

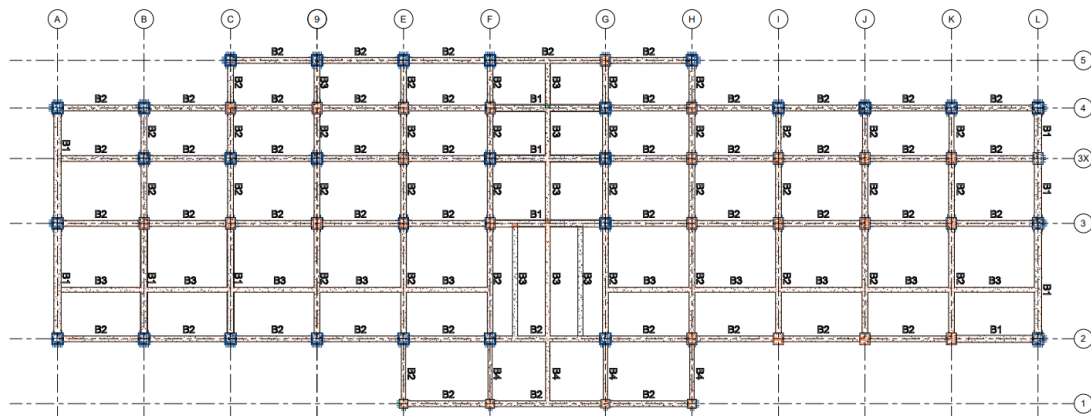
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Preliminary Design Struktur

4.1.1 Perhitungan Preliminary Design Balok

Langkah pertama pada perencanaan elemen struktur bangunan dimulai dengan desain awal (*preliminary design*). Rancangan desain awal ini bertujuan untuk menentukan dimensi elemen pada setiap struktur bangunan. Perhitungan *preliminary design* balok berdasarkan pada SNI 2847: 2013 dan SNI 2847: 2019.



Gambar 4. 1 Denah Perletakan Balok

Sumber: (Analisa Penulis, 2024)

Perhitungan dimensi panjang dan lebar balok mengacu pada SNI 2847: 2013, tabel 9.5, yang mengatur mengenai dimensi panjang dan lebar balok. Data perencanaan desain awal (*preliminary design*) balok sebagai berikut:

Jenis balok	= B2
Lantai	= 2
Panjang balok	= 6 meter
Mutu Tulangan	= BJTD-42 = 420 MPa
	= BJTP-24 = 240 MPa

Direncanakan dimensi balok berdasarkan SNI 2847 : 2013 yaitu $h > \frac{L}{16}$ untuk perletakan sederhana.

$$h > \frac{L}{16}$$

$$h > \frac{400}{16}$$

$h > 25$ cm, maka yang dipasang = 40 cm

$$b = \frac{2}{3} \times h$$

$$b = \frac{2}{3} \times 40$$

$b = 26.666$ cm, maka yang dipasang = 30 cm

Berdasarkan perhitungan di atas, diperoleh dimensi balok tipe B2 sebesar 60/40 cm. Hasil perhitungan desain awal (*preliminary design*) balok dalam disajikan dalam tabel dibawah ini:

Tabel 4. 1 Rekapitulasi Dimensi Balok

No	Jenis Balok	Bentang (mm)	h min (mm)	h dipakai (mm)	b min (mm)	b dipakai (mm)
1	TB1	6000	375	450	450	600
2	B1	8000	500	700	466,7	500
2	B2	6000	375	600	400	400
3	B3	6000	285,7	500	333,3	350
6	B4	6000	375	400	266,6	300

Sumber: (Analisa Penulis, 2024)

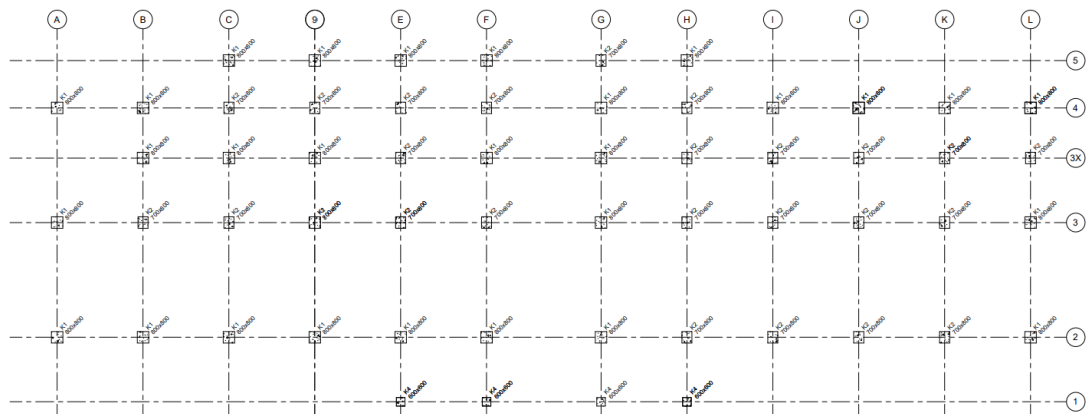
Dimensi balok yang telah didapatkan harus memenuhi batas tinggi dan lebar efektif yang tertera pada SNI 2847 : 2019 pada tabel 4.2. Berikut adalah syarat tinggi dan lebar efektif dimensi balok.

Tabel 4. 2 Syarat Tinggi dan Lebar Efektif

No	Jenis Balok	Dimensi Balok (mm)	Lebar efektif (d) (mm)	Bentang Bersih (Ln) (mm)	Syarat (d) 2847:2019 Pasal 18.6.2.1.	Syarat Lebar Efektif SNI 2847:2019 Pasal 18.6.2.1.
1	TB1	450 x 600	560	5100	OK	OK
2	B1	500 x 700	660	7300	OK	OK
3	B2	400 x 600	560	5100	OK	OK
4	B3	350 x 500	460	5100	OK	OK
5	B4	300 x 400	360	5100	OK	OK

Sumber: (Analisa Penulis, 2024)

4.1.2 Perhitungan *Preliminary Design* Kolom



Gambar 4. 2 Denah Kolom

Sumber: (Analisa Penulis, 2024)

Berikut merupakan data *preliminary design* kolom:

Jenis Kolom = K4

Lantai = 2

Panjang kolom = 4 meter

Bentang balok = 6 meter

$$h_{\text{balok}} = 60 \text{ cm}$$

$$b_{\text{balok}} = 40 \text{ cm}$$

$$\text{Mutu Tulangan} = \text{BJTD-42}$$

$$= \text{BJTP-24}$$

Perhitungan rencana dimensi kolom 60/60 sesuai dengan ketentuan SNI 2847 : 2013 ialah sebagai berikut:

$$\frac{1 \text{ kolom}}{l \text{ kolom}} \geq \frac{1 \text{ balok}}{l \text{ balok}}$$

$$\frac{1 b \times h^3}{12 \times H \text{ kolom}} \geq \frac{1 \times b \times h^3}{12 \times L \text{ balok}}$$

$$\frac{\frac{1}{12} \times h^4}{H \text{ kolom}} \geq \frac{\frac{1}{12} \times b \times h^3}{L \text{ balok}}$$

$$\frac{\frac{1}{12} \times h^4}{400} \geq \frac{\frac{1}{12} \times 60 \times 60^3}{600}$$

$$h \geq 48,987$$

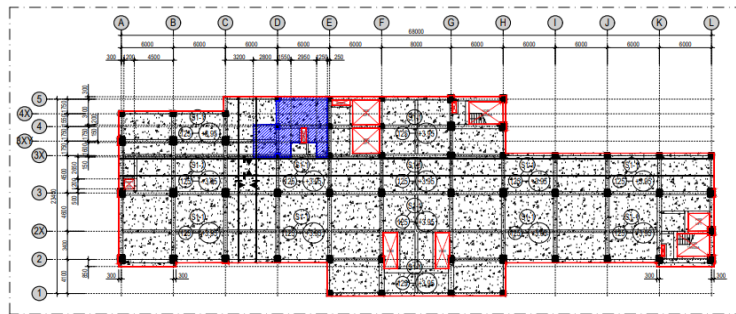
Sehingga rencana dimensi kolom K4 adalah 60/60 cm. Berikut adalah rekapitulasi perhitungan dimensi kolom.

Tabel 4. 3 Rekapitulasi Dimensi Kolom

Tipe	Tinggi Kolom (cm)	Bentang Balok (cm)	Dimensi Balok (cm)		h minimum	Dimensi kolom (cm)	
			h	B		h	b
K1	400	600	70	50	67,272	80	80
K2	400	600	60	40	61,256	80	70
K3	400	800	50	35	48,990	80	60
K4	400	800	40	30	41,326	60	60

Sumber: (Analisa Penulis, 2024)

4.1.3 Perhitungan *Preliminary Design* Pelat Lantai



Gambar 4. 3 Denah Plat Lantai
Sumber: (Analisa Penulis, 2024)

Pelat dengan rencana dimensi 8 m x 6 m adalah pelat dua arah nonprategang yang ada pada SNI 2847:2019. Perhitungan dimensi pelat lantai dihitung sebagai berikut:

- Jarak Bersih Bentang Panjang (L_n):

$$L_n = 6 - \frac{1}{2} (0,4 + 0,4)$$

$$L_n = 5,6 \text{ m}$$

- Jarak Bersih Bentang Pendek (S_n):

$$S_n = 4,5 - \frac{1}{2} (0,4 + 0,4)$$

$$S_n = 4,1 \text{ m}$$

$$\frac{L_n}{S_n} = \frac{5,6}{4,1} = 1,366, \text{ Pelat dua arah}$$

Perhitungan tebal minimum pelat lantai dengan f_y 420 MPa berdasarkan SNI 2847:2019 adalah sebagai berikut:

$$T = \frac{L_n \times 0,8 + f_y / 1400}{33 + 9}$$

$$T = \frac{560 \times 0,8 + 420 / 1400}{42} = 13,483 \text{ cm}$$

Sehingga tebal pelat lantai yang dipasang adalah 15 cm

4.2. Perhitungan Pembebanan Struktur

4.2.1. Perhitungan Beban Mati

Beban mati adalah beban yang berasal dari elemen struktur maupun elemen

arsitektural yang tetap dan tidak berubah seiring waktu. Klasifikasi beban mati dalam perencanaan ulang kali ini mengacu pada PPIUG 1983. Berikut adalah klasifikasi beban mati dalam perencanaan ulang Gedung Pusat Terpadu RSUD Sidoarjo:

- Beban Mati Plat Lantai

Beban Plat Sendiri	$= 0,15 \times 2400$
	$= 360 \text{ Kg/m}^2$
Beban Spesi	$= 2,5 \times 21$
	$= 52,5 \text{ Kg/m}^2$
Beban Keramik	$= 0,01 \times 2200$
	$= 22 \text{ Kg/m}^2$
Beban Penggantung dan Plafon	$= 18 \text{ Kg/m}^2$
Beban Perpipa-an Air	$= 25 \text{ Kg/m}^2$
Beban <i>ME</i>	$= 19 \text{ Kg/m}^2$
Total Beban Mati Plat Lantai	$= 496,5 \text{ Kg/m}^2$

