTAI 2			
	1 Pekerjaan Balok 700 mm x 400 mm			62,125,043.75
	2 Pekerjaan Balok 600 mm x 300 mm			33,286,433.33
	3 Pekerjaan Balok Anak 500 mm x 250 mm			45,041,654.76
	4 Pekerjaan Kolom 750 mm x 750 mm			104,581,041.68
	5 Pekerjaan Pelat Lantai Tebal 12 cm			90,627,138.58
2	PEKERJAAN LANTAI 3			
	1 Pekerjaan Balok 700 mm x 400 mm			63,931,043.75
	2 Pekerjaan Balok 600 mm x 300 mm			33,286,433.33
	3 Pekerjaan Balok Anak 500 mm x 250 mm			43,756,492.26
	4 Pekerjaan Kolom 750 mm x 750 mm			91,955,958.32
	5 Pekerjaan Pelat Lantai Tebal 12 cm			90,460,264.18
3	PEKERJAAN LANTAI 4			
	1 Pekerjaan Balok 700 mm x 400 mm			62,185,243.75
	2 Pekerjaan Balok 600 mm x 300 mm			33,286,433.33
	3 Pekerjaan Balok Anak 500 mm x 250 mm			44,305,279.76
	4 Pekerjaan Kolom 750 mm x 750 mm			101,869,041.68
	5 Pekerjaan Pelat Lantai Tebal 12 cm			91,120,047.58
4	PEKERJAAN LANTAI 5			
	1 Pekerjaan Balok 700 mm x 400 mm			62,185,243.75
	2 Pekerjaan Balok 600 mm x 300 mm			33,286,433.33
	3 Pekerjaan Balok Anak 500 mm x 250 mm			42,859,404.76
	4 Pekerjaan Kolom 750 mm x 750 mm			91,955,958.32
	5 Pekerjaan Pelat Lantai Tebal 12 cm			90,976,444.78
5	PEKERJAAN LANTAI 6			
	1 Pekerjaan Balok 700 mm x 400 mm			62,185,243.75
	2 Pekerjaan Balok 600 mm x 300 mm			33,286,433.33
	3 Pekerjaan Balok Anak 500 mm x 250 mm			41,217,879.76
	4 Pekerjaan Kolom 750 mm x 750 mm			91,955,958.32
	5 Pekerjaan Pelat Lantai Tebal 12 cm			91,437,155.38
6	PEKERJAAN LANTAI 7			
	1 Pekerjaan Balok 700 mm x 400 mm			62,185,243.75
	2 Pekerjaan Balok 600 mm x 300 mm			33,286,433.33
	3 Pekerjaan Balok Anak 500 mm x 250 mm			39,873,054.76
	4 Pekerjaan Kolom 750 mm x 750 mm			91,955,958.32
	5 Pekerjaan Pelat Lantai Tebal 12 cm			91,500,829.78
7	PEKERJAAN LANTAI DAK			
	1 Pekerjaan Balok 700 mm x 400 mm			60,439,443.75
	2 Pekerjaan Balok 600 mm x 300 mm			35,600,693.33
	3 Pekerjaan Balok Anak 500 mm x 250 mm			33,618,167.26
	4 Pekerjaan Kolom 750 mm x 750 mm			91,955,958.32
	5 Pekerjaan Pelat Lantai Tebal 12 cm			106,629,214.29
	Jumlah total			2,226,894,145.3

Rencana anggaran biaya yang diperlukan
 untuk membangun struktur atas gedung
 Rumah Sakit Umum Kelas D Kecamatan

Pasar Minggu Jakarta Selatan adalah Rp.
 2.666.235.721,- dan waktu yang diperlukan
 adalah 21 minggu atau 5 bulan 1 minggu.

