

BAB IV

HASIL PENELITIAN & PEMBAHASAN

Perencanaan ulang struktur Gedung Kelurahan & Kecamatan Sukomanunggal Kota Surabaya ini hanya memperhitungkan struktur flat slab lantai 2 & lantai 3, pelat Lantai Atap serta Kolom utama.

4.1 Data Perencanaan

Data Perencanaan yang digunakan dalam perhitungan flat slab dan kolom utama Gedung Kelurahan & Kecamatan Sukomanunggal Kota Surabaya ini adalah sebagai berikut :

1. Data Umum Bangunan

Type Bangunan : Gedung Perkantoran
Letak Bangunan : Jauh dari pantai
Lokasi : Jl. Tanjungsari No. 11 Kota Surabaya
Jumlah Lantai : 3 Lantai
Panjang Bangunan : 30 meter
Lebar Bangunan : 20 meter
Tinggi Bangunan : 12 meter
Jarak Grid Kolom : sumbu x = 5 meter

Sumbu y = 4 meter

Mutu Beton : Flat Slab = K250 ($f^c = 20.75 \text{ Mpa}$)
Kolom = K250 ($f^c = 20.75 \text{ Mpa}$)

Mutu Baja : Tulangan Ulir = ($f_y = 410 \text{ Mpa}$)
Tulangan Polos = ($f_y = 240 \text{ Mpa}$)

2. Data Gambar

Data Gambar yang digunakan yaitu Gambar Eksisting Struktural Gedung yang dapat dilihat pada Lampiran 1.

3. Data Tanah

Data Gambar yang digunakan yaitu berupa Grafik *Static Cone Penetrometer* yang dapat dilihat pada Lampiran 2.

4.2 Pedoman yang Digunakan

1. SNI 1723-2013 tentang Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain
2. SNI 2847-2013 tentang Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung
3. SNI 1726-2012 tentang Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung

4.3 Preliminary Design

4.3.1 Desain Pelat

Digunakan untuk mencari dimensi rencana dari plat beton bertulang sesuai dengan SNI 03-2847-2013.

Direncanakan ulang grid struktur sumbu x adalah 5 m dan sumbu y adalah 4 m, sehingga bentang terpanjang 5 m. Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 9.5.3., tebal minimumnya harus memenuhi ketentuan Tabel 2.5 untuk pelat tanpa balok interior. Digunakan $F_y = 240$ Mpa, sehingga tebal minimum dicari:

$$\triangleright h_{min} = \frac{fn}{36} = \frac{5000}{36} = 138 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 9.5.3.2 point b, nilai h_{min} dengan drop panel tidak boleh kurang dari 100 mm, maka tebal pelat lantai yang digunakan sebesar 150 mm.

4.3.2 Desain Drop Panel

Pada struktur Flat Slab, Drop Panel berfungsi untuk mencegah geser pounds pada kolom. Desain drop panel harus memenuhi persyaratan pada SNI 03-2847-2013 pasal 13.2.5

1. Menjorok di bawah slab paling sedikit seperempat tebal slab di sebelahnya

$$h_{drop \text{ panel}} \geq \frac{1}{4} h_{pelat} \dots\dots\dots(2.9)$$

$$h_{drop \text{ panel}} \geq \frac{1}{4} \times 150 \text{ mm} = 37,5 \text{ mm} \approx 40 \text{ mm} \dots\dots\dots(2.9)$$

2. Menerus dalam setiap arah dari garis pusat tumpuan dengan jarak tidak kurang dari seperenam panjang bentang yang diukur dari pusat ke pusat tumpuan dalam arah tersebut.

- Arah sumbu x :

$$L_{\text{drop panel}} \geq 1/6 L_x \dots\dots\dots(2.10)$$

$$L_{\text{drop panel}} \geq 1/6 \times 5000 \text{ mm} = 833,33 \text{ mm} \approx 850 \text{ mm} \dots\dots(2.10)$$

- Arah sumbu y :

$$L_{\text{drop panel}} \geq 1/6 L_y \dots\dots\dots(2.11)$$

$$L_{\text{drop panel}} \geq 1/6 \times 4000 \text{ mm} = 666,67 \text{ mm} \approx 850 \text{ mm} \dots\dots(2.11)$$

Sehingga direncanakan drop panel : **sumbu x = 850 mm**
Sumbu y = 850 mm

3. Pada perhitungan tulangan pelat yang diperlukan, tebal penebalan panel setempat tidak boleh diambil lebih daripada seperempat jarak dari tepi panel setempat ke tepi kolom atau kepala kolom.

$$h_{\text{drop panel}} \leq 1/4 S_e \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana S_e adalah jarak tepi kolom ekivalen ke tepi drop panel. Dimensi desain kolom direncanakan berdimensi 500x500 mm dengan Lebar drop panel 850 mm. Sehingga :
 $S_e = 850 - (0,5 \times 500) = 650 \text{ mm}$, maka :

$$h_{\text{drop panel}} \leq 1/4 \times 650 \text{ mm} = 162,5 \text{ mm} \dots\dots\dots(2.12)$$

direncanakan tebal drop panel pada semua lantai adalah **150 mm**.

4.3.3 Desain Kolom

Dimensi kolom sangat berpengaruh terhadap beban yang diterima, sehingga semakin berat beban yang diterima semakin besar pula dimensi kolom yang dibutuhkan.

4.3.3.1 Pembebanan Kolom

a. Beban mati

1) Lantai 2 & lantai 3

• Berat sendiri plat	= $5 \times 4 \times 24 \times 0,15$	= 72	kN/m ²
• Drop panel	= $1,7 \times 1,7 \times 24 \times 0,15$	= 10,4	kN/m ²
• Keramik	= $5 \times 4 \times 0,24 \times 0,01$	= 0,05	kN/m ²
• Spesi	= $5 \times 4 \times 0,21 \times 0,02$	= 0,08	kN/m ²
• Penggantung + Plafond	= $5 \times 4 \times 0,18$	= 3,6	kN/m ²
• Sanitasi	= $5 \times 4 \times 0,2$	= 4	kN/m ²
• Plumbing	= $5 \times 4 \times 0,1$	= 2	kN/m ²
• Partisi	= $5 \times 4 \times 0,4$	= 8	kN/m ²
• Dinding ½ bata	= $5 \times 4 \times 2,5$	= 50	kN/m ²
			+ _____
	DL	=150,13	kN/m ²
	Total DL x 2 Lantai	=300,26	kN/m ²

2) Lantai Atap

• Berat sendiri plat	$= 5 \times 4 \times 24 \times 0,15$	$= 72$	kN/m^2
• Drop panel	$= 1,7 \times 1,7 \times 24 \times 0,15$	$= 10,4$	kN/m^2
• Spesi	$= 5 \times 4 \times 0,21 \times 0,02$	$= 0,08$	kN/m^2
• Penggantung + Plafond	$= 5 \times 4 \times 0,18$	$= 3,6$	kN/m^2
• Sanitasi	$= 5 \times 4 \times 0,2$	$= 4$	kN/m^2
• Plumbing	$= 5 \times 4 \times 0,1$	$= 2$	kN/m^2
		<hr/>	
		DL2	$= 92,08 \text{ kN/m}^2$

$$\begin{aligned} \text{Total Beban Mati} &= \text{DL1} + \text{DL2} = 300,26 + 92,08 \\ &= 392,34 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

b. Beban Hidup

1) Lantai 2

• Pada Plat Lantai	$= 5 \times 4 \times 2,4$	$= 48$	kN/m^2
--------------------	---------------------------	--------	-----------------

2) Lantai 3

• Pada Plat Lantai	$= 5 \times 4 \times 4,79$	$= 95,8$	kN/m^2
--------------------	----------------------------	----------	-----------------

3) Lantai Atap

• Pada Plat Lantai	$= 5 \times 4 \times 2,4$	$= 48$	kN/m^2
--------------------	---------------------------	--------	-----------------

		<hr/>	
	LL	$= 191,8$	kN/m^2

4.3.3.2 Kombinasi Pembebanan

Digunakan kombinasi pembebanan sederhana pada SNI 2847_2013 Pasal 9.2 yaitu $1,2\text{DL} + 1,6\text{LL}$. Sehingga didapat nilai $P_u = 1,2\text{DL} + 1,6\text{LL}$

$$= (1,2 \times 392,34) + (1,6 \times 191,8)$$

$$= 470,808 + 306,880 = 777,688 \text{ kN}$$

4.3.3.3 Dimensi Kolom

Menurut SNI 03-2847-2013, komponen struktur dengan tulangan ikat ditentukan nilai $\phi = 0,7$. Namun agar kolom mampu menahan gaya momen dan gaya aksial, maka diambil nilai $\phi = 0,33$

$$A = \frac{Pu}{\phi f'c}$$

$$A = \frac{777,688}{0,33 \times 20750} = 0,114 \text{ m}^2$$

Penampang kolom berbentuk persegi, maka dimensi kolom =

$$\sqrt{A} = \sqrt{0,114} = 0,337 \text{ m} \approx 0,5 \text{ m}$$

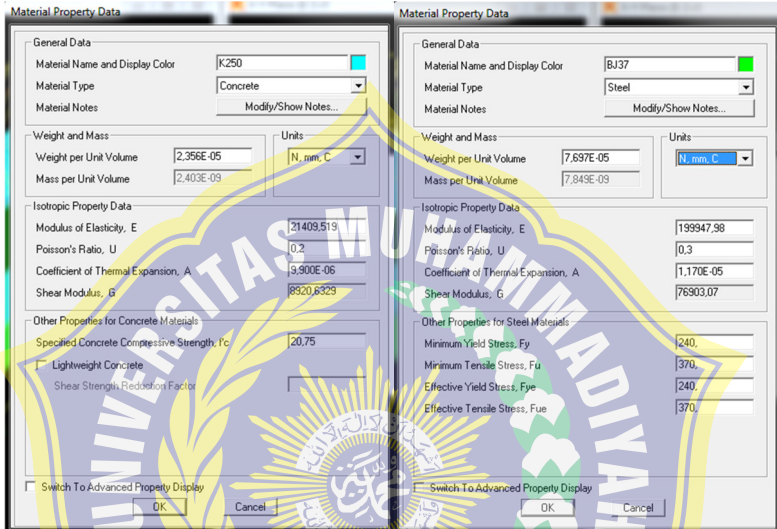
Jadi, dimensi rencana kolom adalah 50x50 cm

4.4 Permodelan Struktur SAP 2000

Urutan dalam tahapan permodelan dan analisa struktur adalah dimulai dengan melakukan permodelan 3D menggunakan program bantu SAP 2000 V.14.2.2., kemudian dilakukan memasukkan data material, data beban yang bekerja, melakukan permodelan struktur, dan terakhir adalah analisa struktur (running).

4.4.1 Input Material

Berikut adalah hasil input material yang akan digunakan dalam permodelan, diambil dari capture picture dari SAP 2000 V.14.2.2

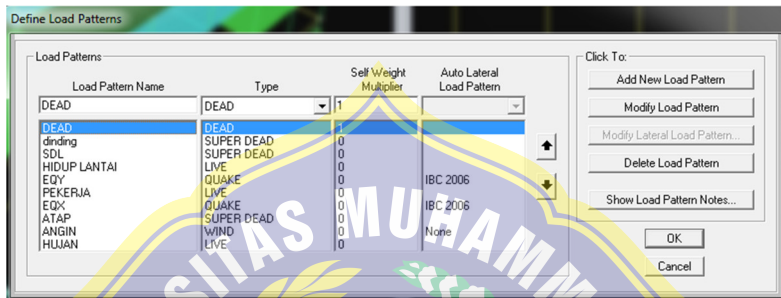


Gambar 1-1 Input Material Beton

Gambar 1-2 Input Material Baja

4.4.2 Input Desain Beban Rencana

Berikut adalah hasil input desain beban rencana yang akan digunakan dalam permodelan, diambil dari capture picture dari SAP 2000 V.14.2.2



Gambar 1-3 Input Desain Beban Rencana

4.4.3 Permodelan Struktur

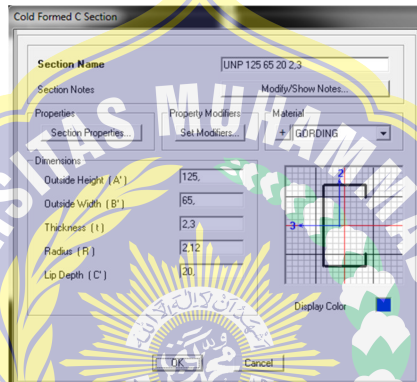
Berikut adalah hasil permodelan dari SAP 2000 berdasarkan Preliminary Design dan Input material serta Desain Beban Rencana yang telah dibuat sebelumnya. Permodelan Struktur dibagi menjadi 2 bagian yaitu Struktur Sekunder dan Struktur Primer.

Permodelan Struktur Sekunder terdiri dari Permodelan Struktur Rangka Atap. Direncanakan menggunakan rangka atap WF 200.100.5,5.8 dan Gording UNP 125.65.20.2,3. Sedangkan Permodelan

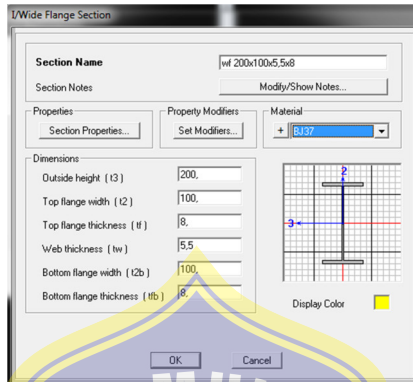
Struktur Primer yaitu terdiri dari permodelan Portal Sloof, Kolom, Pelat Beton, Balok Bordes dan Ring Balok Atap.

4.4.3.1 Struktur Sekunder

Berikut adalah input Frame Gording dan Rangka Atap WF serta Hasil Permodelan Rangka Atap Rencana.



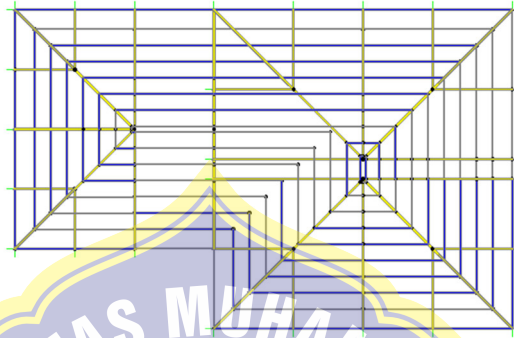
Gambar 1-4 Input Frame Gording



Gambar 1-5 Input Frame Rangka Atap WF



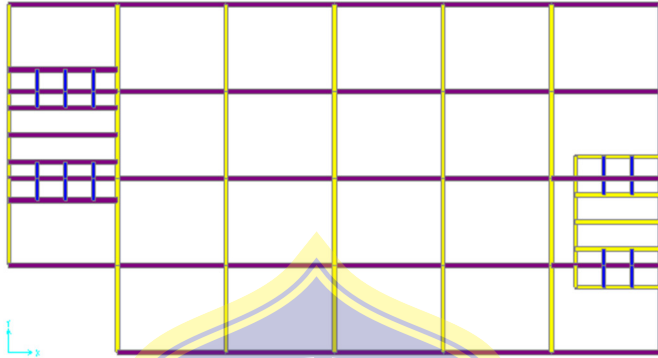
Gambar 1-6 View 3D Permodelan Atap



Gambar 1-7 View 3D XY Permodelan Atap

4.4.3.2 Struktur Primer

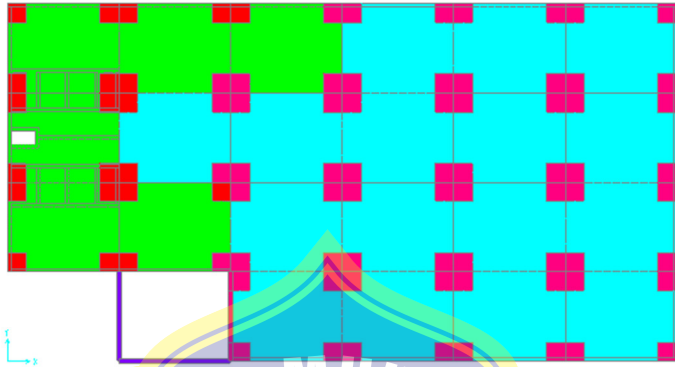
Berikut adalah Permodelan Frame Sloof, Kolom, Balok Bordes, Pelat beton dan Ring Balok Atap dan Permodelan Portal Struktur Primer.