- Beban Mati Plat Atap

Beban Plat Sendiri	$= 0,15 \times 2400$
	$= 360 \text{ Kg/m}^2$
Beban Penggantung dan Plafond	$= 18 \text{ Kg/m}^2$
Beban Waterproof	$= 5 \text{ Kg/m}^2$
Beban Perpipa-an Air	$= 25 \text{ Kg/m}^2$
Berat <i>ME</i>	$= 19 \text{ Kg/m}^2$
Total Beban Mati Plat Lantai	$= 427 \text{ Kg/m}^2$

- Beban Mati Dinding

Bata ringan (400 cm) $700 \times 0,1 \times 4$	$= 280 \text{ Kg/m}^2$
Plester (400 cm) $20 \times 0,01 \times 4$	$= 0,8 \text{ Kg/m}^2$
Acian (400 cm) $3 \times 0,002 \times 4$	$= 0,024 \text{ Kg/m}^2$
Total Beban Mati Dinding	$= 260,824 \text{ Kg/m}^2$

4.2.2 Perhitungan Beban Hidup (*Live Load*)

Hasil perhitungan beban hidup pada perencanaan ulang Gedung Pusat Terpadu RSUD Sidoarjo adalah sebagai berikut:

- Beban Hidup (Rumah Sakit) = 250 Kg/m²
- Beban Hidup (*Human Traffic*) = 391 Kg/m²
- Beban Hidup (Lantai Atap) = 100 Kg/m²
- Beban Hujan (Atap) = 25 Kg/m²

4.2.3 Perhitungan Beban Atap

a. Beban Mati (D)

$$\text{Beban penutup atap} = 50 \text{ kg/m}^2 \times 6 \text{ m} \times 0,84 \text{ m} = 252 \text{ kg}$$

Beban mati

$$q = D = 252 \text{ kg}$$

$$q_y = q \cos \alpha = 252 \cos 45^\circ = 178,191 \text{ kg}$$

$$q_x = q \sin \alpha = 252 \sin 45^\circ = 178,191 \text{ kg}$$

b. Beban hidup orang yang memasang atap (L)

$$\text{Beban orang} = 100 \text{ kg/m}^2 \times 6 \text{ m} \times 0,84 \text{ m} = 504 \text{ kg}$$

Beban hidup

$$L = P = 504 \text{ kg}$$

$$P_y = P \cos \alpha = 504 \cos 45^\circ = 356,382 \text{ kg}$$

$$P_x = P \sin \alpha = 504 \sin 45^\circ = 356,382 \text{ kg}$$

c. Beban hidup yang tidak dapat dicapai orang (La)

$$\text{Beban orang} = 20 \text{ kg/m}^2 \times 6 \text{ m} \times 0,84 \text{ m} = 100,8 \text{ kg}$$

Beban hidup

$$L_a = P = 100,8 \text{ kg}$$

$$P_y = P \cos \alpha = 100,8 \cos 45^\circ = 71,276 \text{ kg}$$

$$P_x = P \sin \alpha = 100,8 \sin 45^\circ = 71,276 \text{ kg}$$

d. Beban hujan (H)

$$\text{Beban hujan} = 16 \text{ kg/m}^2 \times 6 \text{ m} \times 0,84 \text{ m} = 80,64 \text{ kg}$$

Beban hujan

$$H = H = 80,64 \text{ kg}$$

$$H_y = H \cos \alpha = 80,64 \cos 45^\circ = 57,02 \text{ kg}$$

$$H_x = H \sin \alpha = 80,64 \sin 45^\circ = 57,02 \text{ kg}$$

e. Beban angin (W)

$$\text{Beban angin} = 25 \text{ kg/m}^2 \times 1,2 \text{ m} \times 0,84 \text{ m} = 25,2 \text{ kg}$$

Beban angin

$$W = W = 25,2 \text{ kg}$$

$$W_y = W \cos \alpha = 25,2 \cos 45^\circ = 17,82 \text{ kg}$$

$$W_x = W \sin \alpha = 25,2 \sin 45^\circ = 17,82 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{– Beban angin tekan} &= c_1 \times 17,82 \\ &= 0,2 \times 17,82 = 3,563 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{– Beban angin hisap} &= c_2 \times 17,82 \\ &= -0,4 \times 17,82 = -7,128 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kombinasi pembebanan yang dipakai dalam SAP2000 adalah SNI 2002 yang dijabarkan sebagai berikut:

1). 1,4 D

2). 1,2 D + 1,6 L + 0,5 H

3). 1,2 D + 1,6 L_a + 0,8 W

Keterangan :

D = Beban mati

La = Beban hidup di atap yang ditimbulkan selama perawatan oleh pekerja

L = Beban hidup yang timbul oleh penggunaan gedung

W = Beban angin

H = Beban hujan

– **Pembebanan Arah sumbu X**

Diketahui momen yang terjadi :

$$D = 178,191 \text{ kg}$$

$$L = 356,382 \text{ kg}$$

$$La = 71,276 \text{ kg}$$

$$H = 17,82 \text{ kg}$$

$$W = 3,563 \text{ kg}$$

$$1) 1,4 D = 1,4 \times 142,553 = 297,5 \text{ kg}$$

$$2) 1,2 D + 1,6 L + 0,5 H$$

$$= 1,2 \times 178,191 + 1,6 \times 356,382 + 0,5 \times 17,82 = 791,951 \text{ kg}$$

$$3) 1,2 D + 1,6 La + 0,8 W$$

$$= 1,2 \times 178,191 + 1,6 \times 71,276 + 0,8 \times 3,563 = 330,721 \text{ kg}$$

Kombinasi pembebanan maksimum arah sumbu x yaitu pada kombinasi pembebanan ke-2 sebesar = 791,951 kg

– **Pembebanan Arah sumbu Y**

Diketahui momen yang terjadi :

$$D = 142,553 \text{ kg}$$

$$L = 356,382 \text{ kg}$$

$$L = 71,276 \text{ kg}$$

$$H = 17,82 \text{ kg}$$

$$W = -7,128 \text{ kg}$$

$$1) 1,4 D = 1,4 \times 142,553 = 297,5 \text{ kg}$$

$$2) 1,2 D + 1,6 L + 0,5 H$$

$$= 1,2 \times 178,191 + 1,6 \times 356,382 + 0,5 \times 17,82 = 791,951 \text{ kg}$$

$$3) 1,2 D + 1,6 L_a + 0,8 W$$

$$= 1,2 \times 178,191 + 1,6 \times 71,276 + 0,8 \times -7,128 = 332,168 \text{ kg}$$

Kombinasi pembebanan maksimum arah sumbu y yaitu pada kombinasi pembebanan arah ke-2 sebesar = 791,951 kg

f. Kontrol Penampang

Dengan menggunakan mutu baja profil $f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$

Profil baja WF 350.175

$$h = 350 \text{ mm}$$

$$b_f = 175 \text{ mm}$$

$$t_1 = 7 \text{ mm}$$

$$t_2 = 11 \text{ mm}$$

$$r = 14 \text{ mm}$$

$$A = 350,00 \text{ cm}^2$$

$$\omega_x = 775,00 \text{ cm}^3$$

$$\omega_y = 112,00 \text{ cm}^3$$

$$\text{Mutu baja profil, } f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$E = 2.10^6 \text{ kg/cm}^2 = 2.10^{10} \text{ kg/m}^2$$

$$f_u = 4000 \text{ kg/cm}^2$$

– Pengecekan Momen Tahanan Penampang

$$\sigma \geq \frac{Mx_{max}}{\omega_x}$$

$$\sigma \geq \frac{791,891 \cdot 10^2}{775}$$

$$2500 \text{ kg/cm}^2 \geq 102,179 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{..... Memenuhi}$$

$$\sigma \geq \frac{My \text{ max}}{\omega y}$$

$$\sigma \geq \frac{791,891 \cdot 10^2}{112}$$

$$2500 \text{ kg/cm}^2 \geq 707,045 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{..... Memenuhi}$$

4.2.4. Perhitungan Beban Gempa

Gaya gempa yang akan diterapkan pada perencanaan ulang Gedung Pusat Terpadu RSUD Sidoarjo yang berada di Kecamatan Sidoarjo, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur berdasar peraturan SNI 1726:2019. Berikut merupakan parameter – parameter yang diterapkan untuk menentukan beban gempa:

A. Kategori risiko struktur bangunan dan faktor keutamaan gempa (I_e)

Berdasarkan Tabel 1 SNI 1726:2019, bangunan gedung rumah sakit dan fasilitas kesehatan termasuk bangunan yang penting, maka berdasarkan Tabel 3 SNI 1726:2019 bangunan Gedung RSUD Sidoarjo memiliki kategori risiko IV yang faktor keutamaan gempanya (I_e) : 1.5.

Tabel 4. 4 Kategori Risiko Bangunan Gedung Untuk Beban Gempa

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
Gedung dan nongedung yang dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk: - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah ibadah - 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, tsunami, 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 Gedung dan nongedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.	IV

Sumber: (SNI 1726:2019 Tabel 3)

Tabel 4. 5 Faktor Keutamaan Gempa (I_e)

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

Sumber: (SNI 1726:2019 Tabel 4)

B. Kelas Situs

Hasil uji tanah pada pengujian yang telah dilakukan dapat menentukan Kelas Situs. Hasil uji tanah yang telah diuji adalah jenis *SE* (tanah lunak).