D. Kesimpulan :

- Kolom lantai 1-7 menggunakan dimensi 750 mm x 750 mm direncanakan 16 D22 mm, pada desain awal digunakan dimensi 750 mm x 750 mm dengan tulangan 20 D25 mm.
- Kolom atap menggunakan dimensi 300 mm x 300 mm direncanakan 6 D22 mm, pada desain awal digunakan dimensi 300 mm x 300 mm dengan tulangan 6 D16 mm.
- Balok induk arah "X" menggunakan dimensi 400 mm x 700 mm dengan menggunakan tulangan:
 - Daerah tumpuan menggunakan tulangan 13 D22 mm, 8 D22 mm di daerah atas dan 5 D22 mm di daerah bawah.
 - Daerah lapangan menggunakan tulangan 6 D22 mm, 2 D22 mm di daerah atas dan 4 D22 mm di daerah bawah.
- Balok induk arah "Y" menggunakan dimensi 300 mm x 600 mm dengan menggunakan tulangan:
 - Daerah tumpuan menggunakan tulangan 7 D22 mm, 4 D22 mm di daerah atas dan 3 D22 mm di daerah bawah.
 - Daerah lapangan menggunakan tulangan 5 D22 mm, 2 D22 mm di daerah atas dan 3 D22 mm di daerah bawah.
- Balok anak menggunakan dimensi 250 mm x 500 mm dengan menggunakan tulangan:
 - Daerah tumpuan menggunakan tulangan 5 D19 mm, 3 D19 mm di daerah atas dan 2 D19 mm di daerah bawah.
 - Daerah lapangan menggunakan tulangan 6 D19 mm, 2 D19 mm di daerah atas dan 4 D19 mm di daerah bawah.
- Pelat lantai untuk lantai 2,4,5,6,7, dan dak, tulangan yang digunakan adalah tulangan rangkap, yaitu:
 - Daerah lapangan arah x menggunakan tulangan D10 – 200 mm

- b. Daerah tumpuan arah x menggunakan tulangan D10 – 200 mm
 - c. Daerah lapangan arah y menggunakan tulangan D10 – 200 mm
 - d. Daerah tumpuan arah y menggunakan tulangan D10–200 mm
 - e. Daerah tumpuan arah x menggunakan tulangan D10 – 150 mm
 - f. Daerah lapangan arah y menggunakan tulangan D10 – 200 mm
 - g. Daerah tumpuan arah y menggunakan tulangan D10 – 50 mm
7. Pelat untuk atap, tulangan yang digunakan adalah tulangan rangkap, yaitu:
- a. Daerah lapangan arah x menggunakan tulangan D10 – 200 mm
 - b. Daerah tumpuan arah x menggunakan tulangan D10 – 200 mm
 - c. Daerah lapangan arah y menggunakan tulangan D10 – 200 mm
 - d. Daerah tumpuan arah y menggunakan tulangan D10 – 200 mm

E. SARAN :

1. Dibutuhkan literatur dan sumber referensi yang mendukung dalam penulisan tugas akhir ini supaya mempermudah sistem analisis yang dilakukan.
2. Dalam merencanakan suatu bangunan harus diketahui fungsi/kegunaan bangunan tersebut, supaya dalam tahap perhitungan mampu mendekati kesempurnaan tanpa kegagalan struktur
3. Dalam perhitungan menggunakan program harus, selalu dipastikan bahwa data material, beban-beban yang bekerja dan faktor reduksi yang diinput kedalam program SAP 2000 v.15 3D harus disesuaikan dengan peraturan yang berlaku di Indonesia (SK-SNI).
4. Suatu struktur bangunan yang kokoh dan kuat memerlukan suatu perencanaan struktur yang baik dengan menggunakan peraturan- peraturan perencanaan secara tepat dan benar.
5. Pemodelan dan pembebanan sangat berpengaruh terhadap benar atau tidaknya hasil perhitungan yang akan diperoleh. Kesalahan pada kedua hal

tersebut mengakibatkan kesalahan pada dimensi akhir walaupun perhitungan yang telah dilakukan sudah benar.

6. Menguasai aplikasi atau program hitungan yang digunakan untuk memperlancar proses pengerjaan.

F. DAFTAR PUSTAKA

- Asroni, A. 2010. *Balok dan Pelat Beton Bertulang*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Asroni Ali. 1998. *Balok dan Pelat Beton Bertulang*. Jakarta: Erlangga
- Imran, Iswandi, *Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa*, Penerbit ITB, Bandung, 2010.
- Kusu, Gideon. 1993. *Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Manulang, Rio. 2010. *Buku Pintar Rencana Anggaran Biaya (RAB)*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- SNI 03-1726-2002. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung*. Badan Standardisasi Nasional
- SNI 03-1729-2002. *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung*. Departemen Pekerjaan Umum
- SNI 03-2847-2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. Badan Standardisasi Nasional
- SNI 1727-1989. *Tata Cara Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung*. Badan Standardisasi Nasional