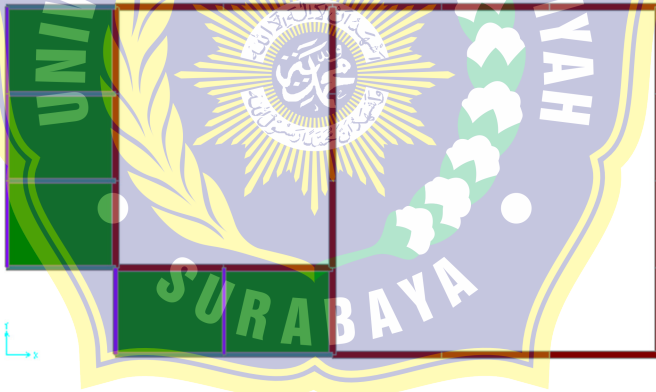
Gambar 1-8 View XY Permodelan Sloof



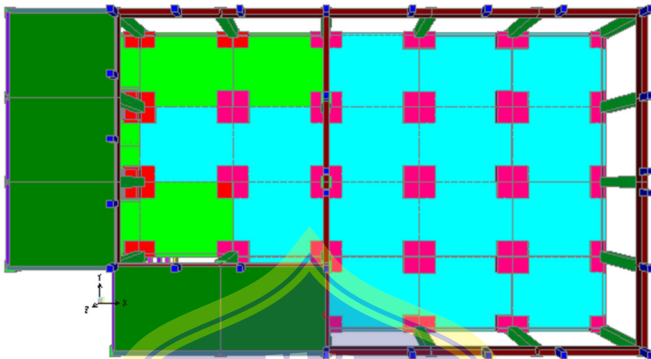
Gambar 1-9 View XY Permodelan Lantai 2



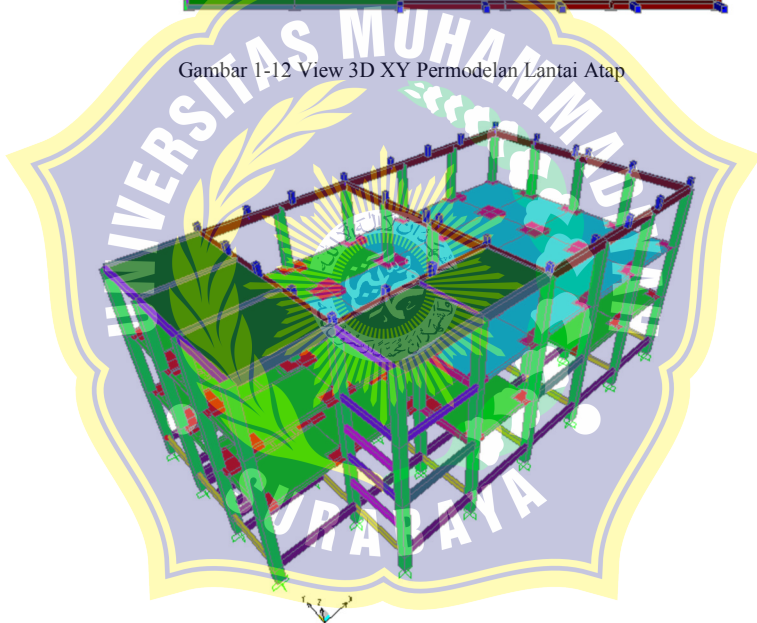
Gambar 1-10 View XY Permodelan Lantai 3



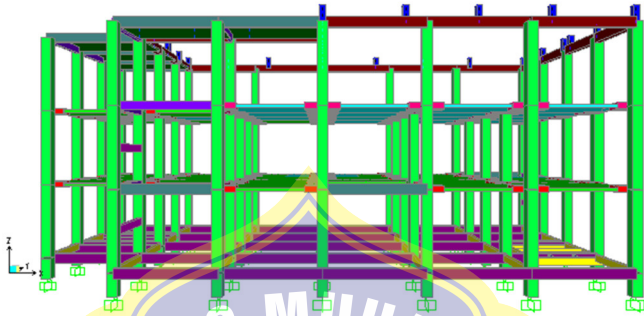
Gambar 1-11 View XY Permodelan Lantai Atap



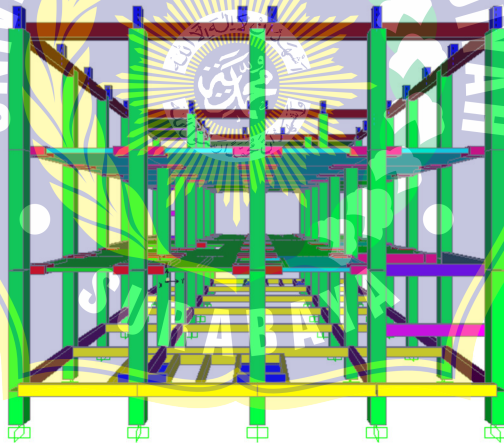
Gambar 1-12 View 3D XY Permodelan Lantai Atap



Gambar 1-13 View 3D Perspektif Portal



Gambar 1-14 View 3D XZ Portal



Gambar 1-15 View 3D YZ Portal

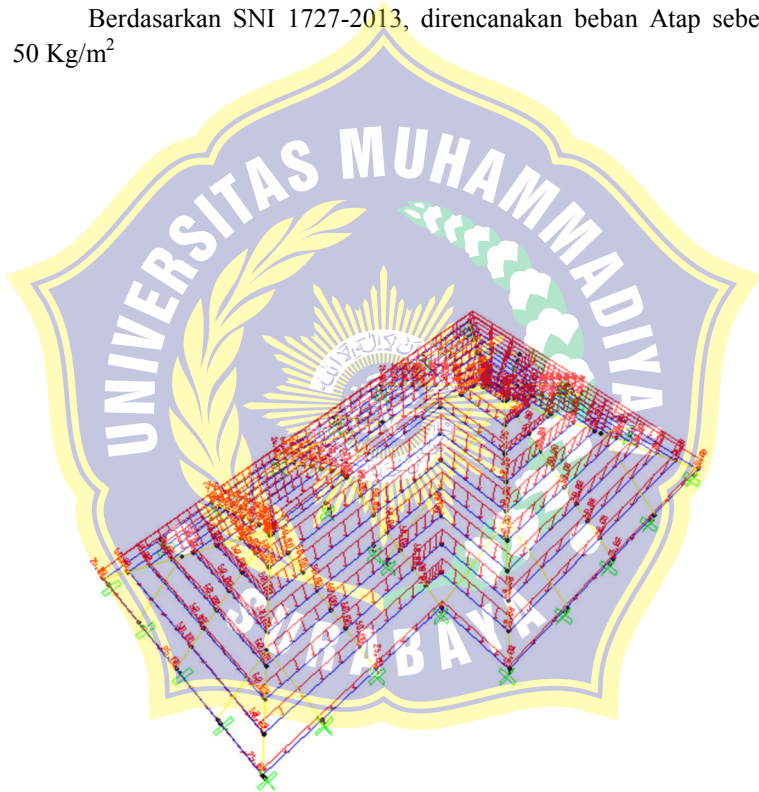
4.5 Analisa Pembebanan Struktur

Bangunan Gedung diperhitungkan untuk memikul beban-beban sebagai berikut :

4.5.1 Pembebanan Struktur Sekunder

4.5.1.1 Beban Atap

Berdasarkan SNI 1727-2013, direncanakan beban Atap sebesar 50 Kg/m^2



Gambar 1-16 Beban Atap

4.5.2 Pembebanan Struktur Primer

4.5.2.1 Beban Mati Tambahan (SDL)

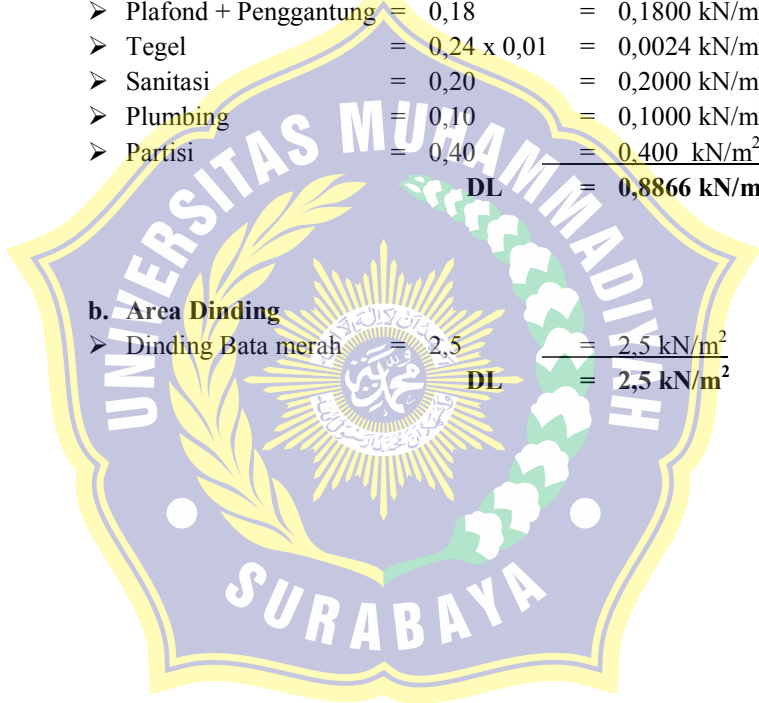
Berdasarkan SNI 1727-2013, beban mati dapat dihitung sebagai berikut :

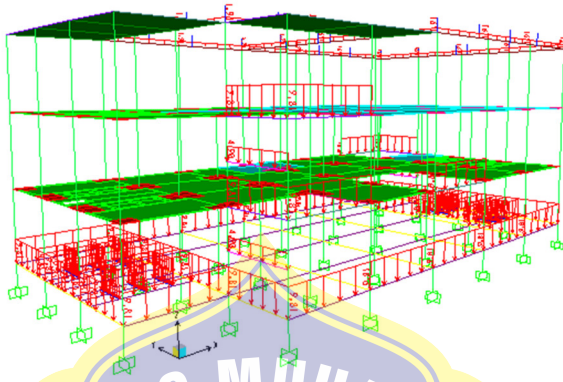
a. Area Plat Beton

➤ Spesi semen, (t=2 cm)	= 0,02 x 0,21	= 0,0042 kN/m ²
➤ Plafond + Penggantung	= 0,18	= 0,1800 kN/m ²
➤ Tegel	= 0,24 x 0,01	= 0,0024 kN/m ²
➤ Sanitasi	= 0,20	= 0,2000 kN/m ²
➤ Plumbing	= 0,10	= 0,1000 kN/m ²
➤ Partisi	= 0,40	= 0,400 kN/m ²
	DL	= 0,8866 kN/m²

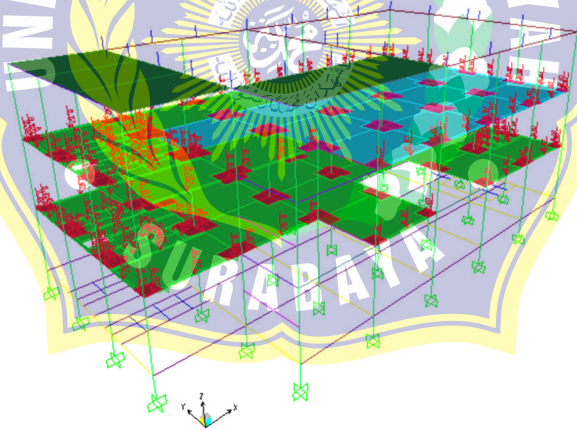
b. Area Dinding

➤ Dinding Bata merah	= 2,5	= 2,5 kN/m ²
	DL	= 2,5 kN/m²

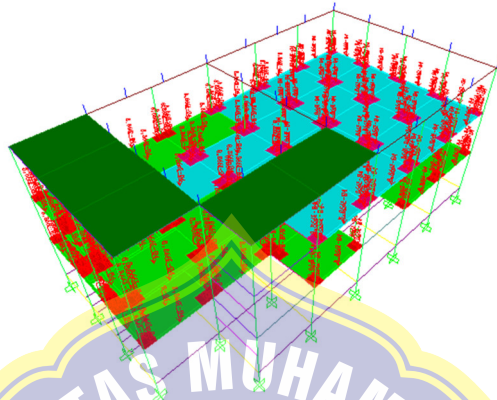




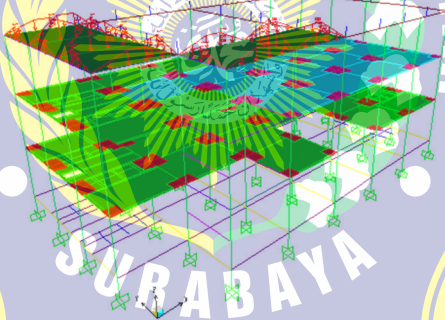
Gambar 1-17 Beban Dinding Sloof, Balok dan Ring Balok



Gambar 1-18 Beban Dinding Flat Slab



Gambar 1-19 SDL Flat Slab Lt.2 &3



Gambar 1-20 SDL Lantai atap

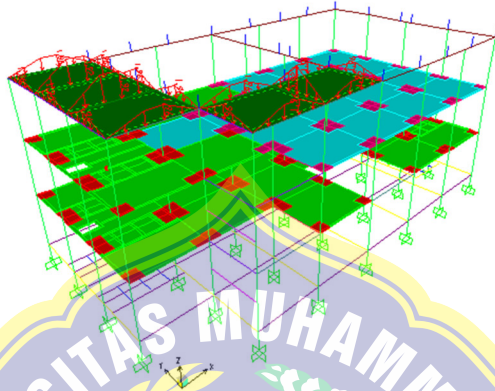
4.5.2.2 Beban Hidup

Berdasarkan SNI 1727-2013, beban hidup dapat dihitung sebagai berikut :

- Gedung Perkantoran = 2,4000 kN/m²
- R. Pertemuan (kursi dapat dipindahkan) = 4,7900 kN/m²
- Pekerja di Lantai Atap = 1,0000 kN/m²



Gambar 1-21 Beban Hidup Lantai



1. Pekerja Konstruksi di lantai Atap

Gambar 1-22 Beban Hidup Pekerja Lt. Atap

4.5.2.3 Beban Gempa

Dalam penelitian ini, gedung dikategorikan struktur gedung beraturan sehingga beban gempa ditinjau dengan metode analisa beban gempa statik ekuivalen berdasarkan SNI 1726-2012 dan Puskim

1. Denah dan Konfigurasi Struktur

Dalam penelitian ini direncanakan ulang grid struktur sumbu.x per 5 m dengan ketinggian tiap lantai 4 m, dan sumbu.y per 4 m.

2. Menetapkan Kategori Risiko Bangunan

Untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan non gedung sesuai tabel 4.1 pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan I_e menurut tabel 4.2

Tabel 1.1 Kategori Risiko Bangunan

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I, III, IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Rasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	II
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo 	III
<p>Gedung dan non gedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi 	III
<p>Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat - Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.</p>	IV

Sumber : SNI 1726-2012 (Pasal 4.1.2)

Berdasarkan Tabel 4.1 di atas, Jenis pemanfaatan gedung ini adalah sebagai Gedung Perkantoran, sehingga termasuk dalam **kategori risiko II**.

3. Menentukan Faktor Keutamaan Gempa, I_e

Tabel 1.2 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

Sumber : SNI 1726-2012 (Pasal 4.1.2)

Berdasarkan tabel 4.1, Gedung ini termasuk dalam kategori risiko II, sehingga dengan melihat tabel 4.2 di atas, didapatkan **Faktor Keutamaan Gempa, $I_e = 1$**

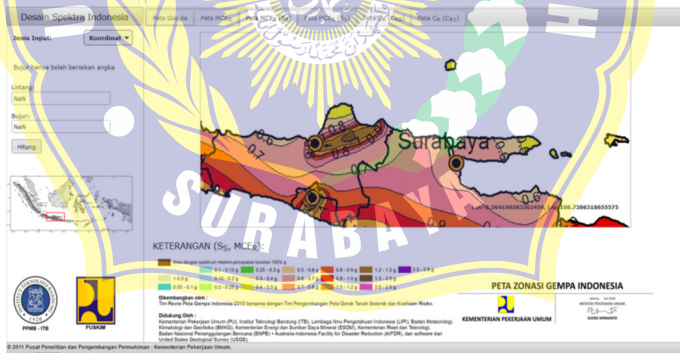
4. Menentukan Parameter Percepatan Gempa (S_s , S_1)

1. Parameter Percepatan Terpetakan

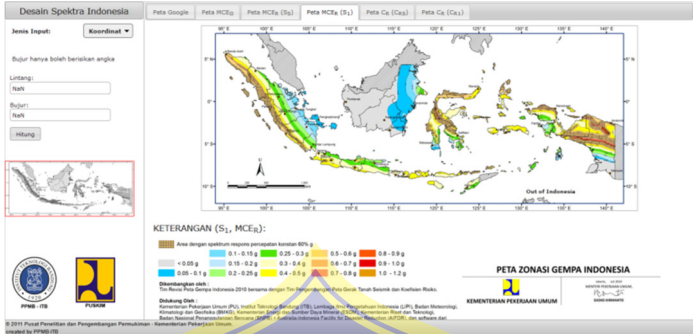
Parameter S_s (Percepatan batuan dasar pada periode pendek) dan S_1 (percepatan batuan dasar pada perioda 1 detik) harus ditetapkan masing-masing dari respons spektral percepatan 0,2 detik dan 1 detik dalam peta gerak tanah seismik dengan kemungkinan 2 persen terlampaui dalam 50 tahun (MCE_R , 2 persen dalam 50 tahun), dan dinyatakan dalam bilangan desimal terhadap percepatan gravitasi.