Tabel 4. 6 Kelas Situs

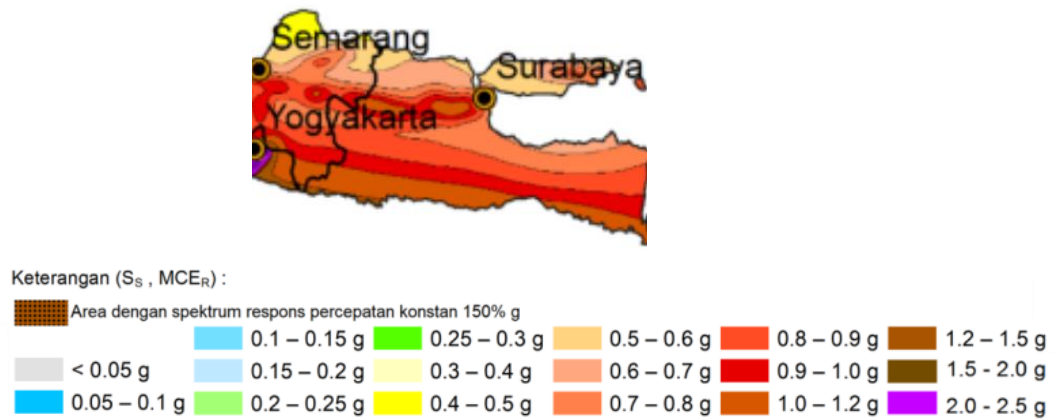
Kelas situs	$\bar{V}_s$ (m/detik)	$\bar{N}$ atau $\bar{N}_{ch}$	$\bar{s}_u$ (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	< 175	<15	< 50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40\%$, 3. Kuat geser nirair $\bar{s}_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus,yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 0)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - 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)		

Sumber: (SNI 1726:2019)

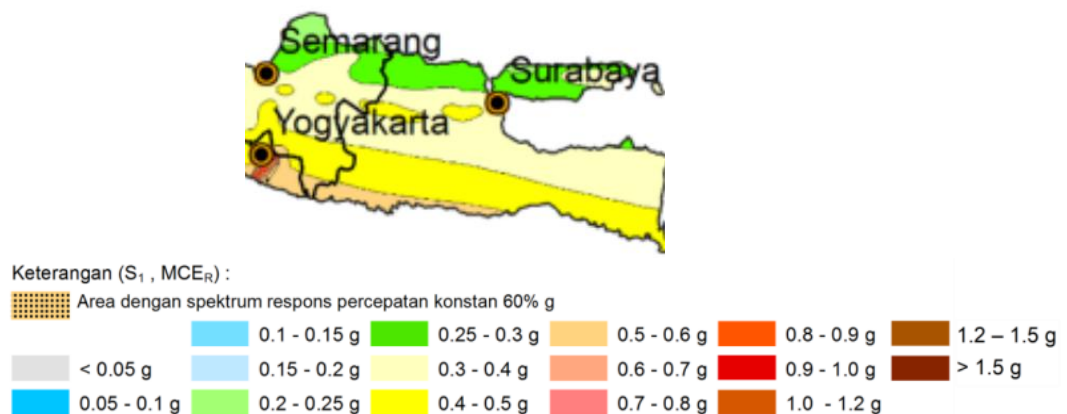
C. Beban Gempa Respons Spektrum

1) Nilai S_s dan S_1

Untuk menentukan Nilai S_s dan S_1 mengacu pada gambar 15 dan 16 SNI 1726: 2019.

Gambar 4. 4 Parameter gerak tanah S_s

Sumber: (SNI 1726:2019)



Gambar 4. 5 Parameter gerak tanah S_1

Sumber: (SNI 1726:2019)

Dari peta diatas dapat ditentukan bahwa nilai S_s adalah 0,7678 dan S_1 adalah 0,3414.

2) Menentukan Nilai F_a dan F_v

Nilai faktor amplifikasi getaran periode pendek (F_a) dan faktor amplifikasi getaran pada periode 1 detik ditentukan berdasarkan tabel 6 dan tabel 7 SNI 1726:2019.

Tabel 4. 7 Koefisien Situs F_a

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, $T = 0,2$ detik, S_s					
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s = 1,25$	$S_s \geq 1,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
SE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
SF	$SS^{(a)}$					

Sumber: (SNI 1726:2019 Tabel 6)

Tabel 4. 8 Koefisien Situs F_v

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada periode 1 detik, S_1					
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 = 0,5$	$S_1 \geq 0,6$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
SD	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0
SF	$SS^{(a)}$					

Sumber: (SNI 1726:2019 Tabel 7)

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui bahwa nilai F_a adalah 1,286 dan F_v adalah 2,634.

3) Menentukan Nilai S_{M1} dan S_{MS}

Nilai S_{MS} dan S_{M1} dapat dihitung seperti ini:

$$\begin{aligned} S_{MS} &= S_s \times F_a \\ &= 0,7678 \times 1,286 \\ &= 0,9872 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{M1} &= S_1 \times F_v \\ &= 0,3413 \times 2,634 \\ &= 0,8994 \text{ g} \end{aligned}$$

4) Perhitungan Nilai S_{Ds} dan S_{D1}

Respon spektral desain percepatan gempa untuk periode pendek (S_{Ds}) dan periode 1 detik (S_{D1}) mengacu pada Pasal 6.3 peraturan SNI 1726: 2019 yang dirumuskan pada perhitungan berikut:

$$\begin{aligned} S_{D1} &= \frac{2}{3} \times S_{M1} \\ &= \frac{2}{3} \times 0,8994 \\ &= 0,5996 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{DS} &= \frac{2}{3} \times S_{Ms} \\ &= \frac{2}{3} \times 0,9873 \\ &= 0,6581 \text{ g} \end{aligned}$$

D. Perhitungan Spektrum Respons Desain

1) Menentukan Nilai T_s dan T_0

Periode peralihan menuju *constant velocity* (T_s) dan periode peralihan menuju *constant acceleration* (T_0) merupakan nilai – nilai yang diperlukan untuk menentukan spektrum respon desain. Berikut adalah perhitungan nilai T_s dan T_0 berdasarkan SNI 1726:2019:

$$\begin{aligned} T_s &= S_{D1}/S_{DS} \\ &= 0,5996/0,6581 \\ &= 0,9110 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_0 &= 0,2 \times S_{D1}/S_{DS} \\ &= 0,2 \times 0,5996/0,6581 \\ &= 0,1822 \text{ detik} \end{aligned}$$

E. Menentukan Kategori Desain Seismik

Berdasarkan data-data yang telah didapat, selanjutnya menentukan klasifikasi desain seismik dengan merujuk pada SNI 1726:2019 tabel 8 dan 9 sebagai berikut:

Tabel 4. 9 Kategori Nilai 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 1726:2019)

Tabel 4. 10 Kategori Nilai S_{D1}

Nilai S_{D1}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,067$	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

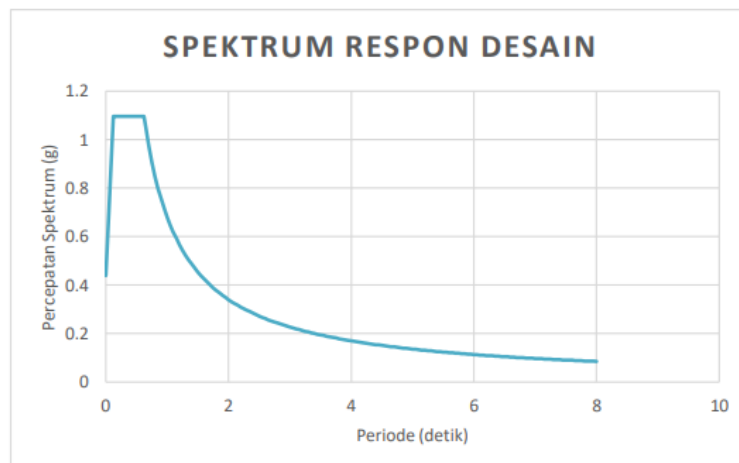
Sumber: (SNI 1726:2019)

Dengan kategori struktur bangunan IV sebagai berikut:

- nilai $S_{DS} = 0,65$
- nilai $S_{D1} = 0,59$

Maka kategori desain seismik yang dapat diterapkan adalah D.

Berikut adalah respon spektra berdasarkan lokasi struktur bangunan Gedung Pusat Terpadu RSUD Sidoarjo:



Gambar 4. 6 Kurva Respon Spektrum Desain
Sumber: (PT. Cipta Karya Multiteknik)

F. Menentukan Nilai Koefisien C_d , Ω_0 , dan R

Tabel 4. 11 Faktor dan koefisien untuk sistem pemikul gaya seismik

Sistem pemikul gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat lebih sistem, Ω_0^b	Faktor pembesaran defleksi, C_d^c	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_s (m) ^d				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^e	E ^e	F ^f
19. Dinding geser batu bata polos didetail	2	2½	2	TB	TI	TI	TI	TI
20. Dinding geser batu bata polos biasa	1½	2½	1½	TB	TI	TI	TI	TI
21. Dinding geser batu bata prategang	1½	2½	1½	TB	TI	TI	TI	TI
22. Dinding rangka ringan (kayu) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang dimaksudkan untuk tahanan geser	7	2½	4½	TB	TB	22	22	22
23. Dinding rangka ringan (baja canai dingin) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang dimaksudkan untuk tahanan geser, atau dengan lembaran baja	7	2½	4½	TB	TB	22	22	22
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 ^g	TI ^h	TI ^h
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3½	3	3	TB	TB	TI ⁱ	TI ⁱ	TI ⁱ
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus ^m	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 parsial 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 canai dingin pemikul momen khusus dengan pembautan ⁿ	3½	3 ^o	3½	10	10	10	10	10

Sumber: (SNI 1726:2019 Tabel 12)

Berdasarkan tabel tersebut dapat diketahui bahwa perencanaan bangunan ini menerapkan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) yang menggunakan nilai koefisien sebagai berikut:

Faktor Kuat Lebih Sistem (Ω_0) = 3

Koefisien Modifikasi Respons (R) = 8

Faktor Pembesaran Defleksi (C_d) = 5,5

G. Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebananan yang dimasukkan pada aplikasi *SAP2000*, yang tertera pada tabel berikut:

Tabel 4. 12 Kombinasi Pembebanan

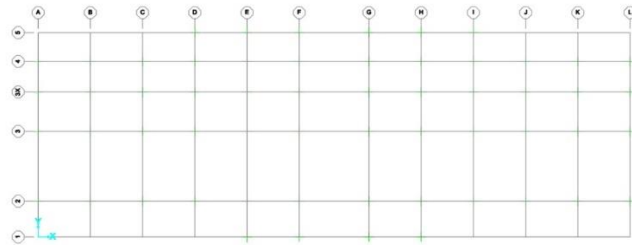
No	Kombinasi Pembebanan
1	1,4 DL + 1,4 SDL
2	1,2 DL + 1,2 SDL + 1,6 LL
3	1,34 DL + 1,34 SDL + 1 LL + 1 EqDx + 0,3 EqDy
4	1,34 DL + 1,34 SDL + 1 LL + 1 EqDx – 0,3 EqDy
5	1,34 DL + 1,34 SDL + 1 LL – 1 EqDx + 0,3 EqDy
6	1,34 DL + 1,34 SDL + 1 LL – 1 EqDx – 0,3 EqDy
7	1,34 DL + 1,34 SDL + 1 LL + 1 EqDy + 0,3 EqDx
8	1,34 DL + 1,34 SDL + 1 LL + 1 EqDy – 0,3 EqDx
9	1,34 DL + 1,34 SDL + 1 LL – 1 EqDy + 0,3 EqDx
10	1,34 DL + 1,34 SDL + 1 LL – 1 EqDy – 0,3 EqDx
11	0,75 DL + 0,75 SDL + 1 EqDx + 0,3 EqDy
12	0,75 DL + 0,75 SDL + 1 EqDx – 0,3 EqDy
13	0,75 DL + 0,75 SDL – 1 EqDx + 0,3 EqDy
14	0,75 DL + 0,75 SDL – 1 EqDx – 0,3 EqDy
15	0,75 DL + 0,75 SDL + 1 EqDy + 0,3 EqDx
16	0,75 DL + 0,75 SDL + 1 EqDy – 0,3 EqDx
17	0,75 DL + 0,75 SDL – 1 EqDy + 0,3 EqDx
18	0,75 DL + 0,75 SDL – 1 EqDy – 0,3 EqDx

Sumber: (SNI 1726:2019)

Yang dimana, kode D (Beban Mati) untuk beban tetap, SDL (Beban Mati Tambahan) untuk elemen tambahan permanen, LL (Beban Hidup) untuk beban sementara, Eqdx untuk beban gempa dinamis pada arah X, dan Eqdy untuk beban gempa dinamis pada arah Y.

4.3. Analisa Struktur Pada SAP 2000

1. Perencanaan *Grid As*

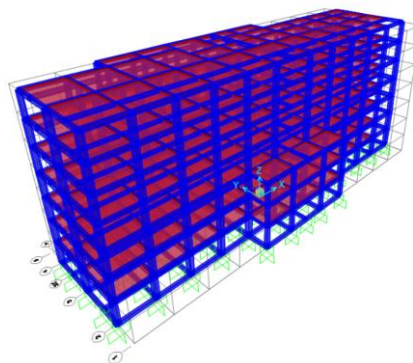


Gambar 4. 7 *Grid as* rencana
Sumber: (Analisa penulis, 2024)

Perencanaan garis as merupakan tahap awal pada perencanaan sebuah gedung. Garis as pada perencanaan gedung ini berdasarkan pada DED Gedung Pusat Terpadu RSUD Sidoarjo dengan beberapa modifikasi. Garis as arah x berjumlah 12 dengan jarak 6 dan 8 meter. Adapun as arah y berjumlah 6 dengan jarak beragam yaitu 8, 4,1 dan 3,5 meter.

2. Pemodelan Struktur

Komponen struktur yang direncanakan sesuai dengan *preliminary design* yang telah dihitung dengan 5 tipe dimensi balok, 4 tipe kolom, dan 1 tipe plat.



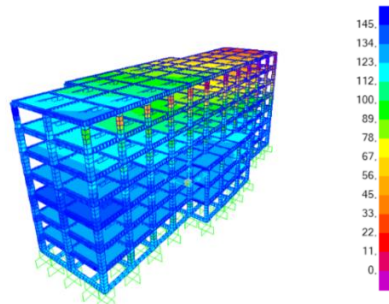
Gambar 4. 8 Pemodelan Struktur Atas
Sumber: (Analisa penulis, 2024)

3. Hasil Analisa Struktur

Hasil pembebanan yang ditampilkan dalam SAP2000 adalah beban yang telah dihitung pada subbab 4.2. Berikut ini adalah tampilan dari hasil pembebanan

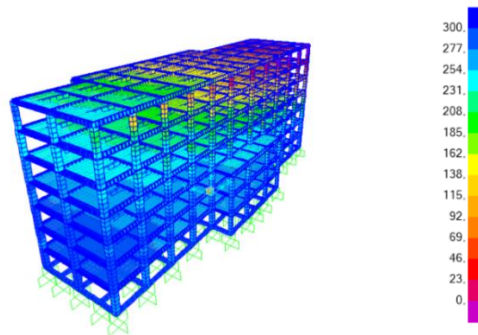
yang ada pada SAP2000:

a. Beban mati tambahan



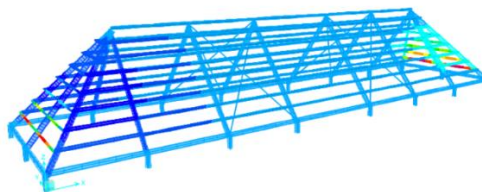
Gambar 4. 9 *Super Dead Load (SDL)*
Sumber: (Analisa penulis, 2024)

b. Beban hidup



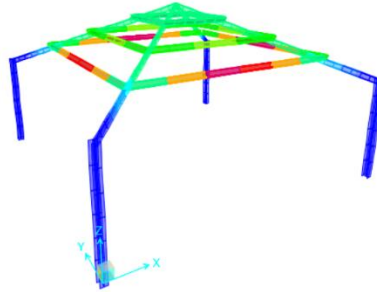
Gambar 4. 10 *Live Load*
Sumber: (Analisa penulis, 2024)

c. Beban Atap A1



Gambar 4. 11 *Beban Atap A1*
Sumber: (Analisa Penulis, 2024)

d. Beban Atap A2



Gambar 4. 12 Beban Atap A2

Sumber: (Analisa Penulis, 2024)

4. Kontrol Analisa Struktur

Hasil analisa struktur perencanaan ulang pada SAP2000 terdapat berbagai kontrol yang harus ditinjau yaitu:

A. Kontrol Analisa Beban Gempa

Pada hasil beban gempa terdapat tiga kontrol yang harus memenuhi syarat, yaitu:

1. Pemeriksaan Partisipasi Massa

Tabel 4. 13 Modal Partisipasi Massa

OutputCase	StepType Text	StepNum Unitless	Period Sec	UX Unitless	UY Unitless	UZ Unitless	SumUX Unitless	SumUY Unitless	SumUZ Unitless	RX Unitless
MODAL	Mode	1	1,492191	0,16025	0,58418	2,531E-08	0,16025	0,58418	2,531E-08	0,16733
MODAL	Mode	2	1,488457	0,59312	0,16662	3,453E-07	0,75337	0,7508	3,706E-07	0,04775
MODAL	Mode	3	1,359469	0,01007	0,00701	2,355E-07	0,76344	0,75781	6,061E-07	0,00212
MODAL	Mode	4	0,483416	4,263E-05	0,12241	1,596E-06	0,76348	0,88022	2,202E-06	0,25471
MODAL	Mode	5	0,469032	0,10794	0,00011	8,034E-07	0,87143	0,88033	3,008E-06	0,00021
MODAL	Mode	6	0,43779	0,00959	0,00014	2,613E-07	0,88101	0,88048	3,267E-06	0,00025
MODAL	Mode	7	0,254487	1,027E-06	0,04861	2,508E-05	0,88102	0,92909	2,835E-05	0,04982
MODAL	Mode	8	0,24417	0,03868	7,149E-06	6,423E-07	0,91969	0,9291	2,899E-05	1,043E-05
MODAL	Mode	9	0,233562	0,01168	1,05E-05	8,228E-09	0,93137	0,92911	2,9E-05	1,033E-05
MODAL	Mode	10	0,211128	4,165E-09	1,446E-05	0,05662	0,93137	0,92912	0,05665	0,01299
MODAL	Mode	11	0,208378	3,903E-09	1,238E-06	0,00023	0,93137	0,92912	0,05689	1,602E-05
MODAL	Mode	12	0,206545	5,267E-09	3,657E-05	0,00431	0,93137	0,92916	0,06119	0,0007

Sumber: (Analisa penulis, 2024)

Pada pasal 11.2.3.1 peraturan SNI 1726:2019 menyatakan bahwa analisis modal partisipasi massa wajib melampirkan hasil partisipasi massa lebih dari 90%. Pada hasil analisa struktur SAP2000 pada tabel 4.12, partisipasi massa struktur telah sesuai dengan SNI 1726:2019 yaitu nilainya lebih 90%.

2. Gaya Geser Dasar Dinamis dan Statis.

Hasil analisa struktur perbandingan pada tiap lantai yang ada di *SAP2000* mengakibatkan beban gempa arah x dan beban arah y berikut ini:

Tabel 4. 14 Cek Kontrol Simpangan Antar Lantai Arah X

Elevasi	Hsx	dx	Δx	Δa (Ijin)	kontrol
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	$\Delta x < \Delta$ ijin
Atap	4400	59,6029	18,0071	110	OK
7	4000	54,6919	26,2862	100	OK
6	4000	47,5229	34,2169	100	OK
5	4000	38,1910	40,4577	100	OK
4	4000	27,1571	41,7999	100	OK
3	4000	15,7572	38,4014	100	OK
2	4000	5,2840	19,3748	100	OK
Dasar	0,00	0,00	0,00	0,00	

Sumber: (Analisa penulis, 2024)

Tabel 4. 15 Cek Kontrol Simpangan Antar Lantai Arah Y

Elevasi	Hsx	dy	Δy	Δa (Ijin)	kontrol
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	$\Delta y < \Delta$ ijin
ATAP	4400	58,5379	17,9660	110	OK
LT.7	4000	53,6381	27,4885	100	OK
LT.6	4000	46,1412	35,5729	100	OK
LT.5	4000	36,4395	39,6314	100	OK
LT.4	4000	25,6310	38,8460	100	OK
LT.3	4000	15,0366	36,4958	100	OK
LT.2	4000	5,0832	18,6383	100	OK
Dasar	0,00	0,00	0,00	0,00	

Sumber: (Analisa penulis, 2024)

Berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 7.12.1, simpangan antar lantai (Δ) kurang dari simpangan tingkat izin (Δa). Hasil analisa pada SAP 2000 yang terdapat pada tabel 4.14 dan tabel 4.15 dapat disimpulkan bahwa simpangan antar lantai arah x dan arah y dinyatakan aman dengan aturan yang tertera pada pasal 7.12.1 peraturan SNI 1726:2019.

Tabel 4. 16 Cek Kontrol Gaya Geser Dinamis dan Statis

<i>Base Shear</i>	Dinamik (VD) Geser Dasar (kN)	Statik (VS) Geser Dasar (kN)	Faktor skala VS / VD	kontrol (VD) $\geq 100\%$ Vs
arah x	6325,50	5883,50	0,930124	OK
arah y	6300,78	5883,50	0,933773	OK

Sumber: (Analisa penulis, 2024)

Menurut hasil analisis gaya geser gempa yang ada di *SAP2000*, seperti yang terlihat pada tabel 4.16, telah memenuhi kontrol berdasarkan ketentuan pasal 7.9.1.4.1 peraturan SNI 1726:2019. Jika syarat ini tidak terpenuhi, maka perlu dilakukan perkalian dengan faktor skala.