Dalam penelitian ini, Nilai Parameter S_s dan S_1 di dapat dari website

www.puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011

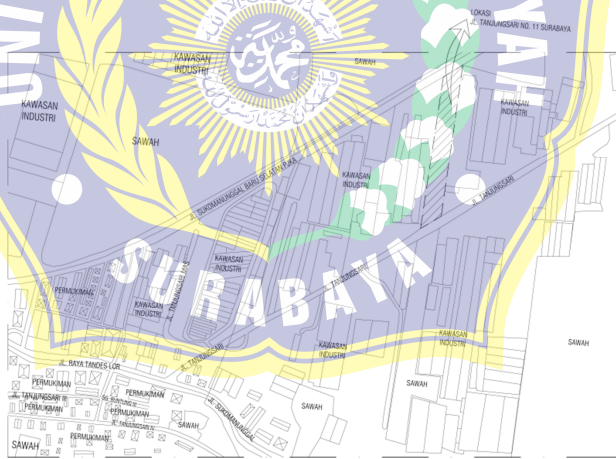


Gambar 1-23 Peta MCE_R (S_s)



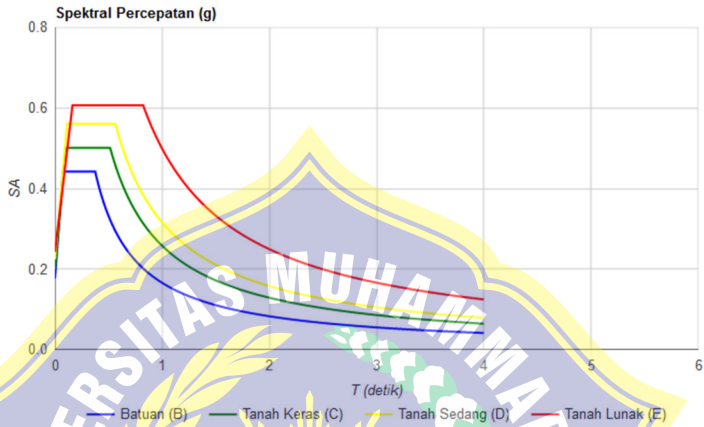
Gambar 1-24 Peta MCE_R (S₁)

Untuk mendapatkan Nilai Parameter S_s dan S_1 dengan cara memasukkan nilai koordinat lokasi dimana bangunan tersebut akan dibangun. Lokasi penelitian ini adalah di Jl. Tanjungsari No. 11 Surabaya. Dengan titik koordinat -7.257229 , 112.697367 .



Gambar 1-25 Peta Lokasi

Setelah memasukkan nilai koordinat tersebut, di dapatkan grafik spektral percepatan dan Nilai Desain Spektral



Gambar 1-26 Grafik Spektral Percepatan (g)

Tabel 1.3 Ouput Spektral (Batuan)

Variabel	Nilai
PGA (g)	0.325
SS (g)	0.663
S1 (g)	0.249
CRS	0.993
CR1	0.931
FPGA	1.000
FA	1.000
FV	1.000
PSA (g)	0.325
SMS (g)	0.663
SM1 (g)	0.249
SDS (g)	0.442
SD1 (g)	0.166
T0 (detik)	0.075
TS (detik)	0.376

Tabel 1.4 Ouput Spektral (Tanah Keras)

PGA (g)	0.325
SS (g)	0.663
S1 (g)	0.249
CRS	0.993
CR1	0.931
FPGA	1.075
FA	1.135
FV	1.551
PSA (g)	0.349
SMS (g)	0.752
SM1 (g)	0.386
SDS (g)	0.501
SD1 (g)	0.258
T0 (detik)	0.103
TS (detik)	0.514

Tabel 1.5 Ouput Spektral (Tanah Sedang) Tabel 1.6 Ouput Spektral (Tanah Lunak)

PGA (g)	0.325
SS (g)	0.663
S1 (g)	0.249
CRS	0.993
CR1	0.931
FPGA	1.175
FA	1.270
FV	1.902
PSA (g)	0.382
SMS (g)	0.841
SM1 (g)	0.474
SDS (g)	0.561
SD1 (g)	0.316
T0 (detik)	0.113
TS (detik)	0.563

PGA (g)	0.325
SS (g)	0.663
S1 (g)	0.249
CRS	0.993
CR1	0.931
FPGA	1.125
FA	1.375
FV	3.003
PSA (g)	0.366
SMS (g)	0.911
SM1 (g)	0.748
SDS (g)	0.607
SD1 (g)	0.499
T0 (detik)	0.164
TS (detik)	0.821

5. Menentukan Kelas Situs (SA-SF)

Profil tanah untuk suatu situs, harus diklasifikasikan sesuai dengan tabel 3 pada SNI 1726-2012 pasal 5.3, berdasarkan profil tanah lapisan 30 m paling atas.

Dari hasil sondir yang ada dapat dikonversi menjadi nilai SPT atau Standard Penetration Test dengan angka korelasi dari analisis *Terzaghi dan Peek* yaitu :

Rata-rata nilai dari hasil penelitian didapat suatu angka korelasi ekivalen yaitu $q_c = 4,1109 \text{ N}$ (Oleh *Terzaghi dan Peek*, $q_c = 4 \text{ N}$)

Hasil korelasi dapat dilihat di Lampiran 3. Dengan demikian, dapat dihitung nilai tahanan penetrasi standar lapangan rata-rata :

$$\bar{N} = \frac{30}{\Sigma \bar{N}} = 30 / 6,14 = 4,89$$

Tabel 1.7 Klasifikasi situs

Kelas situs	\bar{V}_s (m/detik)	\bar{N} atau \bar{N}_{60}	\bar{s}_u (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100

Tabel 3 Klasifikasi situs (lanjutan)

Kelas situs	\bar{V}_s (m/detik)	\bar{N} atau \bar{N}_{60}	\bar{s}_u (kPa)
SE (tanah lunak)	< 175	< 15	< 50
SF (tanah khusus yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 6.10.1)	<p>Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40\%$, 3. Kuat geser nirair, $c_u < 25$ kPa <p>Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan Indeks Plastisitas $PI > 75$) - Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $\bar{s}_u < 50$ kPa 		

CATATAN: N/A = tidak dapat dipakai
 Sumber : SNI 1726-2012 (Pasal 5.3)

Berdasarkan tabel di atas, didapat nilai $\bar{N} = 4,89$. Maka jenis tanah adalah **tanah lunak** dengan kelas situs (SE)

6. Koefisien Situs dan Parameter Respon Spektral Percepatan (MCE_R)

Diketahui kelas situs lokasi adalah tanah lunak (SE).

Sehingga dari hasil output pada tabel 4.6, didapat nilai :

$$S_s = 0,663$$

$$S_1 = 0,249$$

Dimana :

S_s = Parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk periode pendek

S_1 = Parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk periode 1,0 detik

Untuk koefisien situs F_a dan F_v mengikuti Tabel 4.8 dan Tabel 4.9.

Tabel 1.8 Koefisien situs, F_a

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, $T=0,2$ detik, S_s				
	$s_s \leq 0,25$	$s_s = 0,5$	$s_s = 0,75$	$s_s = 1,0$	$s_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS ^b				

CATATAN:

- (a) Untuk nilai-nilai antara S_s dapat dilakukan interpolasi linier
 (b) SS= Situs yang memerlukan Investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

Sumber : SNI 1726-2012 (Pasal 6.2)

Dari tabel di atas, nilai F_a didapat dengan melakukan interpolasi linier terlebih dahulu pada kelas situs SE :

$$F_a = 1,7 + \frac{(0,663-0,5)}{(0,75-0,5)} (1,2 \quad 1,7)$$

$$= 1,374 \text{ s}$$

Tabel 1.9 Koefisien situs, F_v

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan pada periode 1 detik, S_1				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,8	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF			SS ^b		

CATATAN :

- (a) Untuk nilai-nilai antara S_1 dapat dilakukan interpolasi linier
- (b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

Sumber : SNI 1726-2012 (Pasal 6.2)

Dari tabel di atas, nilai F_v didapat dengan melakukan interpolasi linier terlebih dahulu pada kelas situs SE :

$$F_v = 3,2 + \frac{(0,249-0,2)}{(0,3-0,2)} (2,8 \quad 3,2)$$

$$= 3,004 \text{ s}$$

Sehingga, berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 6.2, nilai :

$$S_{MS} = F_a \times S_s = 1,374 \times 0,663 = 0,91$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1 = 3,004 \times 0,249 = 0,75$$

7. Parameter Percepatan Respon Spektral Desain

$$S_{DS} = 2/3 S_{MS} = 2/3 \times 0,91 = 0,61$$

$$S_{D1} = 2/3 S_{M1} = 2/3 \times 0,75 = 0,5$$

8. Menentukan Spektrum Respon Desain

Dari hasil output pada tabel 4.6, didapat nilai :

$$T_0 = 0,164 \text{ s}$$

$$T_s = 0,821 \text{ s}$$

9. Menentukan Kategori Desain Seismik

Dalam SNI 1726-2012 pasal 6.5, untuk menentukan kategori desain seismik dapat dilihat dengan menggunakan tabel 4.10 dan 4.11 di bawah ini :

Tabel 1.10 Kategori Desain Seismik berdasarkan S_{DS}

Nilai S_{DS}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Sumber : SNI 1726-2012 (Pasal 6.5)

Dengan demikian, kategori desain seismik berdasarkan S_{DS} adalah **D**

Tabel 1.11 Kategori Desain Seismik berdasarkan S_{D1}

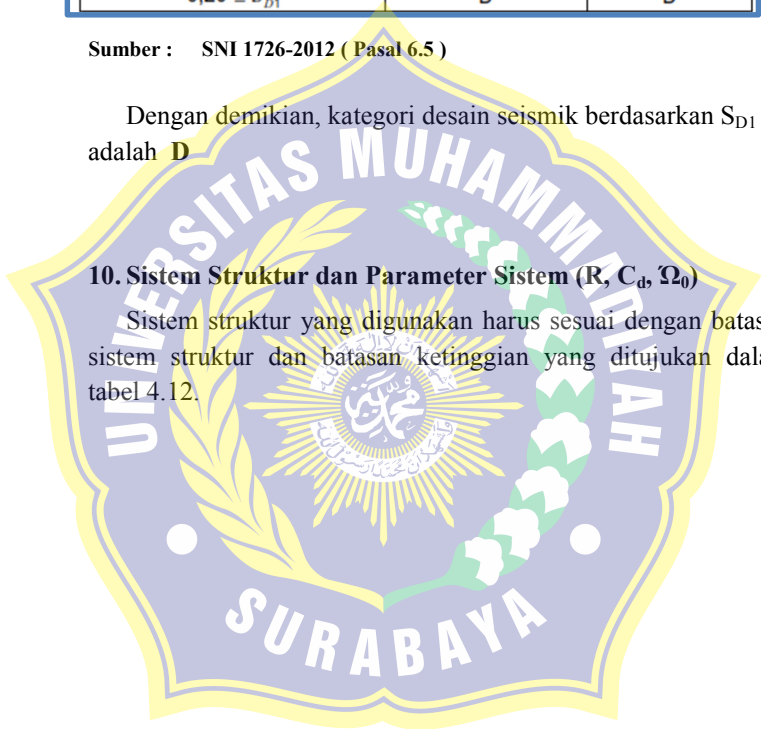
Nilai S_{D1}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,167$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

Sumber : SNI 1726-2012 (Pasal 6.5)

Dengan demikian, kategori desain seismik berdasarkan S_{D1} adalah **D**

10. Sistem Struktur dan Parameter Sistem (R, C_d, Ω_0)

Sistem struktur yang digunakan harus sesuai dengan batasan sistem struktur dan batasan ketinggian yang ditunjukkan dalam tabel 4.12.



Tabel 1.12 Faktor R, C_d , Ω_d

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat-lebih sistem, Ω_0^k	Faktor pembesaran defleksi, C_d^b	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_s (m) ^c				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^d	E ^d	F ^e
24. Dinding rangka ringan dengan panel geser dari semua material lainnya	2½	2½	2½	TB	TB	10	TB	TB
25. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2½	5	TB	TB	48	48	30
26. Dinding geser pelat baja khusus	7	2	6	TB	TB	48	48	30
C. Sistem rangka pemikul momen								
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5½	TB	TB	48	30	TI
3. Rangka baja pemikul momen menengah	4½	3	4	TB	TB	10 ^f	TI ^g	TI ^h
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3½	3	3	TB	TB	TI ⁱ	TI ^j	TI ^k
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI
8. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
9. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
10. Rangka baja dan beton komposit terkekang persial pemikul momen	6	3	5½	48	48	30	TI	TI
11. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI
12. Rangka baja tetanai dingin pemikul momen khusus dengan pembuatan	3½	3 ^l	3½	10	10	10	10	10

Sumber : SNI 1726-2012 (Pasal 7.2.2)

Berdasarkan kategori Desain Seismik D, maka didapat :

$$R = 8$$

$$\Omega_d = 3$$

$$C_d = 5,5$$

IBC 2006 Seismic Load Pattern

Load Direction and Diaphragm Eccentricity <input checked="" type="radio"/> Global X Direction <input type="radio"/> Global Y Direction Ecc. Ratio (All Diaph.) <input type="text" value="0.05"/> Override Diaph. Eccen. <input type="button" value="Override..."/>		Seismic Coefficients <input type="radio"/> Ss and S1 from USGS - by Lat./Long. <input type="radio"/> Ss and S1 from USGS - by Zip Code <input checked="" type="radio"/> Ss and S1 User Specified Site Latitude (degrees) <input type="text" value="?"/> Site Longitude (degrees) <input type="text" value="?"/> Site Zip Code (5-Digits) <input type="text" value="?"/> 0.2 Sec Spectral Accel, Ss <input type="text" value="0.663"/> 1 Sec Spectral Accel, S1 <input type="text" value="0.249"/> Long-Period Transition Period <input type="text" value="8"/>	
Time Period <input type="radio"/> Approx. Period $C_t (H), x =$ <input type="text"/> <input checked="" type="radio"/> Program Calc $C_t (H), x =$ <input type="text" value="0.028; 0.8"/> <input type="radio"/> User Defined $T =$ <input type="text"/>		Lateral Load Elevation Range <input checked="" type="radio"/> Program Calculated <input type="radio"/> User Specified <input type="button" value="Reset Defaults"/> Max Z <input type="text"/> Min Z <input type="text"/>	
Factors Response Modification, R <input type="text" value="8"/> System Overstrength, Omega <input type="text" value="3"/> Deflection Amplification, Cd <input type="text" value="5.5"/> Occupancy Importance, I <input type="text" value="1"/>		Site Class <input type="text" value="E"/> Site Coefficient, Fa <input type="text" value="1.374"/> Site Coefficient, Fv <input type="text" value="3.004"/> Calculated Coefficients $SDS = (2/3) * Fa * Ss$ <input type="text" value="0.6073"/> $SD1 = (2/3) * Fv * S1$ <input type="text" value="0.4987"/> <input type="button" value="Update Data"/>	
		<input type="button" value="OK"/> <input type="button" value="Cancel"/>	

Gambar 1-27 Input Desain beban Gempa X automatic

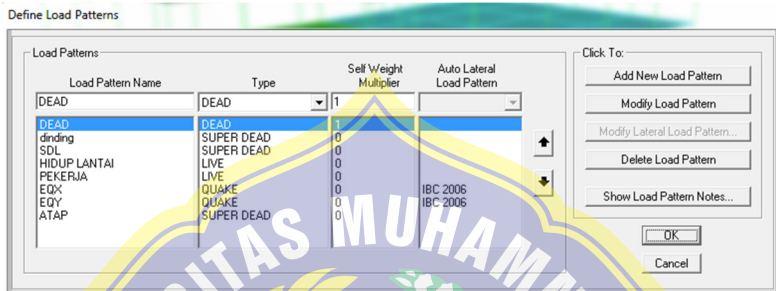
IBC 2006 Seismic Load Pattern

Load Direction and Diaphragm Eccentricity <input type="radio"/> Global X Direction <input checked="" type="radio"/> Global Y Direction Ecc. Ratio (All Diaph.) <input type="text" value="0.05"/> Override Diaph. Eccen. <input type="button" value="Override..."/>		Seismic Coefficients <input type="radio"/> Ss and S1 from USGS - by Lat./Long. <input type="radio"/> Ss and S1 from USGS - by Zip Code <input checked="" type="radio"/> Ss and S1 User Specified Site Latitude (degrees) <input type="text" value="?"/> Site Longitude (degrees) <input type="text" value="?"/> Site Zip Code (5-Digits) <input type="text" value="?"/> 0.2 Sec Spectral Accel, Ss <input type="text" value="0.663"/> 1 Sec Spectral Accel, S1 <input type="text" value="0.249"/> Long-Period Transition Period <input type="text" value="8"/>	
Time Period <input type="radio"/> Approx. Period $C_t (H), x =$ <input type="text"/> <input checked="" type="radio"/> Program Calc $C_t (H), x =$ <input type="text" value="0.028; 0.8"/> <input type="radio"/> User Defined $T =$ <input type="text"/>		Lateral Load Elevation Range <input checked="" type="radio"/> Program Calculated <input type="radio"/> User Specified <input type="button" value="Reset Defaults"/> Max Z <input type="text"/> Min Z <input type="text"/>	
Factors Response Modification, R <input type="text" value="8"/> System Overstrength, Omega <input type="text" value="3"/> Deflection Amplification, Cd <input type="text" value="5.5"/> Occupancy Importance, I <input type="text" value="1"/>		Site Class <input type="text" value="E"/> Site Coefficient, Fa <input type="text" value="1.374"/> Site Coefficient, Fv <input type="text" value="3.004"/> Calculated Coefficients $SDS = (2/3) * Fa * Ss$ <input type="text" value="0.6073"/> $SD1 = (2/3) * Fv * S1$ <input type="text" value="0.4987"/> <input type="button" value="Update Data"/>	
		<input type="button" value="OK"/> <input type="button" value="Cancel"/>	

Gambar 1-28 Input Desain beban Gempa Y automatic

4.6 Kombinasi Pembebanan pada SAP 2000

Berikut input Pembebanan yang digunakan dalam penelitian ini :

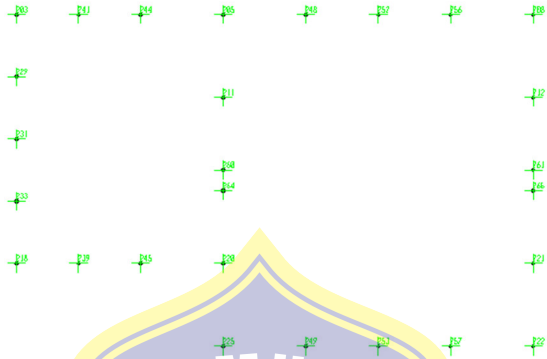


Gambar 1-29 Input Desain Kombinasi Pembebanan

4.7 Analisa Struktur Sekunder

Dari permodelan Struktur Sekunder yang telah dibuat sebelumnya, serta penginputan kombinasi beban pada SAP 2000, maka didapat output Joint Reaction, yang selanjutnya diinput ke Pembebanan Kolom Pedestal pada struktur Primer.