3. Pemeriksaan Simpangan Antar Lantai

Hasil analisis struktur simpangan antar lantai pada *SAP2000* dan cek kontrol beban gempa disajikan pada tabel ini:

Tabel 4. 17 Cek Kontrol Simpangan Antar Lantai Arah X

Lantai	Hsx (mm)	Dx (mm)	Δx (mm)	Δa (Ijin) (mm)	kontrol $\Delta x < \Delta$ ijin
Atap	4400	59,6029	18,0071	110	OK
7	4000	54,6919	26,2862	100	OK
6	4000	47,5229	34,2169	100	OK
5	4000	38,1910	40,4577	100	OK
4	4000	27,1571	41,7999	100	OK
3	4000	15,7572	38,4014	100	OK
2	4000	5,2840	19,3748	100	OK
Dasar	0,00	0,00	0,00	0,00	

Sumber: (Analisa penulis, 2024)

Tabel 4. 18 Pemeriksaan Simpangan Antar Lantai Arah Y

Lantai	Hsx (mm)	dy (mm)	Δy (mm)	Δa (Ijin) (mm)	kontrol $\Delta y < \Delta$ ijin
ATAP	4400	58,5379	17,9660	110	OK
LT.7	4000	53,6381	27,4885	100	OK
LT.6	4000	46,1412	35,5729	100	OK
LT.5	4000	36,4395	39,6314	100	OK

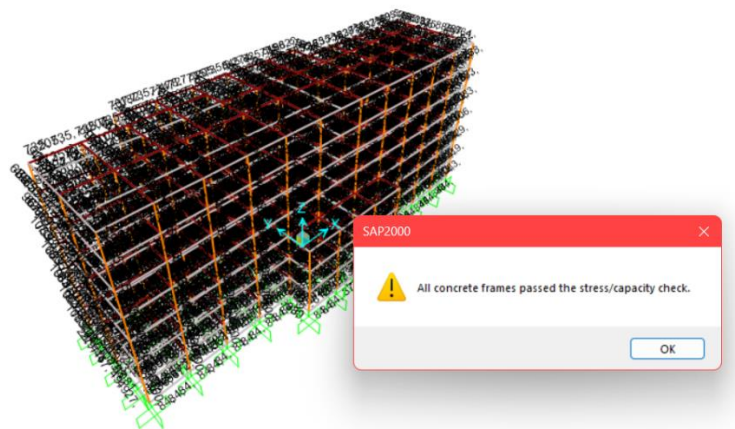
LT.4	4000	25,6310	38,8460	100	OK
LT.3	4000	15,0366	36,4958	100	OK
LT.2	4000	5,0832	18,6383	100	OK
Dasar	0,00	0,00	0,00	0,00	

Sumber: (Analisa penulis, 2024)

Berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 7.12.1, simpangan antar lantai (Δ) tidak lebih dari simpangan tingkat izin (Δ_a). Hasil analisa pada SAP 2000 yang terdapat pada tabel 4.14 dan tabel 4.15 dapat disimpulkan bahwa simpangan antar lantai arah x dan arah y memenuhi syarat berdasarkan aturan pasal 7.12.1 peraturan SNI 1726:2019.

B. Kontrol Analisa Rasio Struktur

Penampang pada struktur yang telah direncanakan perlu dilakukan pengecekan guna mengetahui kecocokan material dan dimensi. Selanjutnya dilakukan pengecekan kondisi struktur yang bekerja agar mengetahui bahwa penampang struktur tidak mengalami *overstressed*. Berdasarkan hasil analisa pada SAP2000 yaitu semua penampang struktur dikategorikan aman dan tidak mengalami *overstressed*.



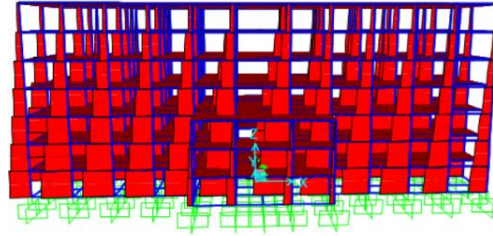
Gambar 4. 13 Hasil Pengecekan Kecocokan Struktur

Sumber: (Analisa Penulis, 2024)

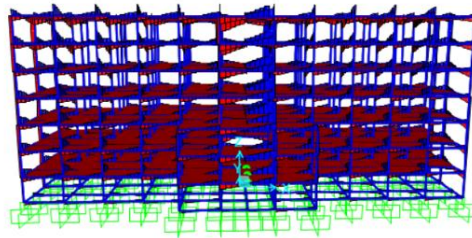
C. Pengecekan Hasil Gaya Dalam Struktur

Berikut merupakan hasil analisa gaya yang terjadi dalam struktur Gedung Pusat Terpadu RSUD Sidoarjo dengan menggunakan aplikasi SAP2000 yang

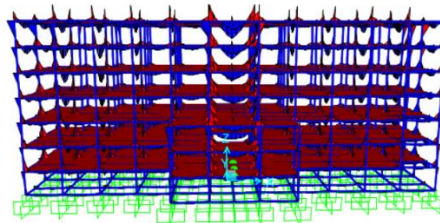
terdapat pada gambar 4.14, gambar 4.15, dan gambar 4.16.



Gambar 4. 14 Gaya Aksial
Sumber: (Analisa Penulis, 2024)



Gambar 4. 15 Gaya Lintang
Sumber: (Analisa Penulis, 2024)



Gambar 4. 16 Gaya Momen
Sumber: (Analisa Penulis, 2024)

4.4 Perhitungan Tulangan Balok

4.4.1 Perhitungan Tulangan Lentur Balok

Data umum balok yang direncanakan sebagai berikut:

Tipe balok : B1
Lantai : 2
As balok : 3 (G-H)

Lebar (b_{balok}) : 500 mm
 Tinggi (h_{balok}) : 700 mm
 Bentang (L_{balok}) : 8000 mm
 Tebal selimut : 40 mm
 Mutu baja : - Tulangan lentur → BJTD-42 (420 MPa)
 - Tulangan geser → BJTP-24 (240 MPa)
 Mutu beton : 25 MPa (f'_c)

Hasil analisa struktur aplikasi *SAP2000* yang berupa As Perlu, momen maksimal (MMax), gaya torsi (Tu), gaya aksial (Pu), dan gaya geser maksimum (VMax), yang mencakup gaya dalam balok seperti, selanjutnya dilakukan tinjauan kembali dengan perhitungan manual As min.

$$As_{min\ 1} = \frac{\sqrt{f'_c}}{f_y} \cdot b \cdot d$$

$$As_{min\ 2} = \rho_{min} \cdot b \cdot d$$

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

Direncanakan tipe balok B1 dengan tulangan D22

$$L_n = \text{bentang balok} - \frac{K_1}{2} - \frac{K_2}{2}$$

$$\begin{aligned}
 L_n &= 8000 - \frac{800}{2} - \frac{800}{2} \\
 &= 7600
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 As_{min\ 1} &= \frac{\sqrt{25}}{420} \times 500 \times 660 \\
 &= 982,143
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 As_{min\ 2} &= \frac{1,4}{420} \times 500 \times 660 \\
 &= 1100
 \end{aligned}$$

Tabel 4. 19 Rekapitulasi Desain Balok

Nama	Ukuran Balok (b x h)	Tinggi Efektif Balok (d)	Daerah	Posisi Tulangan	As Perlu (mm ²)		
					Output SAP2000	Perhitungan As min 1	Perhitungan As min 2
B1	500 x 700	660	Tumpuan	Atas	2325	982,143	1100
				Bawah	1106	982,143	1100
			Lapangan	Atas	733	982,143	1100
				Bawah	1217	982,143	1100
B2	400 x 600	560	Tumpuan	Atas	1455	479,167	536,667
				Bawah	735	479,167	536,667
			Lapangan	Atas	461	479,167	536,667
				Bawah	668	479,167	536,667
B3	350 x 500	460	Tumpuan	Atas	881	479,167	536,667
				Bawah	605	479,167	536,667
			Lapangan	Atas	348	479,167	536,667
				Bawah	388	479,167	536,667
B4	300 x 400	360	Tumpuan	Atas	744	479,167	536,667
				Bawah	358	479,167	536,667
			Lapangan	Atas	235	479,167	536,667
				Bawah	301	479,167	536,667
TB	450 x 600	560	Tumpuan	Atas	121	479,167	536,667
				Bawah	169	479,167	536,667
			Lapangan	Atas	116	479,167	536,667
				Bawah	135	479,167	536,667

Sumber: (Analisa penulis, 2024)

$$\begin{aligned}
 \text{Luas tulangan} &= \frac{\pi}{4} \phi^2 \\
 &= \frac{\pi}{4} 22^2 \\
 &= 380,133 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As terpasang} &= \phi \text{ luas tulangan} \times n \text{ dipasang} \\
 &= 380,133 \times 7 \\
 &= 3041,062
 \end{aligned}$$

Perhitungan desain lentur balok yang dihitung harus mematuhi syarat yang sudah ditetapkan yaitu:

- Nilai As yang dibutuhkan harus lebih kecil luas tulangan yang dipasang.
- Antar tulangan harus memiliki jarak bersih yang terpasang harus minimal 25 mm.
- Ketentuan As terpasang memiliki nilai yang lebih tinggi dari As min dan As perlu.

Tabel 4. 20 Rekapitulasi Tulangan Lentur Balok

Nama	Ukuran Balok (b x h)	Tinggi Efektif Balok (d)	Daerah	Letak Tulangan	As Perlu mm ²			Ø mm	Luas mm ²	Jumlah	As Terpasang mm ²	Jarak Bersih Antar Tulangan mm	Jarak Bersih >= db dan 25 mm?	Jumlah Lapis	Syarat As Terpasang >= As min	Syarat As Terpasang >= As Perlu	Dipasang		
					Output SAP2000	Perhitungan As min 1	Perhitungan As min 2												
B1	500 x 700	660	Tumpuan	Atas	2325	982,143	1100	22	380,13	7	2660,929	41	YA	1	OK	OK	7	D	22
				Bawah	1106	982,143	1100	22	380,13	4	1520,531	104	YA	1	OK	OK	4	D	22
			Lapangan	Atas	733	982,143	1100	22	380,13	4	1520,531	104	YA	1	OK	OK	4	D	22
				Bawah	1217	982,143	1100	22	380,13	5	1900,664	73	YA	1	OK	OK	5	D	22
B2	400 x 600	560	Tumpuan	Atas	1455	666,667	536,667	19	283,53	6	1701,172	27	YA	1	OK	OK	6	D	19
				Bawah	735	666,667	536,667	19	283,53	3	850,586	97	YA	1	OK	OK	3	D	19
			Lapangan	Atas	461	666,667	536,667	19	283,53	3	850,586	97	YA	1	OK	OK	3	D	19
				Bawah	668	666,667	536,667	19	283,53	4	1134,115	58	YA	1	OK	OK	4	D	19
B3	350 x 500	460	Tumpuan	Atas	881	479,167	536,667	16	201,06	6	1206,372	31	YA	1	OK	OK	6	D	16
				Bawah	605	479,167	536,667	16	201,06	4	804,248	62	YA	1	OK	OK	4	D	16
			Lapangan	Atas	348	479,167	536,667	16	201,06	4	804,248	62	YA	1	OK	OK	4	D	16
				Bawah	388	479,167	536,667	16	201,06	4	804,248	62	YA	1	OK	OK	4	D	16
B4	300 x 400	360	Tumpuan	Atas	744	321,429	536,667	16	201,06	4	804,248	62	YA	1	OK	OK	4	D	16
				Bawah	358	321,429	536,667	16	201,06	3	603,186	101	YA	1	OK	OK	3	D	16
			Lapangan	Atas	235	321,429	536,667	16	201,06	3	603,186	101	YA	1	OK	OK	3	D	16
				Bawah	301	321,429	536,667	16	201,06	4	804,248	62	YA	1	OK	OK	4	D	16
TB	450 x 600	560	Tumpuan	Atas	121	547,619	536,667	16	201,06	3	603,186	101	YA	1	OK	OK	3	D	16
				Bawah	169	547,619	536,667	16	201,06	4	804,248	62	YA	1	OK	OK	4	D	16
			Lapangan	Atas	116	547,619	536,667	16	201,06	4	804,248	62	YA	1	OK	OK	4	D	16
				Bawah	135	547,619	536,667	16	201,06	3	603,186	101	YA	1	OK	OK	3	D	16

Sumber : (Analisa penulis, 2024)

4.4.2 Perhitungan Tulangan Sengkang Balok

Setelah menghitung tulangan balok lentur, kemudian dilanjut menghitung tulangan sengkang balok dari analisa SAP2000 yakni gaya A_v /Sperlu yang dibutuhkan untuk menghitung desain rencana yang telah memenuhi aturan. Syarat untuk spasi maksimum tertera pada Tabel 10.7.6.5.2 tentang Persyaratan spasi maksimum tulangan geser.

Tabel 4. 21 Batasan Spasi Tulangan Sengkang

Tabel 10.7.6.5.2 – Persyaratan spasi maksimum tulangan geser

V_s	Spasi maksimum, s, mm		
		Kolom nonprategang	Kolom prategang
$\leq 0,33\sqrt{f_c} \cdot b_w d$	Terkecil dari:	$d/2$	$3h/4$
		600	
$> 0,33\sqrt{f_c} \cdot b_w d$	Terkecil dari:	$d/4$	$3h/8$
		300	

Sumber: (SNI 2847 Tabel 10.7.6.5.2, 2019)

Syarat ketentuan spasi tulangan:

- $S_{perlu} < S_{max}$ maka dipakai S_{perlu} .
- $S_{perlu} > S_{max}$ maka dipakai S_{max} .
- Dibulatkan kedalam angka terdekat lalu dipakai pada S pasang.

Direncanakan tumpuan balok B1 dengan tulangan geser ukuran $\emptyset 10$ mm, gaya A_v /Sperlu tumpuan 1,435 dan lapangan 0,986 dengan tinggi efektif balok (d) 660 mm.

$$\begin{aligned}
 \text{Luas tulangan} &= \frac{\pi}{\text{Jumlah kaki}} \emptyset^2 \\
 &= \frac{\pi}{1} 10^2 \\
 &= 78,54 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S \text{ perlu} &= \frac{\text{Luas tulangan}}{A_v/S_{\text{perlu}}} \\
 &= \frac{78,54}{0,812} \\
 &= 96,724 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{\text{pasi max}} &= \frac{d}{4} \\
 &= \frac{660}{4} \\
 &= 165 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

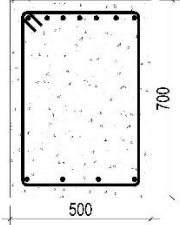
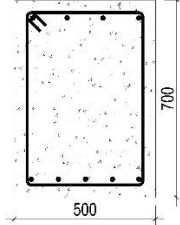
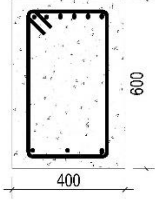
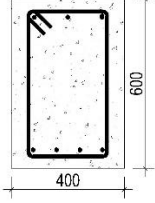
Karena $S_{\text{perlu}} < S_{\text{pasi max}}$ maka dipilih S_{perlu} , jadi B1 untuk Tumpuan menggunakan **Ø10-100**.

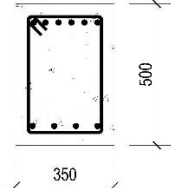
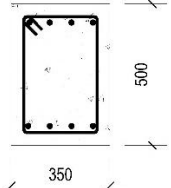
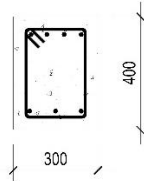
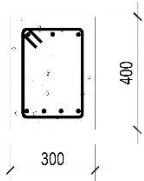
Tabel 4. 22 Rekapitulasi Tulangan Geser Balok

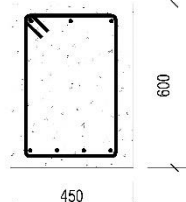
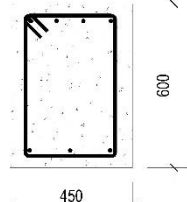
Nama	Ukuran Balok (b x h)			Tinggi Efektif Balok (d)	Daerah	Av / S perlu mm ² / mm	Ø mm	Jumlah Kaki	Luas mm ²	S perlu mm	Spasi Max 1 mm	Cek Spasi	S pakai mm	Dipasang				
B1	500	x	700	660	Tumpuan	0,812	10	1	78,54	96,72	165	Pakai S Perlu	96,724	1	D	10	-	100
					Lapangan	0,456	10	1	78,54	172,2	330	Pakai S Perlu	172,236	1	D	10	-	200
B2	400	x	600	460	Tumpuan	0,765	10	1	78,54	102,7	115	Pakai S Perlu	102,666	1	D	10	-	100
					Lapangan	0,412	10	1	78,54	190,6	230	Pakai S Perlu	190,631	1	D	10	-	200
B3	350	x	500	460	Tumpuan	0,981	10	1	78,54	80,06	115	Pakai S Perlu	80,061	1	D	10	-	100
					Lapangan	0,441	10	1	78,54	178,1	230	Pakai S Perlu	178,095	1	D	10	-	200
B4	300	x	400	360	Tumpuan	0,821	10	1	78,54	95,66	90	Pakai S Max	90,000	1	D	10	-	100
					Lapangan	0,421	10	1	78,54	186,6	180	Pakai S Max	186,555	1	D	10	-	200
TB	450	x	600	560	Tumpuan	0,512	10	1	78,54	153,4	140	Pakai S Max	153,398	1	D	10	-	150
					Lapangan	0,407	10	1	78,54	193	280	Pakai S Perlu	192,973	1	D	10	-	200

Sumber: (Analisa penulis, 2024)

Tabel 4. 23 Detail Tulangan Balok

KODE TYPE	B1 (TIEBEAM TYPE 500x700)		B2 (TIEBEAM TYPE 400x600)	
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN
MODEL				
DIMENSI (MM)	500 X 700	500 X 700	400 X 600	400 X 600
TULANGAN ATAS	7 D22	4 D19	6 D19	3 D19
TULANGAN TENGAH	-	-	-	-
TULANGAN BAWAH	4 D22	5 D19	3 D19	4 D19
SENGKANG	D10-100	D10-200	D10-100	D10-200
MUTU BETON	FC' 25 MPA	FC' 25 MPA	FC' 25 MPA	FC' 25 MPA
SELIMUT BETON (MM)	40 MM	40 MM	40 MM	40 MM

KODE TYPE	B3 (TIEBEAM TYPE 350x500)		B4 (TIEBEAM TYPE 300x400)	
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
MODEL				
DIMENSI (MM)	300 X 400	300 X 400	300 X 400	300 X 500
TULANGAN ATAS	6 D16	4 D16	4 D16	3 D16
TULANGAN TENGAH	-	-	-	-
TULANGAN BAWAH	4 D16	4 D16	3 D16	4 D16
SENGKANG	D10-100	D10-200	D10-100	D10-200
MUTU BETON	FC' 25 MPA	FC' 25 MPA	FC' 25 MPA	FC' 25 MPA
SELIMUT BETON (MM)	40 MM	40 MM	40 MM	40 MM

KODE TYPE	TB (TIEBEAM TYPE 450x600)	
	TUMPUAN	LAPANGAN
MODEL		
DIMENSI (MM)	450 X 600	450 X 600
TULANGAN ATAS	4 D16	3 D16
TULANGAN TENGAH	-	-
TULANGAN BAWAH	3 D16	4 D16
SENGKANG	D10-150	D10-200
MUTU BETON	FC' 25 MPA	FC' 25 MPA
SELIMUT BETON (MM)	40 MM	40 MM

Sumber: (Analisa Penulis,2024)

4.5. Perhitungan Tulangan Kolom

4.5.1 Perhitungan Tulangan Lentur Kolom

Data umum kolom yang direncanakan sebagai berikut:

- Tipe balok : K1
- As kolom : 3-G (Lantai 2)
- Lebar : 800 mm
- Panjang : 800 mm
- Tinggi : 4000 mm
- Tebal selimut : 40 mm
- Mutu beton : 25 MPa (f'_c)
- Mutu baja
- Tulangan lentur : BJTD-42 (420 MPa)
 - Tulangan geser : BJTP-24 (240 MPa)

Perhitungan desain tulangan lentur pada kolom dilakukan dengan menggunakan data yang diperoleh dari hasil analisis SAP2000, yang mencakup gaya aksial (P_u) kolom dan kebutuhan luas tulangan (A_s).

Tabel 4. 24 Gaya pada kolom

Nama	Ukuran Kolom	As perlu mm^2	Gaya Aksial
K1	800 X 800	6400	3472
K2	800 X 700	5600	2463
K3	800 X 600	4800	2133
K4	600 X 600	3600	1902

Sumber: (Analisa penulis, 2024)

Menurut ketentuan SPRMK yang tercantum pada SNI 2847:2019, perencanaan desain tulangan kolom harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

- a) Gaya tekan aksial terfaktor (P_u) harus lebih besar dari $A_g f_c' / 10$ (Pasal 21.6.1 peraturan SNI 2847:2013).
- b) Panjang dimensi penampang terpendek, yang diukur dari garis yang melalui pusat geometri, harus lebih besar dari 300 mm (Pasal 18.7.2.1 peraturan SNI 2847:2019).
- c) Rasio dimensi penampang terkecil dengan dimensi tegak lurus nya harus lebih dari 0,4 (Pasal 18.7.2.1 Peraturan SNI 2847:2019).
- d) Luas tulangan longitudinal (A_{st}) harus antara $0,01A_g$ sampai $0,06A_g$ (Pasal 18.7.4.1 peraturan SNI 2847:2019).
- e) Nilai A_s perlu harus lebih kecil dari A_s pasang.

Desain tulangan utama kolom ditinjau ulang berdasarkan persyaratan di atas, dan hasil rekapitulasi tulangan lentur kolom disajikan sebagai berikut:

Tabel 4. 25 Desain Tulangan Lentur Kolom

Nama	Ukuran Kolom	As perlu mm ² (Output SAP2000)	Ø mm	Luas mm ²	Jumlah	As Terpasang mm ²	Syarat As Terpasang >= As perlu	Dipasang	Syarat Gaya dan Geometri			Cek Rasio Tulangan	
									Syarat Gaya Aksial SNI 2847:2013 Pasal 21.6.1	Syarat Sisi Terpendek SNI 2847:2019 Pasal 18.7.2.1	Syarat Rasio Dimensi Penampang SNI 2847:2019 Pasal 18.7.2.1	Cek ρ min & ρ max SNI 2847:2019 Pasal 18.7.4.1	
K1	800 x 800	6400	22	380,13	24	9123	OK	24 D 22	OK	OK	OK	1,14%	OK
K2	800 x 700	5600	22	380,13	18	6842	OK	18 D 22	OK	OK	OK	1,22%	OK
K3	800 x 600	4800	19	283,53	18	5104	OK	18 D 19	OK	OK	OK	1,06%	OK
K4	600 x 600	3600	19	283,53	16	4536	OK	16 D 19	OK	OK	OK	1,26%	OK

Sumber: (Analisa penulis, 2024)

4.5.2. Perhitungan Tulangan Senggang kolom

Perhitungan tulangan sengkang kolom dari data yang diperoleh dari hasil *reinforcement* tulangan SAP2000 berupa gaya A_v/S_{perlu} yang dibutuhkan untuk menghitung desain rencana yang telah memenuhi aturan. Syarat untuk spasi maksimum tertera pada tabel berikut ini.