Hasil rekapitulasi Joint Reactions dapat dilihat pada Lampiran 4.



Gambar 1-30 Titik *Joint Reactions* Atap



Gambar 1-31 *Input Joint Reaction* Atap

4.8 Analisa Struktur Primer

4.8.1 Perencanaan Flat SLab

Dari analisa struktur menggunakan SAP 2000, diperoleh gaya-gaya yang terjadi pada pelat akibat beban rencana. Gaya-gaya tersebut meliputi momen dan geser. Pada setiap lantai diperhitungkan gaya-gaya yang terjadi pada Lajur Kolom dan Lajur Tengah baik terhadap sumbu x maupun sumbu y.

Berikut data-data Perencanaan Flat Slab :

1. Mutu Beton ($f'c$) = 20,75 Mpa
2. Mutu Baja Tulangan (f_y) = 240 Mpa
3. Tebal Flat Slab = 150 mm
4. Selimut Beton = 30 mm

4.8.1.1 Perencanaan Tulangan Flat Slab

Pada perencanaan tulangan lentur flat slab, diambil nilai terbesar pada lajur kolom maupun lajur tengah. Untuk arah x, momen yang digunakan adalah M11. Sedangkan untuk arah y, momen yang digunakan adalah M22.

1. Flat Slab Lantai 2

Dari hasil output permodelan Lantai 2, didapatkan nilai momen rencana yang dapat dilihat pada tabel 4.13

Tabel 1.13 Momen Rencana Lantai 2

	M11 (Nmm)	M22 (Nmm)
Lajur Kolom	195883,24	305975,14
Lajur Tengah	202394,52	151669,98

Sumber : Output Permodelan Flat Slab SAP 2000

Menurut SNI 03-2847-2013 pasal 10.2.7.3, $f'c$ antara 17 Mpa dan 28 Mpa, β_1 diambil sebesar 0,85.

- Rasio Tulangan dalam keadaan berimbang :

$$\begin{aligned}\rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 f'c}{f_y} \times \beta_1 \times \left(\frac{600}{600+f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 20,75}{240} \times 0,85 \times \left(\frac{600}{600+240} \right) \\ &= 0,045\end{aligned}$$

- Rasio Tulangan Minimum :

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{240} = 0,0058$$

- Rasio tulangan Maksimum :

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \times \rho_{\text{balance}} = 0,75 \times 0,045 = 0,0335$$

- Perbandingan Tegangan :

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'c} = \frac{240}{0,85 \times 20,75} = 13,607$$

a. Tulangan Arah X lajur Kolom

1) Data Perencanaan Tulangan :

- M_u = 195883,24 Nmm
- Tebal Plat = 150 mm
- T. Selimut Beton = 30 mm
- Diameter Tulangan = Ø8 mm

- Mutu Baja = 240 Mpa
- Mutu Beton = 20,75 Mpa
- $dx = h \text{ pelat} - \text{selimut beton} - \frac{1}{2} \text{ tul.pokok}$
 $= 150 - 30 - (1/2 \times 8)$
 $= 116 \text{ mm}$
- $dx' = h \text{ pelat} - dx$
 $= 150 - 116$
 $= 34 \text{ mm}$
- $R_n = \frac{Mu}{\phi b dx^2} = \frac{195883,24}{0,9 \times 1000 \times 116^2}$
 $= 0,025 \text{ N/mm}^2$

- $\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2xmxRn}{Fy}} \right]$
 $= \frac{1}{13,607} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,607 \times 0,025}{240}} \right]$
 $= 0,00011$

2) Rekapitulasi Rasio Tulangan :

- $\rho \text{ min} = 0,0058$
- $\rho \text{ max} = 0,0335$
- $\rho \text{ perlu} = 0,00011$

Jika :

- $\rho \text{ perlu} < \rho \text{ min}$: dipakai $\rho \text{ min}$
- $\rho \text{ min} < \rho \text{ perlu} < \rho \text{ max}$: dipakai $\rho \text{ perlu}$

maka, Rasio Tulangan yang dipakai :

$$\rho \text{ min} = 0,0058$$

3) Jumlah Luas Tulangan :

$$\begin{aligned} \bullet A_{s_{perlu}} &= \rho \times b \times d_x \\ &= 0,0058 \times 1000 \times 116 \\ &= 672,8 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet n \text{ tulangan} &= \frac{A_{s_{perlu}}}{\frac{1}{4} \pi s^2} \\ &= \frac{672,8}{\frac{1}{4} \pi 8^2} \\ &= 13,38 \approx 14 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\bullet S_{\max} = 2 \times h_{\text{plat}} = 300 \text{ mm}$$

$$\bullet S_{\text{pakai}} = \frac{1000}{14} = 71,4 \text{ mm} \approx 70 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \bullet A_{s_{pakai}} &= \frac{b}{S_{\text{pakai}}} (1/4 \cdot \pi \cdot \phi^2) \\ &= \frac{1000}{70} (1/4 \times 22/7 \times 8^2) \\ &= 718,34 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

• Kontrol Luas Tulangan :

$$A_{s_{pakai}} > A_{s_{perlu}} \rightarrow 718,34 > 672,8 \text{ (OK)}$$

4) Dimensi dan Jarak Tulangan :

$$\begin{aligned} \bullet \text{ Dengan } A_{s_{pakai}} &= 718,34 \text{ mm}^2 \\ \text{ Dipakai tulangan atas} &= \text{Ø8-70 mm} \end{aligned}$$

$$\bullet \text{ Dengan } A_{s'_{pakai}} = 50\% \times A_{s_{pakai}} = 359,18 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan bawah = Ø8–140 mm

5) Kapasitas Pelat Lantai :

Kapasitas Pelat Lantai dapat dicari dengan persamaan berikut :

$$a = \frac{As \times fy}{0,85 \times f'c \times b}$$

$$a = \frac{718,34 \times 240}{0,85 \times 20,75 \times 1000} = 9,77$$

$$\phi Mn = 0,9 \times As \times fy \times (d - a/2)$$

$$\phi Mn = 0,9 \times 718,34 \times 240 \times (116 - 9,77/2)$$

$$= 17240763,41 \text{ Nmm}$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2013, Kapasitas momen dapat dicek menggunakan persamaan berikut :

$$\phi Mn \geq Mu \dots\dots\dots(2.8)$$

$$17240763,41 \geq 195883,24 \text{ (OK)}$$

b. Tulangan Arah X lajur Tengah

1.) Data Perencanaan Tulangan :

- Mu = 202394,52 Nmm
- Tebal Plat = 150 mm
- T. Selimut Beton = 30 mm
- Diameter Tulangan = Ø8 mm
- Mutu Baja = 240 Mpa
- Mutu Beton = 20,75 Mpa

- $dx = h \text{ pelat} - \text{selimut beton} - \frac{1}{2} \text{ tul.pokok}$
 $= 150 - 30 - (1/2 \times 8)$
 $= 116 \text{ mm}$
- $dx' = h \text{ pelat} - dx$
 $= 150 - 116$
 $= 34 \text{ mm}$
- $R_n = \frac{Mu}{\phi b d x^2} = \frac{202394,52}{0,9 \times 1000 \times 116^2}$
 $= 0,017 \text{ N/mm}^2$

- $\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2x m x R_n}{F_y}} \right]$
 $= \frac{1}{13,607} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,607 \times 0,017}{240}} \right]$
 $= 0,00007$

2.) Rekapitulasi Rasio Tulangan :

- $\rho \text{ min} = 0,0058$
- $\rho \text{ max} = 0,0335$
- $\rho \text{ perlu} = 0,00007$

Jika :

- $\rho \text{ perlu} < \rho \text{ min}$: dipakai $\rho \text{ min}$
- $\rho \text{ min} < \rho \text{ perlu} < \rho \text{ max}$: dipakai $\rho \text{ perlu}$

maka, Rasio Tulangan yang dipakai :

$$\rho \text{ min} = 0,0058$$

3.) Jumlah Luas Tulangan :

$$\begin{aligned} \bullet A_{S_{perlu}} &= \rho \times b \times d_x \\ &= 0,0058 \times 1000 \times 116 \\ &= 672,8 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet n \text{ tulangan} &= \frac{A_{S_{perlu}}}{\frac{1}{4} \pi s^2} \\ &= \frac{672,8}{\frac{1}{4} \pi 8^2} \\ &= 13,38 \approx 14 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\bullet S_{\max} = 2 \times h_{\text{plat}} = 300 \text{ mm}$$

$$\bullet S_{\text{pakai}} = \frac{1000}{14} = 71,4 \text{ mm} \approx 70 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \bullet A_{S_{\text{pakai}}} &= \frac{b}{S_{\text{pakai}}} (1/4 \cdot \pi \cdot \phi^2) \\ &= \frac{1000}{70} (1/4 \times 22/7 \times 8^2) \\ &= 718,34 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

• Kontrol Luas Tulangan :

$$A_{S_{\text{pakai}}} > A_{S_{\text{perlu}}} \rightarrow 718,34 > 672,8 \text{ (OK)}$$

4) Dimensi dan Jarak Tulangan :

$$\begin{aligned} \bullet \text{ Dengan } A_{S_{\text{pakai}}} &= 718,34 \text{ mm}^2 \\ \text{Dipakai tulangan atas} &= \text{Ø8-70 mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{ Dengan } A_{S'_{\text{pakai}}} = 50\% \times A_{S_{\text{pakai}}} &= 359,18 \text{ mm}^2 \\ \text{Dipakai tulangan bawah} &= \text{Ø8-140 mm} \end{aligned}$$

5) Kapasitas Pelat Lantai :

Kapasitas Pelat Lantai dapat dicari dengan persamaan berikut :

$$a = \frac{As \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b}$$

$$a = \frac{718,34 \times 240}{0,85 \times 20,75 \times 1000} = 9,77$$

$$\phi M_n = 0,9 \times As \times f_y \times (d - a/2)$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= 0,9 \times 718,34 \times 240 \times (116 - 9,77/2) \\ &= 17240763,41 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2013, Kapasitas momen dapat dicek menggunakan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} \phi M_n &\geq Mu \dots\dots\dots(2.8) \\ 17240763,41 &\geq 202394,52 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

c. Tulangan Arah Y lajur Kolom

1.) Data Perencanaan Tulangan :

- M_u = 305975,14 Nmm
- Tebal Plat = 150 mm
- T. Selimut Beton = 30 mm
- Diameter Tulangan = Ø8 mm
- Mutu Baja = 240 Mpa
- Mutu Beton = 20,75 Mpa

- $dx = h \text{ pelat} - \text{selimut beton} - \frac{1}{2} \text{ tul.pokok}$
 $= 150 - 30 - (1/2 \times 8)$
 $= 116 \text{ mm}$
- $dx' = h \text{ pelat} - dx$
 $= 150 - 116$
 $= 34 \text{ mm}$
- $R_n = \frac{Mu}{\phi b d x^2} = \frac{305975,14}{0,116^2}$
 $= 0,025 \text{ N/mm}^2$

- $\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2x m x R_n}{F_y}} \right]$
 $= \frac{1}{13,607} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,607 \times 0,025}{240}} \right]$
 $= 0,00011$

2.) Rekapitulasi Rasio Tulangan :

- $\rho \text{ min} = 0,0058$
- $\rho \text{ max} = 0,0335$
- $\rho \text{ perlu} = 0,00011$

Jika :

- $\rho \text{ perlu} < \rho \text{ min}$: dipakai $\rho \text{ min}$
- $\rho \text{ min} < \rho \text{ perlu} < \rho \text{ max}$: dipakai $\rho \text{ perlu}$

maka, Rasio Tulangan yang dipakai :

$$\rho \text{ min} = 0,0058$$

3.) Jumlah Luas Tulangan :

- $A_{S_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d_x$

$$= 0,0058 \times 1000 \times 116$$

$$= 672,8 \text{ mm}^2$$

- n tulangan = $\frac{A_{\text{perlu}}}{\frac{1}{4} \pi z^2}$
- = $\frac{672,8}{\frac{1}{4} \pi 8^2}$
- = 13,38 \approx 14 buah

- $S_{\text{max}} = 2 \times h_{\text{plat}} = 300 \text{ mm}$
- $S_{\text{pakai}} = \frac{1000}{14} = 71,4 \text{ mm} \approx 70 \text{ mm}$

- $A_{\text{pakai}} = \frac{b}{s_{\text{pakai}}} (1/4 \cdot \pi \cdot \phi^2)$
- = $\frac{1000}{70} (1/4 \times 22/7 \times 8^2)$
- = 718,34 mm²

- Kontrol Luas Tulangan :
 $A_{\text{pakai}} > A_{\text{perlu}} \rightarrow 718,34 > 672,8 \text{ (OK)}$

4.) Dimensi dan Jarak Tulangan :

- Dengan $A_{\text{pakai}} = 718,34 \text{ mm}^2$
 Dipakai tulangan atas = $\text{Ø}8-70 \text{ mm}$

- Dengan $A_{\text{pakai}}' = 50\% \times A_{\text{pakai}} = 359,18 \text{ mm}^2$
 Dipakai tulangan bawah = $\text{Ø}8-140 \text{ mm}$

5.) Kapasitas Pelat Lantai :

Kapasitas Pelat Lantai dapat dicari dengan persamaan berikut :

$$a = \frac{As \times fy}{0,85 \times f'c \times b}$$

$$a = \frac{718,34 \times 240}{0,85 \times 20,75 \times 1000} = 9,77$$

$$\phi Mn = 0,9 \times As \times fy \times (d - a/2)$$

$$\begin{aligned} \phi Mn &= 0,9 \times 718,34 \times 240 \times (116 - 9,77/2) \\ &= 17240763,41 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2013, Kapasitas momen dapat dicek menggunakan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} \phi Mn &\geq Mu \dots\dots\dots(2.8) \\ 17240763,41 &\geq 305975,14 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

d. Tulangan Arah Y lajur Tengah

1.) Data Perencanaan Tulangan :

- Mu = 151669,98 Nmm
- Tebal Plat = 150 mm
- T. Selimut Beton = 30 mm
- Diameter Tulangan = Ø8 mm
- Mutu Baja = 240 Mpa
- Mutu Beton = 20,75 Mpa

- $dx = h \text{ pelat} - \text{selimut beton} - \frac{1}{2} \text{ tul.pokok}$
 $= 150 - 30 - (1/2 \times 8)$
 $= 116 \text{ mm}$
- $dx' = h \text{ pelat} - dx$
 $= 150 - 116$
 $= 34 \text{ mm}$
- $R_n = \frac{Mu}{\phi b d x^2} = \frac{151669,98}{0,9 \times 1000 \times 116^2}$
 $= 0,013 \text{ N/mm}^2$