Tabel 4. 26 Persyaratan Tulangan Senggang

Tabel 10.7.6.5.2 – Persyaratan spasi maksimum tulangan geser

V_s	Spasi maksimum, s, mm		
		Kolom nonprategang	Kolom prategang
$\leq 0,33\sqrt{f_c'}b_wd$	Terkecil dari:	$d/2$	$3h/4$
		600	
$> 0,33\sqrt{f_c'}b_wd$	Terkecil dari:	$d/4$	$3h/8$
		300	

Sumber: (SNI 2847:2019)

Syarat ketentuan spasi tulangan:

- $S_{perlu} < S_{max}$ maka dipakai S_{perlu} .
- $S_{perlu} > S_{max}$ maka dipakai S_{max} .
- Dibulatkan kedalam angka terdekat lalu dipakai pada S pasang.

Direncanakan tumpuan kolom K1 dengan tulangan geser ukuran $\emptyset 13$ mm dengan 4 jumlah kaki dan gaya A_v/S_{perlu} tumpuan 3,011.

$$\text{Luas tulangan} = \frac{\pi}{\text{Jumlah kaki}} \emptyset^2$$

$$= \frac{\pi}{4} 13^2$$

$$= 530,93 \text{ mm}^2$$

$$S_{perlu} = \frac{\text{Luas tulangan}}{A_v/S_{perlu}}$$

$$= \frac{530,93}{3,011}$$

$$= 176,3 \text{ mm}^2$$

$$\text{Spasi max} = \frac{(l-50)}{2}$$

$$= \frac{750}{4}$$

$$= 375 \text{ mm}$$

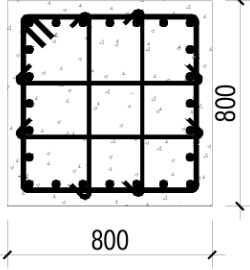
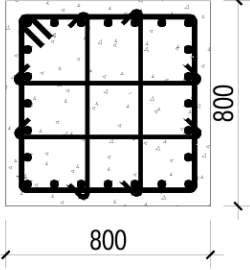
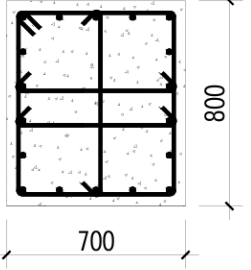
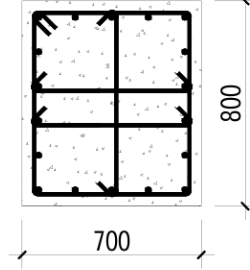
Karena $S_{perlu} < S_{pasi \text{ max}}$ maka dipilih S_{perlu} , jadi K1 menggunakan tulangan geser **Ø10-150**

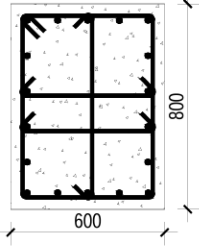
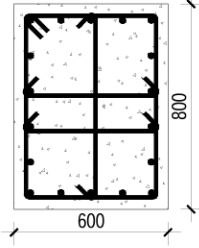
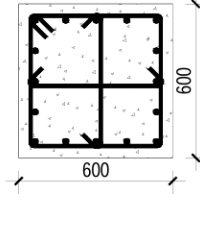
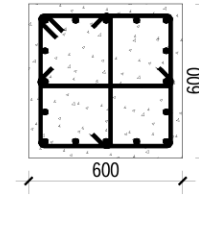
Tabel 4. 27 Desain Tulangan Senggang Kolom

Ukuran Kolom	A_v / S_{perlu} mm ² / mm	Ø mm	Jumlah Kaki	Luas mm ²	S perlu mm	Spasi Max 1 mm	Spasi Max 2 mm	Cek Spasi	S pakai mm	Dipasang
800 x 800	3,011	13	4	530,93	176,3	375	600	Pakai S Perlu	176	4 D 13 - 150
800 x 700	1,533	10	3	235,62	153,7	325	600	Pakai S Perlu	153	3 D 10 - 150
800 x 600	1,356	10	3	235,62	173,8	275	600	Pakai S Perlu	173	3 D 10 - 150
600 x 600	1,106	10	2	157,08	142	275	600	Pakai S Perlu	142	2 D 10 - 150

Sumber: (Analisa penulis, 2024)

Tabel 4. 28 Detail Tulangan Kolom

KODE TIPE	K1 (KOLOM TIPE 1)		K2-C (KOLOM TIPE 2)	
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
MODEL				
	800	800	700	700
	800	800	800	800
DIMENSI (MM)	800 X 800	800 X 800	700 X 800	700 X 800
TUL. POKOK	24 D22	24 D22	18 D22	18 D22
SENGKANG	D13-150	D13-150	D10-150	D10-150
MUTU BETON	FC' 25 MPA	FC' 25 MPA	FC' 25 MPA	FC' 25 MPA
SELIMUT BETON	40 MM	40 MM	40 MM	40 MM

KODE TIPE	K3 (KOLOM TIPE 3)		K4 (KOLOM TIPE 4)	
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
MODEL				
	600	600	600	600
	800	800	600	600
DIMENSI (MM)	600 X 800	600 X 800	600 X 600	600 X 600
TUL. POKOK	18 D19	18 D19	16 D19	16 D19
SENGKANG	D10-150	D10-150	D10-150	D10-150
MUTU BETON	FC' 25 MPA	FC' 25 MPA	FC' 25 MPA	FC' 25 MPA
SELIMUT BETON	40 MM	40 MM	40 MM	40 MM

Sumber: (Analisa penulis, 2024)

4.6 Perhitungan Tulangan Pelat Lantai

4.6.1 Data Perencanaan pelat

Data umum balok yang direncanakan sebagai berikut:

- Tipe pelat : S1
- Tebal Pelat : 150 mm
- Selimut Beton : 20 mm
- Mutu Baja
(fy) : 420 MPa
(fys) : 240 MPa
- Mutu beton ($f'c$) : 25 MPa
- Bentang sumbu panjang (L_y) : 600 cm
- Bentang sumbu pendek (L_x) : 450 cm
- $\varnothing$ Tulangan lentur : 10 mm
- β : 0,85
- Φ : 0,8

Pelat dua arah adalah pelat yang ditumpu sederhana pada balok dari 4 (empat) sisi yang saling berseberangan. Pelat dua arah ditentukan rumus dari perbandingan $L_y/L_x < 2,0$.

a. Momen Plat Lantai

Berdasarkan Pasal 9.2.1 peraturan SNI 2847:2013 pelat yang direncanakan menerima beban dengan kombinasi berikut.

$$U = 1,2 (DL) + 1,6 (LL)$$

$$U = 1,2 \times (496,5) + 1,6 (250)$$

$$= 995,8 \text{ kg/m}^2$$

Keterangan:

U = Beban *Ultimate*

DL = Beban Mati pada Pelat

LL = Beban Hidup pada Pelat

Analisis gaya dalam pada pelat diatur dalam Pasal 13.3 Tabel 1.3.(1) peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBBI) 1971. sebagai berikut:

Tabel 4. 29 Tabel Marcus PBI 1971

				MOMEN TITIK PERSEKUTUAN																			
				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	2,6	2,7		
I		Mtx = +0,001 qlx² X	44	52	59	66	73	78	84	88	93	97	100	103	106	109	110	112	113	115	117		
		Mty = +0,001 qlx² X	44	45	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	
		Mlx = +0,001 qlx² X	21	25	28	31	34	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	
II		Mtx = +0,001 qlx² X	21	21	20	19	18	17	16	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	
		Mty = +0,001 qlx² X	52	59	64	69	73	76	79	81	82	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	
		Mlx = -0,001 qlx² X	52	54	56	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	
III		Mtx = +0,001 qlx² X	28	33	38	42	45	48	51	53	55	57	58	59	59	59	60	61	61	61	61	61	
		Mty = +0,001 qlx² X	28	28	28	27	26	25	23	23	22	21	19	18	17	17	16	16	16	16	16	16	
		Mlx = -0,001 qlx² X	68	77	85	91	98	103	107	111	113	116	118	119	120	121	122	122	122	122	122	122	
IVA		Mtx = +0,001 qlx² X	22	28	34	42	49	55	62	68	74	80	85	89	93	97	100	103	106	108	110	112	
		Mty = +0,001 qlx² X	32	35	37	39	40	41	41	41	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	
		Mlx = -0,001 qlx² X	70	79	87	94	100	105	109	112	115	117	119	120	121	122	123	123	123	123	123	123	
IVB		Mtx = +0,001 qlx² X	32	34	36	38	39	40	41	41	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	
		Mty = +0,001 qlx² X	22	20	18	17	15	14	13	12	11	10	10	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
		Mlx = -0,001 qlx² X	70	74	77	79	81	82	83	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	
VA		Mtx = +0,001 qlx² X	31	38	45	53	60	66	72	78	83	88	92	96	99	102	105	108	110	112	114	116	
		Mty = +0,001 qlx² X	37	39	41	41	42	42	41	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	29	
		Mlx = -0,001 qlx² X	84	92	99	104	109	112	115	117	119	121	122	123	123	123	123	123	123	123	123	123	
VB		Mtx = +0,001 qlx² X	37	41	45	48	51	53	55	56	58	59	60	60	60	61	61	61	61	61	61	61	
		Mty = +0,001 qlx² X	31	30	28	27	25	24	22	21	20	19	18	17	17	16	16	16	16	16	16	16	
		Mlx = -0,001 qlx² X	84	92	98	103	108	112	114	117	119	120	121	122	123	123	123	123	123	123	123	123	
VIA		Mtx = +0,001 qlx² X	21	26	31	36	40	43	46	49	51	53	55	56	57	58	59	60	61	61	61	61	
		Mty = +0,001 qlx² X	26	27	28	28	27	26	25	23	22	21	20	19	18	17	16	16	16	16	16	16	
		Mlx = -0,001 qlx² X	55	65	74	82	89	94	99	103	106	110	114	116	117	118	119	120	120	120	120	120	
VIB		Mtx = +0,001 qlx² X	26	29	32	35	38	39	40	40	41	41	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	
		Mty = +0,001 qlx² X	21	20	19	18	17	15	14	13	12	11	11	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
		Mlx = -0,001 qlx² X	60	64	71	74	77	79	80	82	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	
VIB		Mtx = +0,001 qlx² X	55	57	57	57	58	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	
		Mty = +0,001 qlx² X	55	57	57	57	58	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	
		Mlx = -0,001 qlx² X	55	57	57	57	58	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	