- $\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2x m x R_n}{F_y}} \right]$
 $= \frac{1}{13,607} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,607 \times 0,013}{240}} \right]$
 $= 0,00005$

2.) Rekapitulasi Rasio Tulangan :

- $\rho \text{ min} = 0,0058$
- $\rho \text{ max} = 0,0335$
- $\rho \text{ perlu} = 0,00005$

Jika :

- $\rho \text{ perlu} < \rho \text{ min}$: dipakai $\rho \text{ min}$
- $\rho \text{ min} < \rho \text{ perlu} < \rho \text{ max}$: dipakai $\rho \text{ perlu}$

maka, Rasio Tulangan yang dipakai :

$$\rho \text{ min} = 0,0058$$

3.) Jumlah Luas Tulangan :

- $A_{S_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d_x$

$$= 0,0058 \times 1000 \times 116$$

$$= 672,8 \text{ mm}^2$$

- n tulangan = $\frac{A_{\text{perlu}}}{\frac{1}{4} \pi z^2}$
- = $\frac{672,8}{\frac{1}{4} \pi 8^2}$
- = 13,38 \approx 14 buah

- $S_{\text{max}} = 2 \times h_{\text{plat}} = 300 \text{ mm}$

- $S_{\text{pakai}} = \frac{1000}{14} = 71,4 \text{ mm} \approx 70 \text{ mm}$

- $A_{\text{pakai}} = \frac{b}{s_{\text{pakai}}} (1/4 \cdot \pi \cdot \phi^2)$

$$= \frac{1000}{70} (1/4 \times 22/7 \times 8^2)$$

$$718,34 \text{ mm}^2$$

- Kontrol Luas Tulangan :

$$A_{\text{pakai}} > A_{\text{perlu}} \rightarrow 718,34 > 672,8 \text{ (OK)}$$

4.) Dimensi dan Jarak Tulangan :

- Dengan $A_{\text{pakai}} = 718,34 \text{ mm}^2$
Dipakai tulangan atas = $\text{Ø}8-70 \text{ mm}$

- Dengan $A_{\text{pakai}}' = 50\% \times A_{\text{pakai}} = 359,18 \text{ mm}^2$
Dipakai tulangan bawah = $\text{Ø}8-140 \text{ mm}$

5.) Kapasitas Pelat Lantai :

Kapasitas Pelat Lantai dapat dicari dengan persamaan berikut :

$$a = \frac{As \times fy}{0,85 \times f'c \times b}$$

$$a = \frac{718,34 \times 240}{0,85 \times 20,75 \times 1000} = 9,77$$

$$\phi Mn = 0,9 \times As \times fy \times (d - a/2)$$

$$\begin{aligned} \phi Mn &= 0,9 \times 718,34 \times 240 \times (116 - 9,77/2) \\ &= 17240763,41 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2013, Kapasitas momen dapat dicek menggunakan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} \phi Mn &\geq Mu \dots\dots\dots (2.8) \\ 17240763,41 &\geq 151669,98 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

2. Flat Slab Lantai 3

Dari hasil output permodelan Lantai 3 dan Lantai atap, didapatkan nilai momen rencana terbesar yang dapat dilihat pada tabel 4.14

Tabel 1.14 Momen Rencana Lantai 3

	M11 (Nmm)	M22 (Nmm)
Lajur Kolom	208937,46	252529,33
Lajur Tengah	166169,3	154109,05

Sumber : Output Permodelan Flat Slab SAP 2000

Menurut SNI 03-2847-2013 pasal 10.2.7.3, $f'c$ antara 17 Mpa dan 28 Mpa, β_1 diambil sebesar 0,85.

- Rasio Tulangan dalam keadaan berimbang :

$$\begin{aligned}\rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 f'c}{f_y} \times \beta_1 \times \left(\frac{600}{600+f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 20,75}{240} \times 0,85 \times \left(\frac{600}{600+240} \right) \\ &= 0,045\end{aligned}$$

- Rasio Tulangan Minimum :

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{240} = 0,0058$$

- Rasio tulangan Maksimum :

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \times \rho_{\text{balance}} = 0,75 \times 0,045 = 0,0335$$

- Perbandingan Tegangan :

$$m = \frac{f_y}{0,85 f'c} = \frac{240}{0,85 \times 20,75} = 13,607$$

a. Tulangan Arah X lajur Kolom

1.) Data Perencanaan Tulangan :

- M_u = 208937,46 Nmm
- Tebal Plat = 150 mm
- T. Selimut Beton = 30 mm
- Diameter Tulangan = Ø8 mm

- Mutu Baja = 240 Mpa
- Mutu Beton = 20,75 Mpa
- $dx = h \text{ pelat} - \text{selimut beton} - \frac{1}{2} \text{ tul.pokok}$
 $= 150 - 30 - (1/2 \times 8)$
 $= 116 \text{ mm}$
- $dx' = h \text{ pelat} - dx$
 $= 150 - 116$
 $= 34 \text{ mm}$
- $R_n = \frac{Mu}{\phi b dx^2} = \frac{208937,46}{0,9 \times 1000 \times 116^2}$
 $= 0,017 \text{ N/mm}^2$

- $\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2xmxRn}{Fy}} \right]$
 $= \frac{1}{13,607} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,607 \times 0,017}{240}} \right]$
 $= 0,00007$

2.) Rekapitulasi Rasio Tulangan :

- $\rho \text{ min} = 0,0058$
- $\rho \text{ max} = 0,0335$
- $\rho \text{ perlu} = 0,00007$

Jika :

- $\rho \text{ perlu} < \rho \text{ min}$: dipakai $\rho \text{ min}$
- $\rho \text{ min} < \rho \text{ perlu} < \rho \text{ max}$: dipakai $\rho \text{ perlu}$

maka, Rasio Tulangan yang dipakai :

$$\rho \text{ min} = 0,0058$$

3.) Jumlah Luas Tulangan :

- $A_{s_{perlu}} = \rho \times b \times d_x$
 $= 0,0058 \times 1000 \times 116$
 $= 672,8 \text{ mm}^2$

- n tulangan $= \frac{A_{s_{perlu}}}{\frac{1}{4} \pi s^2}$
 $= \frac{672,8}{\frac{1}{4} \pi 8^2}$
 $= 13,38 \approx 14 \text{ buah}$

- $S_{max} = 2 \times h_{plat} = 300 \text{ mm}$

- $S_{pakai} = \frac{1000}{14} = 71,4 \text{ mm} \approx 70 \text{ mm}$

- $A_{s_{pakai}} = \frac{b}{S_{pakai}} (1/4 \cdot \pi \cdot \phi^2)$
 $= \frac{1000}{70} (1/4 \times 22/7 \times 8^2)$
 $= 718,34 \text{ mm}^2$

- Kontrol Luas Tulangan :

$$A_{s_{pakai}} > A_{s_{perlu}} \rightarrow 718,34 > 672,8 \text{ (OK)}$$

4.) Dimensi dan Jarak Tulangan :

- Dengan $A_{s_{pakai}} = 718,34 \text{ mm}^2$
 Dipakai tulangan atas $= \text{Ø8-70 mm}$

- Dengan $A_{s'_{pakai}} = 50\% \times A_{s_{pakai}} = 359,18 \text{ mm}^2$
 Dipakai tulangan bawah $= \text{Ø8-140 mm}$

5.) Kapasitas Pelat Lantai :

Kapasitas Pelat Lantai dapat dicari dengan persamaan berikut :

$$a = \frac{As \times fy}{0,85 \times f'c \times b}$$

$$a = \frac{718,34 \times 240}{0,85 \times 20,75 \times 1000} = 9,77$$

$$\phi Mn = 0,9 \times As \times fy \times (d - a/2)$$

$$\phi Mn = 0,9 \times 718,34 \times 240 \times (116 - 9,77/2)$$

$$= 17240763,41 \text{ Nmm}$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2013, Kapasitas momen dapat dicek menggunakan persamaan berikut :

$$\phi Mn \geq Mu \dots\dots\dots(2.8)$$

$$17240763,41 \geq 208937,46 \text{ (OK)}$$

b. Tulangan Arah X lajur Tengah

1.) Data Perencanaan Tulangan :

- $Mu = 166169,3 \text{ Nmm}$
- Tebal Plat = 150 mm
- T. Selimut Beton = 30 mm
- Diameter Tulangan = Ø8 mm
- Mutu Baja = 240 Mpa
- Mutu Beton = 20,75 Mpa

- $dx = h \text{ pelat} - \text{selimut beton} - \frac{1}{2} \text{ tul.pokok}$
 $= 150 - 30 - (1/2 \times 8)$
 $= 116 \text{ mm}$
- $dx' = h \text{ pelat} - dx$
 $= 150 - 116$
 $= 34 \text{ mm}$
- $R_n = \frac{Mu}{\phi b d x^2} = \frac{166169,3}{0,9 \times 1000 \times 116^2}$
 $= 0,013 \text{ N/mm}^2$

- $\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2x m x R_n}{F_y}} \right]$
 $= \frac{1}{13,607} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,607 \times 0,013}{240}} \right]$
 $= 0,00006$

2.) Rekapitulasi Rasio Tulangan :

- $\rho \text{ min} = 0,0058$
- $\rho \text{ max} = 0,0335$
- $\rho \text{ perlu} = 0,00006$

Jika :

- $\rho \text{ perlu} < \rho \text{ min} : \text{dipakai } \rho \text{ min}$
- $\rho \text{ min} < \rho \text{ perlu} < \rho \text{ max} : \text{dipakai } \rho \text{ perlu}$

maka, Rasio Tulangan yang dipakai :

$$\rho \text{ min} = 0,0058$$

3.) Jumlah Luas Tulangan :

$$\begin{aligned} \bullet A_{S_{perlu}} &= \rho \times b \times d_x \\ &= 0,0058 \times 1000 \times 116 \\ &= 672,8 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet n \text{ tulangan} &= \frac{A_{S_{perlu}}}{\frac{1}{4} \pi s^2} \\ &= \frac{672,8}{\frac{1}{4} \pi 8^2} \\ &= 13,38 \approx 14 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\bullet S_{\max} = 2 \times h_{\text{plat}} = 300 \text{ mm}$$

$$\bullet S_{\text{pakai}} = \frac{1000}{14} = 71,4 \text{ mm} \approx 70 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \bullet A_{S_{\text{pakai}}} &= \frac{b}{S_{\text{pakai}}} (1/4 \cdot \pi \cdot \phi^2) \\ &= \frac{1000}{70} (1/4 \times 22/7 \times 8^2) \\ &= 718,34 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

• Kontrol Luas Tulangan :

$$A_{S_{\text{pakai}}} > A_{S_{\text{perlu}}} \rightarrow 718,34 > 672,8 \text{ (OK)}$$

4.) Dimensi dan Jarak Tulangan :

$$\begin{aligned} \bullet \text{ Dengan } A_{S_{\text{pakai}}} &= 718,34 \text{ mm}^2 \\ \text{Dipakai tulangan atas} &= \text{Ø8-70 mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{ Dengan } A_{S'_{\text{pakai}}} = 50\% \times A_{S_{\text{pakai}}} &= 359,18 \text{ mm}^2 \\ \text{Dipakai tulangan bawah} &= \text{Ø8-140 mm} \end{aligned}$$

5.) Kapasitas Pelat Lantai :

Kapasitas Pelat Lantai dapat dicari dengan persamaan berikut :

$$a = \frac{As \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b}$$

$$a = \frac{718,34 \times 240}{0,85 \times 20,75 \times 1000} = 9,77$$

$$\phi M_n = 0,9 \times As \times f_y \times (d - a/2)$$

$$\begin{aligned}\phi M_n &= 0,9 \times 718,34 \times 240 \times (116 - 9,77/2) \\ &= 17240763,41 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2013, Kapasitas momen dapat dicek menggunakan persamaan berikut :

$$\begin{aligned}\phi M_n \geq Mu &\dots\dots\dots(2.8) \\ 17240763,41 &\geq 166169,3 \text{ (OK)}\end{aligned}$$

c. Tulangan Arah Y lajur Kolom

1.) Data Perencanaan Tulangan :

- Mu = 252529,33 Nmm
- Tebal Plat = 150 mm
- T. Selimut Beton = 30 mm
- Diameter Tulangan = Ø8 mm
- Mutu Baja = 240 Mpa
- Mutu Beton = 20,75 Mpa

- $dx = h \text{ pelat} - \text{selimut beton} - \frac{1}{2} \text{ tul.pokok}$
 $= 150 - 30 - (1/2 \times 8)$
 $= 116 \text{ mm}$
- $dx' = h \text{ pelat} - dx$
 $= 150 - 116$
 $= 34 \text{ mm}$
- $R_n = \frac{Mu}{\phi b d x^2} = \frac{252529,33}{0,9 \times 1000 \times 116^2}$
 $= 0,02 \text{ N/mm}^2$

- $\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2x m x R_n}{F_y}} \right]$
 $= \frac{1}{13,607} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,607 \times 0,02}{240}} \right]$
 $= 0,00009$

2.) Rekapitulasi Rasio Tulangan :

- $\rho \text{ min} = 0,0058$
- $\rho \text{ max} = 0,0335$
- $\rho \text{ perlu} = 0,00009$

Jika :

- $\rho \text{ perlu} < \rho \text{ min}$: dipakai $\rho \text{ min}$
- $\rho \text{ min} < \rho \text{ perlu} < \rho \text{ max}$: dipakai $\rho \text{ perlu}$

maka, Rasio Tulangan yang dipakai :

$$\rho \text{ min} = 0,0058$$

3.) Jumlah Luas Tulangan :

$$\begin{aligned} \bullet A_{S_{perlu}} &= \rho \times b \times d_x \\ &= 0,0058 \times 1000 \times 116 \\ &= 672,8 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet n \text{ tulangan} &= \frac{A_{S_{perlu}}}{\frac{1}{4} \pi s^2} \\ &= \frac{672,8}{\frac{1}{4} \pi 8^2} \\ &= 13,38 \approx 14 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\bullet S_{\max} = 2 \times h_{\text{plat}} = 300 \text{ mm}$$

$$\bullet S_{\text{pakai}} = \frac{1000}{14} = 71,4 \text{ mm} \approx 70 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \bullet A_{S_{\text{pakai}}} &= \frac{b}{S_{\text{pakai}}} (1/4 \cdot \pi \cdot \emptyset^2) \\ &= \frac{1000}{70} (1/4 \times 22/7 \times 8^2) \\ &= 718,34 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

• Kontrol Luas Tulangan :

$$A_{S_{\text{pakai}}} > A_{S_{\text{perlu}}} \rightarrow 718,34 > 672,8 \text{ (OK)}$$

4.) Dimensi dan Jarak Tulangan :

$$\begin{aligned} \bullet \text{ Dengan } A_{S_{\text{pakai}}} &= 718,34 \text{ mm}^2 \\ \text{Dipakai tulangan atas} &= \text{Ø8-70 mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{ Dengan } A_{S'_{\text{pakai}}} = 50\% \times A_{S_{\text{pakai}}} &= 359,18 \text{ mm}^2 \\ \text{Dipakai tulangan bawah} &= \text{Ø8-140 mm} \end{aligned}$$

5.) Kapasitas Pelat Lantai :

Kapasitas Pelat Lantai dapat dicari dengan persamaan berikut :

$$a = \frac{As \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b}$$

$$a = \frac{718,34 \times 240}{0,85 \times 20,75 \times 1000} = 9,77$$

$$\phi M_n = 0,9 \times As \times f_y \times (d - a/2)$$

$$\begin{aligned}\phi M_n &= 0,9 \times 718,34 \times 240 \times (116 - 9,77/2) \\ &= 17240763,41 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2013, Kapasitas momen dapat dicek menggunakan persamaan berikut :

$$\begin{aligned}\phi M_n &\geq Mu \dots\dots\dots(2.8) \\ 17240763,41 &\geq 252529,33 \text{ (OK)}\end{aligned}$$

d. Tulangan Arah Y lajur Tengah

1.) Data Perencanaan Tulangan :

- M_u = 154109,05 Nmm
- Tebal Plat = 150 mm
- T. Selimut Beton = 30 mm
- Diameter Tulangan = Ø8 mm
- Mutu Baja = 240 Mpa
- Mutu Beton = 20,75 Mpa

- $dx = h \text{ pelat} - \text{selimut beton} - \frac{1}{2} \text{ tul.pokok}$
 $= 150 - 30 - (1/2 \times 8)$
 $= 116 \text{ mm}$
- $dx' = h \text{ pelat} - dx$
 $= 150 - 116$
 $= 34 \text{ mm}$
- $R_n = \frac{Mu}{\phi b d x^2} = \frac{154109,05}{0,9 \times 1000 \times 116^2}$
 $= 0,013 \text{ N/mm}^2$

- $\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2x m x R_n}{F_y}} \right]$
 $= \frac{1}{13,607} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,607 \times 0,013}{240}} \right]$
 $= 0,00005$

2.) Rekapitulasi Rasio Tulangan :

- $\rho \text{ min} = 0,0058$
- $\rho \text{ max} = 0,0335$
- $\rho \text{ perlu} = 0,00005$

Jika :

- $\rho \text{ perlu} < \rho \text{ min}$: dipakai $\rho \text{ min}$
- $\rho \text{ min} < \rho \text{ perlu} < \rho \text{ max}$: dipakai $\rho \text{ perlu}$

maka, Rasio Tulangan yang dipakai :

$$\rho \text{ min} = 0,0058$$

3.) Jumlah Luas Tulangan :

$$\begin{aligned} \bullet A_{S_{perlu}} &= \rho \times b \times d_x \\ &= 0,0058 \times 1000 \times 116 \\ &= 672,8 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet n \text{ tulangan} &= \frac{A_{S_{perlu}}}{\frac{1}{4} \pi s^2} \\ &= \frac{672,8}{\frac{1}{4} \pi 8^2} \\ &= 13,38 \approx 14 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\bullet S_{\max} = 2 \times h_{\text{plat}} = 300 \text{ mm}$$

$$\bullet S_{\text{pakai}} = \frac{1000}{14} = 71,4 \text{ mm} \approx 70 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \bullet A_{S_{\text{pakai}}} &= \frac{b}{S_{\text{pakai}}} (1/4 \cdot \pi \cdot \emptyset^2) \\ &= \frac{1000}{70} (1/4 \times 22/7 \times 8^2) \\ &= 718,34 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

• Kontrol Luas Tulangan :

$$A_{S_{\text{pakai}}} > A_{S_{\text{perlu}}} \rightarrow 718,34 > 672,8 \text{ (OK)}$$

4.) Dimensi dan Jarak Tulangan :

$$\begin{aligned} \bullet \text{ Dengan } A_{S_{\text{pakai}}} &= 718,34 \text{ mm}^2 \\ \text{Dipakai tulangan atas} &= \text{Ø8-70 mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{ Dengan } A_{S'_{\text{pakai}}} = 50\% \times A_{S_{\text{pakai}}} &= 359,18 \text{ mm}^2 \\ \text{Dipakai tulangan bawah} &= \text{Ø8-140 mm} \end{aligned}$$

5.) Kapasitas Pelat Lantai :

Kapasitas Pelat Lantai dapat dicari dengan persamaan berikut :

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b}$$

$$a = \frac{718,34 \times 240}{0,85 \times 20,75 \times 1000} = 9,77$$

$$\phi M_n = 0,9 \times A_s \times f_y \times (d - a/2)$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= 0,9 \times 718,34 \times 240 \times (116 - 9,77/2) \\ &= 17240763,41 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2013, Kapasitas momen dapat dicek menggunakan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} \phi M_n \geq M_u &\dots\dots\dots(2.8) \\ 17240763,41 &\geq 154109,05 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

4.8.1.2 Rekapitulasi Tulangan

Berikut rekapitulasi hasil perhitungan tulangan Flat Slab :

1. Lantai 2 : - Lajur Kolom :
 - Sumbu X : Ø8 – 70 mm (atas)
Ø8 – 140 mm (bawah)
 - Sumbu Y : Ø8 – 70 mm (atas)
Ø8 – 140 mm (bawah)

- Lajur Tengah :
 - Sumbu X : $\text{Ø}8 - 70 \text{ mm}$ (atas)
 $\text{Ø}8 - 140 \text{ mm}$ (bawah)
 - Sumbu Y : $\text{Ø}8 - 70 \text{ mm}$ (atas)
 $\text{Ø}8 - 140 \text{ mm}$ (bawah)

2. Lantai 3 :

- Lajur Kolom :
 - Sumbu X : $\text{Ø}8 - 70 \text{ mm}$ (atas)
 $\text{Ø}8 - 140 \text{ mm}$ (bawah)
 - Sumbu Y : $\text{Ø}8 - 140 \text{ mm}$ (atas)
 $\text{Ø}8 - 140 \text{ mm}$ (bawah)
- Lajur Tengah :
 - Sumbu X : $\text{Ø}8 - 70 \text{ mm}$ (atas)
 $\text{Ø}8 - 140 \text{ mm}$ (bawah)
 - Sumbu Y : $\text{Ø}8 - 70 \text{ mm}$ (atas)
 $\text{Ø}8 - 140 \text{ mm}$ (bawah)

4.8.2 Perencanaan Pelat Lantai Atap

Direncanakan Pelat Lantai Atap yang menumpu pada Balok. Adapun data Perencanaan sebagai berikut :

1. Data Perencanaan :

1. Mutu Beton ($f'c$) = 20,75 Mpa
2. Mutu Baja (f_y) = 240 Mpa
3. Panjang bentang pelat arah X = 4 meter
4. Panjang bentang pelat arah Y = 5 meter
5. Tebal Pelat = 10 cm

2. Pembebanan :

- Beban Mati : Plafond = 0,18 = 0,18 kN/m²
Plumbing = 0,1 = 0,10 kN/m²
Finish Lt. = 0,03x0,12 = 0,01 kN/m²
Tandon = 1,22 = 1,22 kN/m²
Berat Plat = 24x0,1 = 2,40 kN/m²
= 3,91 kN/m²
- Beban Hidup :Pekerja = 1 = 1,00 kN/m²
= 1,00 kN/m²

Sehingga diperoleh :

$$\begin{aligned}Q_{ult} &= 1,2D+1,6L \\ &= 1,2 \times 3,91 + 1,6 \times 1 \\ &= 6,292 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

3. Type Plat :

$$l_y : l_x = 5 : 4 = 1,25 < 2 \text{ (Pelat 2 Arah)}$$

4. Perhitungan Gaya Dalam :

Perhitungan gaya dalam mengacu dalam tabel 4.15,

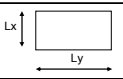
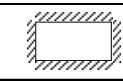

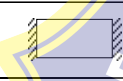


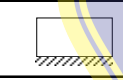
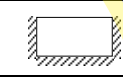

Dengan asumsi perletakan jepit penuh pada semua sisinya.



Karena koefisien momen pelat = 1,25, maka untuk menentukan nilai C pada tabel 4.15 menggunakan interpolasi:

$$C = H_1 - \frac{B_1}{B_2} \times (H_1 - H_2)$$

Tabel 1.15 Kondisi bebas atau terjepit penuh

Momen Pelat persegi akibat beban merata (PBI'71)

Kondisi Pelat	Nilai Momen Pelat	Perbandingan L_y/L_x																
		1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	>2,5
	$M_{tx} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	$M_{lx} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	44	52	59	66	73	78	84	88	93	97	100	103	106	108	110	112	125
	$M_{ly} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	44	45	45	44	44	43	41	40	39	38	37	36	35	34	32	32	25
	$M_{ty} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	$M_{tx} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	52	59	64	69	73	76	79	81	82	83	83	83	83	83	83	83	83
	$M_{lx} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	21	25	28	31	34	36	37	38	40	40	41	41	41	42	42	42	42
	$M_{ly} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	21	21	20	19	18	17	16	14	13	12	12	11	11	11	10	10	8
	$M_{ty} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	52	54	56	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57
	$M_{tx} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	88	77	85	92	98	103	107	111	113	116	118	119	120	121	122	122	125
	$M_{lx} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	28	33	38	42	45	48	51	53	55	57	58	59	59	60	61	61	63
	$M_{ly} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	28	28	28	27	26	25	23	23	22	21	19	18	17	17	16	16	43
	$M_{ty} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	68	72	74	76	77	77	78	78	78	78	79	79	79	79	79	79	79
	$M_{tx} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	$M_{lx} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	22	28	34	42	49	55	62	68	74	80	85	89	93	97	100	103	125
	$M_{ly} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	32	35	37	39	40	41	41	41	41	40	39	38	37	36	35	35	25
	$M_{ty} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	70	79	87	94	100	105	109	112	115	117	119	120	121	122	123	123	125
	$M_{tx} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	70	74	77	79	81	82	83	84	84	84	84	84	83	83	83	83	83
	$M_{lx} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	32	34	36	38	39	40	41	41	42	42	42	42	42	42	42	42	42
	$M_{ly} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	22	20	18	17	15	14	13	12	11	10	10	10	9	9	9	9	8
	$M_{ty} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	$M_{tx} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	$M_{lx} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	31	38	45	53	60	66	72	78	83	88	92	96	99	102	105	108	125
	$M_{ly} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	37	39	41	41	42	42	41	41	40	39	38	37	36	35	34	33	25
	$M_{ty} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	84	92	99	104	109	112	115	117	119	121	122	122	123	123	124	124	125
	$M_{tx} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	84	92	98	103	108	111	114	117	119	120	121	122	122	123	123	124	125
	$M_{lx} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	37	41	45	48	51	53	55	56	56	59	60	60	60	61	61	62	63
	$M_{ly} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	31	30	28	27	25	24	22	21	20	19	18	17	17	16	16	15	13
	$M_{ty} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	$M_{tx} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	55	65	74	82	89	94	99	103	108	110	114	116	117	118	119	120	125
	$M_{lx} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	21	26	31	36	40	43	46	49	51	53	55	56	57	58	59	60	63
	$M_{ly} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	26	27	28	28	27	26	25	23	22	21	21	20	20	19	19	19	19
	$M_{ty} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	60	65	69	72	74	76	77	78	78	78	78	78	78	78	78	78	79
	$M_{tx} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	60	66	71	74	77	79	80	82	83	83	83	83	83	83	83	83	83
	$M_{lx} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	26	29	32	35	36	38	39	40	40	41	41	42	42	42	42	42	42
	$M_{ly} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	21	20	19	18	17	15	14	13	12	12	11	11	10	10	10	10	8
	$M_{ty} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	55	57	57	57	58	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57

Catatan:
 = Terletak bebas
 = Terjepit penuh

$$\begin{aligned} Cl_x &= 28 - \frac{1,3-1,25}{1,3-1,2} \times (28 - 31) \\ &= 29,5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cl_y &= 20 - \frac{1,3-1,25}{1,3-1,2} \times (20 - 19) \\ &= 19,5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Ctx &= 64 - \frac{1,3-1,25}{1,3-1,2} \times (64 - 69) \\ &= 66,5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cty &= 56 - \frac{1,3-1,25}{1,3-1,2} \times (56 - 57) \\ &= 56,5 \end{aligned}$$

Maka, momen plat yang bekerja :

$$\begin{aligned} M_{ulx} &= +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot Cl_x \\ &= +0,001 \times 6,292 \times 4^2 \times 29,5 = 2,97 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{uly} &= +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot Cl_y \\ &= +0,001 \times 6,292 \times 4^2 \times 19,5 = 1,96 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{utx} &= -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot Ctx \\ &= -0,001 \times 6,292 \times 4^2 \times 66,5 = -6,66 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{uty} &= -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot Cty \\ &= -0,001 \times 6,292 \times 4^2 \times 56,5 = -5,69 \text{ kNm} \end{aligned}$$

5. Perhitungan Penulangan :

- Tinggi efektif untuk arah x :

$$\begin{aligned} dx &= h - ts - 1/2\phi_{tulangan} = 100 - 30 - 1/2 \times 8 \\ &= 66 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Tinggi efektif untuk arah y :

$$\begin{aligned} dy &= h - ts - 1/2\phi_{tulangan} - \phi_{tulangan} \\ &= 100 - 30 - 1/2 \times 8 - 8 \\ &= 58 \text{ mm} \end{aligned}$$

Menurut SNI 03-2847-2013 pasal 10.2.7.3, f_c antara 17 Mpa dan 28 Mpa, β_1 diambil sebesar 0,85.

- Rasio Tulangan dalam keadaan berimbang :

$$\begin{aligned} \rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 f_c}{f_y} \times \beta_1 \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 20,75}{240} \times 0,85 \times \left(\frac{600}{600 + 240} \right) \\ &= 0,045 \end{aligned}$$

- Rasio Tulangan Minimum :

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{240} = 0,0058$$

- Rasio tulangan Maksimum :

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \times \rho_{\text{balance}} = 0,75 \times 0,045 = 0,0335$$

- Perbandingan Tegangan :

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c} = \frac{240}{0,85 \times 20,75} = 13,607$$

4.8.2.1 Penulangan Lapangan arah X

1) Tulangan pokok

$$M_{ulx} = 2,97 \text{ kNm} = 2970000 \text{ Nmm}$$

$$\text{Koefisien reduksi} = 0,9$$

$$\begin{aligned} \bullet R_n &= \frac{M_{ulx}}{\phi b d x^2} = \frac{2970000}{0,9 \times 1000 \times 66^2} \\ &= 0,76 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2x m x R_n}{F_y}} \right] \\ &= \frac{1}{13,607} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,607 \times 0,76}{240}} \right] \\ &= 0,0032 \end{aligned}$$

• Rekapitulasi Rasio Tulangan :

$$\bullet \rho_{\text{min}} = 0,0058$$

$$\bullet \rho_{\text{max}} = 0,0335$$

$$\bullet \rho_{\text{perlu}} = 0,0032$$

Jika :

$$\bullet \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{min}} : \text{dipakai } \rho_{\text{min}}$$

$$\bullet \rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}} : \text{dipakai } \rho_{\text{perlu}}$$

maka, Rasio Tulangan yang dipakai :

$$\rho_{\text{min}} = 0,0058$$

1.) Jumlah Luas Tulangan :

- $A_{s_{perlu}} = \rho \times b \times d_x$
 $= 0,0058 \times 1000 \times 66$
 $= 382,8 \text{ mm}^2$

- $n \text{ tulangan} = \frac{A_{s_{perlu}}}{\frac{1}{4} \pi s^2}$
 $= \frac{382,8}{\frac{1}{4} \pi 8^2}$
 $= 7,61 \approx 8 \text{ buah}$

- $S_{max} = 2 \times h_{plat} = 200 \text{ mm}$

- $S_{pakai} = \frac{1000}{8} = 125 \text{ mm}$

- $A_{s_{pakai}} = \frac{b}{s_{pakai}} (1/4 \cdot \pi \cdot \phi^2)$
 $= \frac{1000}{125} (1/4 \times 22/7 \times 8^2)$
 $= 402,29 \text{ mm}^2$

- Kontrol Luas Tulangan :
 $A_{s_{pakai}} > A_{s_{perlu}} = 402,29 > 382,8 \text{ (OK)}$

**Maka, Tulangan Lapangan pokok arah x
= Ø8-125 mm**

2) Tulangan susut

- Luas Tulangan susut (SNI 03-2847-2013) :

$$\begin{aligned}A_{\text{susut}} &= 0,002 \times b \times h \\ &= 0,002 \times 1000 \times 100 \\ &= 200 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

- Kontrol jarak tulangan :
- $S_{\text{max}} = 2 \times h_{\text{plat}} = 200 \text{ mm}$

- n tulangan $= \frac{A_{\text{perlu}}}{\frac{1}{4} \pi s^2}$
$$\begin{aligned}&= \frac{200}{\frac{1}{4} \pi 8^2} \\ &= 3,98 \approx 4 \text{ buah}\end{aligned}$$

- $S_{\text{pakai}} = \frac{1000}{4} = 250 \text{ mm}$

- $A_{S_{\text{pakai}}} = \frac{b}{s_{\text{pakai}}} (1/4 \cdot \pi \cdot \emptyset^2)$
$$\begin{aligned}&= \frac{1000}{250} (1/4 \times 22/7 \times 8^2) \\ &= 201,14 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

- Kontrol Luas Tulangan :
 $A_{S_{\text{pakai}}} > A_{S_{\text{susut}}} = 201,14 > 200 \text{ (OK)}$

Maka, Tulangan Susut arah x
= Ø8-250 mm

4.8.2.2 Penulangan Lapangan arah Y

1) Tulangan pokok

$$M_{uly} = 1,96 \text{ kNm} = 1960000 \text{ Nmm}$$

$$\text{Koefisien reduksi} = 0,9$$

$$\begin{aligned} \bullet R_n &= \frac{M_{ulx}}{\phi b d y^2} = \frac{1960000}{0,9 \times 1000 \times 58^2} \\ &= 0,65 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2x m x R_n}{F_y}} \right] \\ &= \frac{1}{13,607} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,607 \times 0,65}{240}} \right] \\ &= 0,00275 \end{aligned}$$

• Rekapitulasi Rasio Tulangan :

$$\bullet \rho_{\text{min}} = 0,0058$$

$$\bullet \rho_{\text{max}} = 0,0335$$

$$\bullet \rho_{\text{perlu}} = 0,00275$$

Jika :

$$\bullet \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{min}} : \text{dipakai } \rho_{\text{min}}$$

$$\bullet \rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}} : \text{dipakai } \rho_{\text{perlu}}$$

maka, Rasio Tulangan yang dipakai :

$$\rho_{\text{min}} = 0,0058$$

1.) Jumlah Luas Tulangan :

- $A_{Spertu} = \rho \times b \times d_y$
 $= 0,0058 \times 1000 \times 58$
 $= 336,4 \text{ mm}^2$

- $S_{max} = 2 \times h_{plat} = 200 \text{ mm}$

- $n \text{ tulangan} = \frac{A_{Spertu}}{\frac{1}{4} \pi s^2}$
 $= \frac{336,4}{\frac{1}{4} \pi 8^2}$
 $= 6,69 \approx 7 \text{ buah}$

- $S_{pakai} = \frac{1000}{7} = 142,86 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm}$

- $A_{Spakai} = \frac{b}{S_{pakai}} (1/4 \cdot \pi \cdot \phi^2)$
 $= \frac{1000}{200} (1/4 \times 22/7 \times 8^2)$
 $= 402,29 \text{ mm}^2$

- Kontrol Luas Tulangan :

$$A_{Spakai} > A_{Spertu} = 402,29 > 336,4 \text{ (OK)}$$

**Maka, Tulangan Lapangan pokok arah y
= Ø8-125 mm**

2) Tulangan susut

- Luas Tulangan susut (SNI 03-2847-2013) :

$$\begin{aligned}A_{\text{susut}} &= 0,002 \times b \times h \\ &= 0,002 \times 1000 \times 100 \\ &= 200 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

- Kontrol jarak tulangan :

$$S_{\text{max}} = 2 \times h_{\text{plat}} = 200 \text{ mm}$$

- n tulangan $= \frac{A_{\text{perlu}}}{\frac{1}{4} \pi s^2}$
$$\begin{aligned}&= \frac{200}{\frac{1}{4} \pi 8^2} \\ &= 3,98 \approx 4 \text{ buah}\end{aligned}$$

- $S_{\text{pakai}} = \frac{1000}{4} = 250 \text{ mm}$

- $A_{\text{pakai}} = \frac{b}{s_{\text{pakai}}} (1/4 \cdot \pi \cdot \emptyset^2)$
$$\begin{aligned}&= \frac{1000}{250} (1/4 \times 22/7 \times 8^2) \\ &= 201,14 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

- Kontrol Luas Tulangan :

$$A_{\text{pakai}} > A_{\text{susut}} = 201,14 > 200 \text{ (OK)}$$

Maka, Tulangan Susut arah y

$$= \emptyset 8-250 \text{ mm}$$

4.8.2.3 Penulangan Tumpuan arah X

1) Tulangan pokok

$$M_{utx} = 6,66 \text{ kNm} = 6660000 \text{ Nmm}$$

$$\text{Koefisien reduksi} = 0,9$$

$$\begin{aligned} \bullet R_n &= \frac{M_{utx}}{\phi b d x^2} = \frac{6660000}{0,9 \times 1000 \times 66^2} \\ &= 1,7 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2x m x R_n}{F_y}} \right] \\ &= \frac{1}{13,607} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,607 \times 1,7}{240}} \right] \\ &= 0,00746 \end{aligned}$$

• Rekapitulasi Rasio Tulangan :

$$\bullet \rho_{\text{min}} = 0,0058$$

$$\bullet \rho_{\text{max}} = 0,0335$$

$$\bullet \rho_{\text{perlu}} = 0,00746$$

Jika :

$$\bullet \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{min}} : \text{dipakai } \rho_{\text{min}}$$

$$\bullet \rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}} : \text{dipakai } \rho_{\text{perlu}}$$

maka, Rasio Tulangan yang dipakai :

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,00746$$

1.) Jumlah Luas Tulangan :

$$\bullet A_{s_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d_x$$

$$= 0,00746 \times 1000 \times 66$$

$$= 492,36 \text{ mm}^2$$

- $S_{\max} = 2 \times h_{\text{plat}} = 200 \text{ mm}$

- $n \text{ tulangan} = \frac{A_{\text{perlu}}}{\frac{1}{4} \pi s^2}$

$$= \frac{492,36}{\frac{1}{4} \pi 8^2}$$

$$= 9,79 \approx 10 \text{ buah}$$

- $S_{\text{pakai}} = \frac{1000}{10} = 100 \text{ mm}$

- $A_{\text{Spakai}} = \frac{b}{S_{\text{pakai}}} (1/4 \cdot \pi \cdot \phi^2)$

$$= \frac{1000}{100} (1/4 \times 22/7 \times 8^2)$$

$$= 502,86 \text{ mm}^2$$

- Kontrol Luas Tulangan :

$$A_{\text{Spakai}} > A_{\text{perlu}} = 502,86 > 492,36 \text{ (OK)}$$

Maka, Tulangan tumpuan pokok arah x = Ø8-100 mm

2) Tulangan susut

- Luas Tulangan susut (SNI 03-2847-2013) :

$$A_{\text{susut}} = 0,002 \times b \times h$$

$$= 0,002 \times 1000 \times 100$$

$$= 200 \text{ mm}^2$$

- Kontrol jarak tulangan :

- $S_{\max} = 2 \times h_{\text{plat}} = 200 \text{ mm}$

- $n \text{ tulangan} = \frac{Asperlu}{\frac{1}{4} \pi s^2}$
 $= \frac{200}{\frac{1}{4} \pi 8^2}$
 $= 3,98 \approx 4 \text{ buah}$

- $S_{pakai} = \frac{1000}{4} = 250 \text{ mm}$

- $As_{pakai} = \frac{b}{s_{pakai}} (1/4 \pi \cdot \emptyset^2)$
 $= \frac{1000}{250} (1/4 \times 22/7 \times 8^2)$
 $= 201,14 \text{ mm}^2$

- Kontrol Luas Tulangan :
 $As_{pakai} > As_{susut} = 201,14 > 200 \text{ (OK)}$

**Maka, Tulangan Susut arah x
 = Ø8-250 mm**

4.8.2.4 Penulangan Tumpuan arah Y

1) Tulangan pokok

$$M_{uty} = 5,69 \text{ kNm} = 5690000 \text{ Nmm}$$

$$\text{Koefisien reduksi} = 0,9$$

- $R_n = \frac{Mulx}{\phi b d y^2} = \frac{5690000}{0,9 \times 1000 \times 58^2}$

$$= 1,88 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \bullet \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2xmxRn}{Fy}} \right] \\ &= \frac{1}{13,607} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2x13,607x1,88}{240}} \right] \\ &= 0,0083 \end{aligned}$$

• Rekapitulasi Rasio Tulangan :

- $\rho_{\text{min}} = 0,0058$
- $\rho_{\text{max}} = 0,0335$
- $\rho_{\text{perlu}} = 0,0083$

Jika :

- $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{min}}$: dipakai ρ_{min}
- $\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}}$: dipakai ρ_{perlu}

maka, Rasio Tulangan yang dipakai :

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,0083$$

1.) Jumlah Luas Tulangan :

$$\begin{aligned} \bullet A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho \times b \times d_y \\ &= 0,0083 \times 1000 \times 58 \\ &= 481,4 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- $n \text{ tulangan} = \frac{A_{\text{perlu}}}{\frac{1}{4} \pi s^2}$
 $= \frac{481,4}{\frac{1}{4} \pi 8^2}$
 $= 9,57 \approx 10 \text{ buah}$

- $S_{\text{max}} = 2 \times h_{\text{plat}} = 200 \text{ mm}$

- $S_{\text{pakai}} = \frac{1000}{10} = 100 \text{ mm}$

- $A_{S_{\text{pakai}}} = \frac{b}{S_{\text{pakai}}} (1/4 \cdot \pi \cdot \phi^2)$
 $= \frac{1000}{100} (1/4 \times 22/7 \times 8^2)$
 $= 502,86 \text{ mm}^2$

- Kontrol Luas Tulangan :
 $A_{S_{\text{pakai}}} > A_{S_{\text{perlu}}} = 502,86 > 481,4 \text{ (OK)}$

**Maka, Tulangan tumpuan pokok arah y
= Ø8-100 mm**

2) Tulangan susut

- Luas Tulangan susut (SNI 03-2847-2013) :

$$A_{\text{susut}} = 0,002 \times b \times h$$

$$= 0,002 \times 1000 \times 100$$

$$= 200 \text{ mm}^2$$

- Kontrol jarak tulangan :

- $S_{\text{max}} = 2 \times h_{\text{plat}} = 200 \text{ mm}$

- $n \text{ tulangan} = \frac{As_{perlu}}{\frac{1}{4} \pi s^2}$
 $= \frac{200}{\frac{1}{4} \pi 8^2}$
 $= 3,98 \approx 4 \text{ buah}$

- $S_{pakai} = \frac{1000}{4} = 250 \text{ mm}$

- $As_{pakai} = \frac{b}{s_{pakai}} (1/4 \cdot \pi \cdot \phi^2)$
 $= \frac{1000}{250} (1/4 \times 22/7 \times 8^2)$
 $= 201,14 \text{ mm}^2$

- Kontrol Luas Tulangan :
 $As_{pakai} > As_{susut} = 201,14 > 200 \text{ (OK)}$

**Maka, Tulangan Susut arah y
= Ø8-250 mm**

4.8.3 Penulangan Drop Panel

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 13.12.1, untuk menentukan kebutuhan tulangan geser harus ditinjau dengan kontrol geser, agar dapat diketahui apakah tebal pelat yang direncanakan dapat memikul geser yang ada terhadap penampang kritis dengan jarak $d/2$ dari muka tumpuan.

Dari output SAP 2000, didapat nilai momen yang bekerja dalam drop panel tersebut :

4.8.3.1 Penulangan Pokok :

- Mux = 172617,38 Nmm
- Muy = 120569,83 Nmm
- Tebal = 150 mm
- T. Selimut Beton = 30 mm
- Diameter Tulangan = Ø10 mm
- Mutu Baja = 240 Mpa
- Mutu Beton = 20,75 Mpa

- dx = h pelat - ts - ½ tul.pokok
= 300 - 30 - (1/2 x 10)
= 265 mm
- dy = h.pelat - ts - tul.pokok - ½ tul.pokok
= 300 - 30 - 10 - (1/2x10)
= 255 mm

1) Tulangan Pokok Arah X :

$$\bullet R_n = \frac{Mux}{\phi b d x^2} = \frac{172617,38}{0,9 \times 1700 \times 265^2} = 0,002 \text{ N/mm}^2$$

$$\bullet \rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2x m x R_n}{F_y}} \right]$$
$$= \frac{1}{13,607} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,607 \times 0,002}{240}} \right]$$
$$= 0,0001$$

1.) Rekapitulasi Rasio Tulangan :

- ρ_{min} = 0,0058

- $\rho \text{ max} = 0,0335$
- $\rho \text{ perlu} = 0,00001$

Jika :

- $\rho \text{ perlu} < \rho \text{ min}$: dipakai $\rho \text{ min}$
- $\rho \text{ min} < \rho \text{ perlu} < \rho \text{ max}$: dipakai $\rho \text{ perlu}$

maka, Rasio Tulangan yang dipakai :

$$\rho \text{ min} = 0,0058$$

2.) Jumlah Luas Tulangan :

$$\begin{aligned} \bullet A_{s\text{perlu}} &= \rho \times b \times d_x \\ &= 0,0058 \times 1700 \times 265 \\ &= 2612,9 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet n \text{ tulangan} &= \frac{A_{s\text{perlu}}}{\frac{1}{4} \pi \cdot 2} \\ &= \frac{2612,9}{\frac{1}{4} \pi \cdot 10^2} \\ &= 33,25 \approx 34 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\bullet S_{\text{max}} = 2 \times h_{\text{plat}} = 600 \text{ mm}$$

$$\bullet S_{\text{pakai}} = \frac{1700}{34} = 50 \text{ mm}$$

$$\bullet A_{s\text{pakai}} = \frac{b}{S_{\text{pakai}}} (1/4 \cdot \pi \cdot \phi^2)$$

$$\begin{aligned} &= \frac{1700}{50} (1/4 \times 22/7 \times 10^2) \\ &= 2671,43 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

3.) Kontrol Luas Tulangan :

$$A_{Spakai} > A_{Sperlu} \quad \rightarrow \quad 2671,43 > 2612,9 \text{ (OK)}$$

4.) Dimensi dan Jarak Tulangan :

$$\begin{aligned} \text{- Dengan } A_{Spakai} &= 2671,43 \text{ mm}^2 \\ \text{Dipakai tulangan} &= \mathbf{\varnothing 10-50 \text{ mm}} \end{aligned}$$

5.) Kapasitas Pelat Lantai :

Kapasitas Pelat Lantai dapat dicari dengan persamaan berikut :

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b}$$

$$a = \frac{2671,43 \times 240}{0,85 \times 20,75 \times 1700} = 21,38$$

$$\phi M_n = 0,9 \times A_s \times f_y \times (d - a/2)$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= 0,9 \times 2671,43 \times 240 \times (265 - 21,38/2) \\ &= 146744214,5 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2013, Kapasitas momen dapat dicek menggunakan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} \phi M_n \geq M_{ux} &\dots\dots\dots(2.8) \\ 146744214,5 &\geq 172617,38 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

2) Tulangan Pokok Arah Y :

$$\begin{aligned} \bullet R_n &= \frac{M_{uy}}{\phi b d y^2} = \frac{120569,83}{0,9 \times 1700 \times 255^2} \\ &= 0,0012 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 x m x R_n}{F_y}} \right] \\ &= \frac{1}{13,607} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,607 \times 0,0012}{240}} \right] \\ &= 0,00001 \end{aligned}$$

1. Rekapitulasi Rasio Tulangan :

- $\rho_{\text{min}} = 0,0058$
- $\rho_{\text{max}} = 0,0335$
- $\rho_{\text{perlu}} = 0,00001$

Jika :

- $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{min}}$: dipakai ρ_{min}
- $\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}}$: dipakai ρ_{perlu}

maka, Rasio Tulangan yang dipakai :

$$\rho_{\text{min}} = 0,0058$$

2. Jumlah Luas Tulangan :

$$\begin{aligned} \bullet A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho \times b \times d_y \\ &= 0,0058 \times 1700 \times 255 \\ &= 2514,3 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \bullet \text{ n tulangan} &= \frac{A_{s\text{perlu}}}{\frac{1}{4} \pi s^2} \\
 &= \frac{2514,3}{\frac{1}{4} \pi 10^2} \\
 &= 32 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \bullet S_{\text{max}} &= 2 \times h_{\text{plat}} = 600 \text{ mm} \\
 \bullet S_{\text{pakai}} &= \frac{1700}{32} = 53,13 \approx 50 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \bullet A_{s\text{pakai}} &= \frac{b}{S_{\text{pakai}}} (1/4 \cdot \pi \cdot \emptyset^2) \\
 &= \frac{1700}{50} (1/4 \times 22/7 \times 10^2) \\
 &= 2671,43 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

3. Kontrol Luas Tulangan :

$$A_{s\text{pakai}} > A_{s\text{perlu}} \rightarrow 2671,43 > 2514,3 \text{ (OK)}$$

4. Dimensi dan Jarak Tulangan :

$$\begin{aligned}
 - \text{ Dengan } A_{s\text{pakai}} &= 2671,43 \text{ mm}^2 \\
 \text{Dipakai tulangan} &= \mathbf{\emptyset 10-50 \text{ mm}}
 \end{aligned}$$

5. Kapasitas Pelat Lantai :

Kapasitas Pelat Lantai dapat dicari dengan persamaan berikut :

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b}$$

$$a = \frac{2671,43 \times 240}{0,85 \times 20,75 \times 1700} = 21,38$$

$$\phi M_n = 0,9 \times A_s \times f_y \times (d - a/2)$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= 0,9 \times 2671,43 \times 240 \times (255 - 21,38/2) \\ &= 140973925,7 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2013, Kapasitas momen dapat dicek menggunakan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} \phi M_n &\geq M_{uy} \dots\dots\dots(2.8) \\ 140973925,7 &\geq 120569,83 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

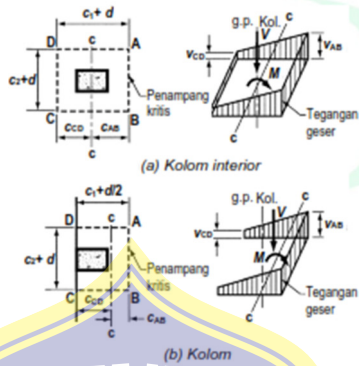
4.8.3.2 Penulangan Geser Drop panel :

Dari hasil output SAP 2000, didapat nilai :

$$V_u = 51146,59 \text{ N}$$

$$M_u = 84638763,58 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} d &= (\text{tebal plat} + \text{tebal drop panel}) - t_s - \phi_{tul.X} - 1/2 \phi_{tul.Y} \\ &= (150 + 150) - 30 - 10 - (1/2 \times 10) \\ &= 285 \text{ mm} \approx 0,285 \text{ m} \end{aligned}$$



Gambar 1-32 Area Penampang Kolum Kritis

1. Letak dimensi kolom interior terhadap jarak tepi kritis :

$$C1 = C2 = 0,5 \text{ m}$$

$$C1 + d = 0,5 + 0,285 = 0,785 \text{ m}$$

$$Cab = Ccd = 0,3925 \text{ m}$$

2. Letak dimensi kolom eksterior terhadap jarak tepi kritis :

$$C1 = C2 = 0,5 \text{ m}$$

$$C1 + d/2 = 0,5 + 0,285/2 = 0,6425 \text{ m}$$

$$C2 + d = 0,5 + 0,285 = 0,785 \text{ m}$$

$$Ccd = 0,5 \text{ m}$$

$$Cab = 0,6425 - 0,5 = 0,1425 \text{ m}$$

3. Luasan penampang beton yang menahan transfer geser :

- Untuk Kolom Interior

$$A_c = (c_1 + d) \times (c_2 + d) = 0,785 \times 0,785 = 0,616 \text{ m}^2$$

- Untuk Kolom Eksterior

$$A_c = (c_1 + d/2) \times (c_2 + d) = 0,6425 \times 0,785 = 0,504 \text{ m}^2$$

4. Inersia penampang terhadap sumbu pusat :

- Untuk Kolom Interior

$$I_c = \frac{d(c_1 + d)^3}{6} + \frac{d^3(c_1 + d)}{6} + \frac{d(c_2 + d)(c_1 + d)^2}{2}$$

$$I_c = \frac{0,285(0,785)^3}{6} + \frac{0,285^3(0,785)}{6} + \frac{0,285(0,785)(0,785)^2}{2} = 0,095 \text{ m}^2$$

- Untuk Kolom Eksterior

$$I_c = \frac{(c_1 + \frac{d}{2})d^3}{6} + \frac{2d}{3}(c_{AB}^3 + c_{CD}^3) + (c_2 + d)(d)(c_{AB})^2$$

$$\frac{(0,64)0,29^3}{6} + \frac{0,57}{3}(0,14^3 + 0,5^3) + (0,79)(0,29)(0,14)^2 = 0,03 \text{ m}^2$$

5. Faktor untuk menentukan momen tak seimbang yang disalurkan oleh lentur pada sambungan pelat - kolom :

$$\gamma_v = \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{c_1 + d}{c_1 + d}}} = \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{0,785}{0,785}}} = 0,6$$

6. Gaya Geser terfaktor :

$$V_{uAB} = \frac{V_u}{A_c} + \frac{\gamma_v \times M_u \times c_{AB}}{I_c}$$

$$= \frac{51,15}{0,616} + \frac{0,6 \times 84,64 \times 0,39}{0,095}$$

$$= 256,76 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
 V_{uCD} &= \frac{V_u}{A_c} + \frac{Y_v \times M_u \times c_{CD}}{I_c} \\
 &= \frac{51,15}{0,616} + \frac{0,6 \times 84,64 \times 0,39}{0,095} \\
 &= 256,76 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Maka, dipakai $V_u = 256,76 \text{ kN} = 256760 \text{ N}$

$$\begin{aligned}
 \phi V_c &= \phi \times 1/6 \sqrt{f_c} \times b \times d \\
 &= 0,75 \times 1/6 \sqrt{20,75} \times 1700 \times 285 = 275875,32 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Karena $V_u < \phi V_c$, maka tidak diperlukan tulangan geser.

4.8.4 Perencanaan Kolom

Berdasarkan Preliminary Design Kolom pada Sub Bab 4.3.3 di atas, didapatkan dimensi Kolom sebesar 50x50 cm.

4.8.4.1 Penulangan Kolom K1

1. Tulangan Longitudinal penahan Lentur

Dari hasil output SAP 2000 akibat kombinasi pembebanan 1,2D+1,6L+0,5Lr, didapatkan nilai :

$$P_u = 1060,8 \text{ kN}$$

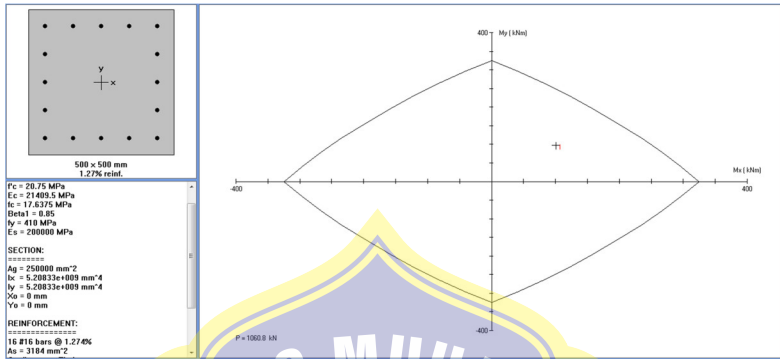
$$M_{ux} = 100,84 \text{ kNm}$$

$$M_{uy} = 96,85 \text{ kNm}$$

Dari nilai tersebut diinput ke program spColumn dengan direncanakan :

$$\text{Tulangan pokok} = D16$$

$$\text{Sengkang} = \emptyset 10$$



Gambar 1-33 Diagram Interaksi Kolom K1

Dari hasil analisa tersebut didapatkan $\rho = 1,27\%$ sehingga,

$$\begin{aligned}
 \text{Luas tulangan terpasang } A_s &= \rho \times A_g \\
 &= 1,27\% \times (500 \times 500) \\
 &= 3175 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah tulangan terpasang } n &= \frac{A_s \rho_{terluru}}{\frac{1}{4} \pi D^2} = \frac{3175}{\frac{1}{4} \pi 16^2} \\
 &= 15,78 \approx 16 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Maka terpasang tulangan pokok = 16D16

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 21.6.1, dilakukan kontrol persyaratan komponen pemikul lentur dan gaya aksial:

$$P_u > \frac{A_g \times f'c}{10}$$

$$1060,8 > \frac{500 \times 500 \times 20,75 \times 10^{-3}}{10} = 518,75 \text{ kN (OK)}$$

Maka komponen tersebut didesain sebagai komponen struktur yang memikul beban aksial dan lentur.

2. Tulangan Longitudinal Lentur

Desain menggunakan program PCAColumn. Dan didapat tulangan 16D16 dengan nilai rasio tulangan :

$$\rho = \frac{A_s}{b \times h} = \frac{16 \times (0,25 \times \frac{22}{7} \times 16^2)}{500 \times 500} = 0,0127 = 1,27\%$$

Sehingga berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 10.9.1 batasan rasio tersebut memenuhi persyaratan ijin 1%-6%

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 10.3.6.2 bahwa kapasitas beban aksial kolom tidak boleh kurang dari dari beban aksial terfaktor hasil output analisa struktur.

Dilakukan dengan pengecekan berikut :

$$\begin{aligned} \phi P_n \text{ max} &: \\ &= 0,8 \times \phi \times [0,85 \times f'c \times (A_g - A_{st}) + f_y \times A_{st}] \\ &= 0,8 \times 0,65 \times [0,85 \times 20,75 \times (250000 - 3403,7) + 410 \times 3403,7] \\ &= 2987326,805 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi P_n \text{ max} = 2987326,805 \text{ N} = 2987,327 \text{ kN}$$

$$P_u = 1060,8 \text{ kN}$$

$$\phi P_n \text{ max} > P_u \text{ (OK)}$$

3. Tulangan Geser Kolom

Kontribusi beton dalam menahan gaya geser :

$$V_c = \frac{\sqrt{f'c}}{6} B_w \times d$$

$$V_c = \frac{\sqrt{20,75}}{6} 500 \times (500 - 40 - \frac{1}{2} \phi \text{sengkang})$$

$$= 172718,6366 \text{ N} = 172,72 \text{ kN}$$

Cek apakah perlu tulangan geser :

V_u didapat dari output SAP :

$$V_u = 75,452 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 172,72 = 129,539 \text{ kN}$$

$$\frac{1}{2} \phi V_c = 0,5 \times 129,539 = 64,77 \text{ kN}$$

$$V_u = 75,452 \text{ kN} > \frac{1}{2} \phi V_c = 64,77$$

maka perlu tulangan geser

$$\phi V_{\text{perlu}} = V_c - V_u = 172,72 - 75,452$$

$$= 97,27 \text{ kN} = 97266,64 \text{ N}$$

$$V_s = \frac{Avx f_y x d}{s}$$

Dicoba sengkang $\emptyset 10$ dengan 2 kaki ($A_v = 157,14 \text{ mm}^2$)

- $97266,64 = \frac{157,14 \times 240 \times 455}{s}$
- $S = \frac{157,14 \times 240 \times 455}{97266,64} = 176,42 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm}$
- $d/2 = 455/2 = 227,5 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm}$
- $V_{\text{spakai}} = \frac{157,14 \times 240 \times 455}{150} = 114400 \text{ N}$
- $V_{\text{spakai}} > V_{\text{sperlu}} = 114400 \text{ N} > 97266,64 \text{ N (OK)}$

Maka, tulangan geser kolom dipasang $\emptyset 10$ -150 mm

4.8.4.2 Penulangan Kolom K2 (Pedestal)

1. Tulangan Longitudinal penahan Lentur

Dari hasil output SAP 2000 akibat kombinasi pembebanan 1,4D, didapatkan nilai :

$$P_u = 88,068 \text{ kN}$$

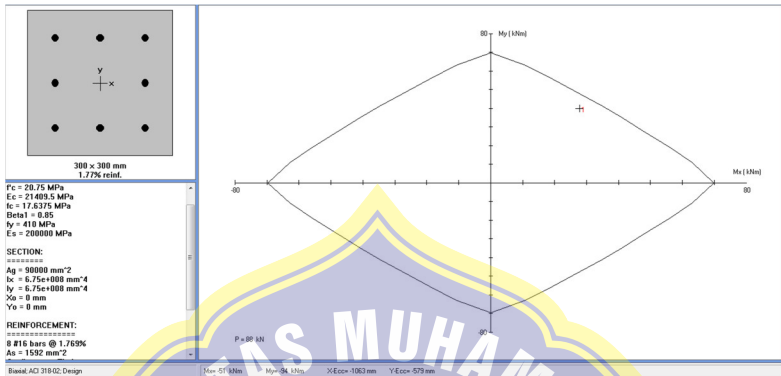
$$M_{ux} = 27,63 \text{ kNm}$$

$$M_{uy} = 39,88 \text{ kNm}$$

Dari nilai tersebut diinput ke program spColumn dengan direncanakan :

$$\text{Tulangan pokok} = D16$$

$$\text{Sengkang} = \emptyset 10$$



Gambar 1-34 Diagram Interaksi Kolom K2

Dari hasil analisa tersebut didapatkan $\rho = 1,77\%$ sehingga,

$$\begin{aligned} \text{Luas tulangan terpasang } A_s &= \rho \times A_g \\ &= 1,77\% \times (300 \times 300) \\ &= 1593 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan terpasang } n &= \frac{A_{s\text{perlu}}}{\frac{1}{4}\pi D^2} = \frac{1593}{\frac{1}{4}\pi 16^2} \\ &= 7,92 \approx 8 \text{ buah} \end{aligned}$$

Maka terpasang tulangan pokok = 8D16

4. Tulangan Geser Kolom

Kontribusi beton dalam menahan gaya geser :

$$V_c = \frac{\sqrt{f'rc}}{6} Bw \times d$$

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{\sqrt{20,75}}{6} 300 \times (300 - 40 - \frac{1}{2} \emptyset \text{senggang}) \\ &= 58079,01 \text{ N} = 58,08 \text{ kN} \end{aligned}$$

Cek apakah perlu tulangan geser :

V_u didapat dari output SAP :

$$V_u = 34942,88 \text{ N} = 34,943 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 58,08 = 43,56 \text{ kN}$$

$$\frac{1}{2} \phi V_c = 0,5 \times 43,56 = 21,78 \text{ kN}$$

$$V_u = 34,943 \text{ kN} > \frac{1}{2} \phi V_c = 21,78 \text{ kN}$$

maka perlu tulangan geser

$$\begin{aligned} \phi V_{\text{perlu}} &= V_c - V_u = 58,08 - 34,943 \\ &= 23,137 \text{ kN} = 23137 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_s = \frac{Av x f_y x d}{s}$$

Dicoba senggang $\emptyset 10$ dengan 2 kaki ($A_v = 157,14 \text{ mm}^2$)

- $36299,38 = \frac{157,14 \times 240 \times 255}{s}$
- $S = \frac{157,14 \times 240 \times 255}{36299,38} = 264,94 \text{ mm} \approx 250 \text{ mm}$
- $d/2 = 450,5/2 = 127,5 \text{ mm} \approx 125 \text{ mm}$
- $V_{\text{spakai}} = \frac{157,14 \times 240 \times 255}{250} = 38468,57 \text{ N}$
- $V_{\text{spakai}} > V_{\text{sperlu}} = 38468,57 \text{ N} > 36299,38 \text{ N (OK)}$

Maka, tulangan geser kolom dipasang Ø10-250 mm

4.9 Prosentase Selisih Volume Material

Pada Sub Bab ini, dilakukan peninjauan terhadap volume material besi dan beton Desain Awal dan volume material besi dan beton Desain Baru. Peninjauan dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan prosentase selisih volume material antara Desain awal dan Desain Baru, sehingga didapatkan kesimpulan apakah desain ulang pada Gedung ini lebih ekonomis atau tidak dibandingkan Desain Awal. Peninjauan dilakukan hanya pada material :

1. Desain Awal:
 - Pelat Lantai 2 & 3
 - Balok Lantai 2 & 3
 - Kolom Lantai 2 & 3

2. Re-Desain :

- Flat Slab Lantai 2 & 3
- Drop Panel Lantai 2 & 3
- Kolom Lantai 2 & 3

4.9.1 Rekapitulasi Perhitungan Volume material

Berdasarkan Desain Struktur Awal dan Desain Struktur baru ini, dapat dihitung volume material besi. Untuk rekapitulasi perhitungan dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 1.16 Rekapitulasi Volume Desain Awal LT.2

No.		Volume Beton (m ³)	Berat Besi (Kg/m ³)	Total Berat Besi (Kg)
	Lantai 2			
	Balok			
1	B1	3,276	172,21	564,155
2	B2	1,065	106,97	113,923
3	B3A	0,925	133,84	123,802
4	B3B	6,5	176,29	1145,885
5	B4A	1,492	235,26	351,008
6	B4B	10,705	197,64	2115,736
7	B5A	7,8984	173,12	1367,371
8	B5B	3,2784	120,11	393,769
9	B6	0,9294	145,17	134,921
	PLAT LANTAI			
1		37,9776	70,94	2694,049
	KOLOM			
1	K1	12,8	168,10	2151,680
2	K3	14	155,25	2173,500
	TOTAL			13329,799

Sumber : Analisa Data (2020)

Tabel 1.17 Rekapitulasi Volume Desain Awal LT.3

No.		Volume Beton (m ³)	Berat Besi (Kg/m ³)	Total Berat Besi (Kg)
	Lantai 3			
	Balok			
1	B1	1,656	172,21	285,177
2	B2	0,54	106,97	57,764
3	B3A	0,4625	133,84	61,901
4	B3B	3,3	176,29	581,757
5	B3C	5,1	117,64	599,964
6	B4A	0,746	235,26	175,504
7	B4B	7,78	197,64	1537,639
8	B5A	11,756	173,12	2035,199
9	B5B	1,5264	120,11	183,336
10	B6	0,4236	145,17	61,494
	PLAT LANTAI 3			
1		45.50118	70,94	3227,756
	KOLOM			
1	K2	16,848	120,56	2031,195
			TOTAL	10838,685

Sumber : Analisa Data (2020)

Tabel 1.18 Rekapitulasi Volume Desain Baru LT.2

No.		Volume Beton (m ³)	Berat Besi (Kg/m ³)	Total Berat Besi (Kg)
	Lantai 2			
	DROP PANEL			
1	DROP PANEL	7,253	89,29	647,615
	FLAT SLAB			
2	FLAT SLAB	61,8	65,59	4053,748
	KOLOM			
3	K1	34	178,16	6057,440
			TOTAL	10758,803

Sumber : Analisa Data (2020)

Tabel 1.19 Rekapitulasi Volume Desain Baru LT.3

No.	Volume Beton (m ³)	Berat Besi (Kg/m ³)	Total Berat Besi (Kg)
	Lantai 3		
	Balok		
1	DROP PANEL	8,337	89,29
2	FLAT SLAB	64,8	65,59
3	KOLOM		
	K2	26	178,16
TOTAL			9627,070

Sumber : Analisa Data (2020)

Sehingga didapatkan presentase selisih volume material besi desain awal dan desain baru sebagai berikut :

$$\text{Presentase \%} = \frac{\text{Total baru} - \text{Total Awal}}{\text{Total Awal}}$$

- **Lantai 2 :**

$$\begin{aligned} \text{Presentase \%} &= \frac{10758,803 - 13329,799}{13329,799} \\ &= 19,29 \% \end{aligned}$$

- **Lantai 3 :**

$$\begin{aligned} \text{Presentase \%} &= \frac{9627,070 - 10838,685}{10838,685} \\ &= 11,18\% \end{aligned}$$

Sehingga, didapatkan kesimpulan Re-Desain Struktur beton bertulang Pelat Lantai type Flat Slab ini dari selisih berat besi lebih ekonomis daripada Desain Awal.