<

Sumber: (Tabel 13.3 PBBI, 1971)

Sesuai dengan tabel perletakan pelat diatas pada perencanaan kali ini dikategorikan pada tipe II yang memiliki momen yang bekerja sebagai berikut:

$$M_{tx} = q \cdot Lx^2 \cdot X \cdot 0,001$$

$$M_{lx} = q \cdot Lx^2 \cdot X \cdot 0,001$$

$$M_{ty} = q \cdot Lx^2 \cdot X \cdot 0,001$$

$$M_{ly} = q \cdot Lx^2 \cdot X \cdot 0,001$$

Keterangan:

Mtx = Tumpuan Arah X

Mlx = Lapangan Arah X

Mty = Tumpuan Arah Y

Mly = Lapangan Arah Y

Pada jenis bangunan rumah sakit ditetapkan koefisien momen untuk pelat lantai dengan nilai koefisien berikut:

Clx = 32

Cly = 19

Ctx = 69

Cty = 57

b. Perhitungan Momen Positif

Pasal 13.3 peraturan PBBI 1971 mengatur tentang gaya momen untuk menentukan gaya momen positif pelat lantai S1 pada perhitungan dibawah ini:

- Momen Lapangan Arah X

$$Mlx = q \times Lx^2 \times Clx \times 0,001$$

$$Mlx = 995,8 \times 6^2 \times 32 \times 0,001$$

$$Mlx = 1.147,162 \text{ Kgm}$$

- Momen Lapangan Arah Y

$$Mly = q \times Ly^2 \times Cly \times 0,001$$

$$Mly = 995,8 \times 6^2 \times 19 \times 0,001$$

$$Mly = 681,127 \text{ Kgm}$$

- Momen Tumpuan Arah X

$$Mtx = q \times Lx^2 \times Ctx \times 0,001$$

$$Mtx = 995,8 \times 6^2 \times 69 \times 0,001$$

$$Mtx = 2.473,567 \text{ Kgm}$$

- Momen Tumpuan Arah Y

$$Mty = q \times Ly^2 \times Cty \times 0,001$$

$$M_{ty} = 995,8 \times 6^2 \times 57 \times 0,001$$

$$M_{ty} = 2043,382 \text{ Kgm}$$

c. Tebal Plat Lantai

Perencanaan tebal pelat efektif digunakan guna menentukan ketebalan pelat lantai yang akan diperkuat pada arah X dan Y ini dihitung menggunakan rumus:

Tebal efektif arah Y

$$d_y = \text{tebal pelat} - \text{decking} - 0,5\phi - \phi$$

$$d_y = 150 - 30 - 0,5(10) - (10)$$

$$d_y = 105 \text{ mm}$$

Tebal efektif arah X

$$d_x = \text{tebal pelat} - \text{decking} - 0,5\phi$$

$$d_x = 150 - 30 - 0,5(10)$$

$$d_x = 115 \text{ mm}$$

d. Tulangan *Min* dan *Max*

Sebelum menghitung tulangan pelat lantai, tentukan terlebih dahulu bahwa ρ harus memenuhi batas legal yang disyaratkan, yaitu $\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$. Berdasarkan ketentuan tersebut, apabila ρ rencana $< \rho_{min}$ maka yang dipasang ρ_{min} , namun apabila ρ rencana $> \rho_{maks}$ maka harus dilakukan perhitungan ulang.

Tulangan Minimal dan Maximum S1

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

$$= \frac{1,4}{420}$$

$$= 0,0033$$

$$\rho_b = \frac{600}{600 + f_y} \times \frac{0,85 \times f_c \times \beta}{f_y}$$

$$= \frac{600}{600+420} \times \frac{0,85 \times 25 \times 0,85}{420}$$

$$= 0,026$$

$$\rho_{\max} = \rho_b \times 0,75$$

$$= 0,026 \times 0,75$$

$$= 0,0195$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c}$$

$$= \frac{420}{0,85 \times 25}$$

$$= 19,77$$

4.6.2 Tulangan Lapangan Arah X

$$M_{lx} = 1.147,162 \text{ kgm} = 1.147.162 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_{lx}}{\phi} = \frac{1147162}{0,8} = 1.433.953 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{d x^2 \times b} = \frac{1433953}{115 \times 115 \times 1000} = 0,108$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{1 - 2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{19,77} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19,77 \times 0,108}{420}} \right)$$

$$= 0,00026$$

Sehingga didapat:

$$\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0033 > 0,00026 < 0,0195 \quad \textbf{(Tidak memenuhi)}$$

Karena $\rho_{perlu} < \rho_{min} \rightarrow$ dipasang ρ_{min}

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho_{min} \times b \times d \\ &= 0,0033 \times 1000 \times 115 \\ &= 379,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan

$$S_{maks} < 2(h)$$

$$S_{maks} < 300$$

Direncanakan tulangan Ø10mm

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{A_s} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times 10 \times 10 \times 1000}{379,5} \\ &= 206,956 < 300 \quad \textbf{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

S pakai 200

$$\begin{aligned} A_s \text{ pakai} &= \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{A_s} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{200} \\ &= 392,5 \end{aligned}$$

Syarat : $A_s \text{ pakai} > A_s \text{ Perlu}$

$$392,5 > 379,5 \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

Dapat disimpulkan untuk tulangan lapangan arah X dipakai **Ø10-200**

4.6.3 Tulangan Lapangan Arah Y

$$M_{lx} = 681,127 \text{ kgm} = 681.127 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_{lx}}{\phi} = \frac{681127}{0,8} = 851408 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{d \times b} = \frac{851408}{105 \times 105 \times 1000} = 0,077$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{1 - 2 \times m \times Rn}{f_y}}\right) \\ &= \frac{1}{19,77} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19,77 \times 0,077}{420}}\right) \\ &= 0,00018\end{aligned}$$

Sehingga didapat:

$$\rho_{\text{min}} > \rho < \rho_{\text{max}}$$

$$0,0033 > 0,00018 < 0,0195 \quad \textbf{(Tidak memenuhi)}$$

Karena $\rho_{\text{maks}} < \rho_{\text{min}} \rightarrow$ dipasang ρ_{min}

$$\begin{aligned}\text{As perlu} &= \rho_{\text{min}} \times d \times b \\ &= 0,0033 \times 105 \times 1000 \\ &= 346,5 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Ketentuan spasi antar tulangan

$$S_{\text{maks}} < 2(h)$$

$$S_{\text{maks}} < 300$$

Direncanakan tulangan Ø10mm

$$\begin{aligned}S &= \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{A_s} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times 10 \times 10 \times 1000}{346,5} \\ &= 226,666 < 300 \quad \textbf{(Memenuhi)}\end{aligned}$$

S pakai 200

$$\begin{aligned}\text{As pakai} &= \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{A_s} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{200} \\ &= 392,5\end{aligned}$$

Syarat : As pakai > As Perlu

$$392,5 > 346,5 \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

Dapat disimpulkan untuk tulangan lapangan arah X dipakai **Ø10-200**

4.6.4 Tulangan Tumpuan Arah X

$$M_{lx} = 2.473,567 \text{ kgm} = 2.473.567 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_{lx}}{\phi} = \frac{2.473.567}{0,8} = 3091958,75 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{d x^2 \times b} = \frac{3091958}{105 \times 105 \times 1000} = 0,28$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{1 - 2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{19,77} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19,77 \times 0,28}{420}} \right) \\ &= 0,00067 \end{aligned}$$

Sehingga didapat:

$$\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0033 > 0,00067 < 0,0195 \quad \textbf{(Tidak memenuhi)}$$

Karena $\rho_{maks} < \rho_{min} \rightarrow$ dipasang ρ_{min}

$$A_s \text{ perlu} = \rho_{\min} \times b \times d$$

$$= 0,0033 \times 1000 \times 115$$

$$= 379,5 \text{ mm}^2$$

Syarat spasi antar tulangan

$$S_{maks} < 2(h)$$

$$S_{maks} < 300$$

Direncanakan tulangan Ø10mm

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{A_s}$$

$$= \frac{0,25 \times \pi \times 10 \times 10 \times 1000}{379,5}$$

$$= 206,851 < 300 \text{ (Memenuhi)}$$

S pakai 200

$$\text{As pakai} = \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{As}$$

$$= \frac{0,25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{200}$$

$$= 392,5$$

Syarat : As pakai > As Perlu

$$392,5 > 346,5 \quad \text{(Memenuhi)}$$

Dapat disimpulkan untuk tulangan lapangan arah X dipakai **Ø10-200**

4.6.5 Tulangan Tumpuan Arah Y

$$Mlx = 2.043,382 \text{ kgm} = 2.043.382 \text{ Nmm}$$

$$Mn = \frac{Mlx}{\phi} = \frac{2043382}{0,8} = 2.554.228 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{dx^2 \times b} = \frac{2554228}{105 \times 105 \times 1000} = 0,232$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{1 - 2 \times m \times Rn}{fy}} \right)$$

$$= \frac{1}{19,77} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19,77 \times 0,232}{420}} \right)$$

$$= 0,00056$$

Sehingga didapat:

$$\rho_{\text{min}} > \rho < \rho_{\text{max}}$$

$$0,0033 > 0,0056 < 0,0195 \quad \text{(Tidak memenuhi)}$$

Karena $\rho_{\text{maks}} < \rho_{\text{min}} \rightarrow$ dipasang ρ_{min}

$$\begin{aligned}
 \text{As perlu} &= \rho_{\min} \times b \times d \\
 &= 0,0033 \times 1000 \times 105 \\
 &= 346,5 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan

$$S_{\max} < 2(h)$$

$$S_{\max} < 300$$

Direncanakan tulangan Ø10mm

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{A_s} \\
 &= \frac{0,25 \times \pi \times 10 \times 10 \times 1000}{346,5} \\
 &= 206,666 < 300 \text{ (**Memenuhi**)}
 \end{aligned}$$

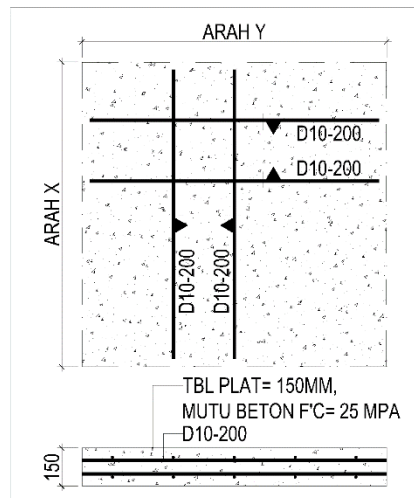
S pakai 200

$$\begin{aligned}
 \text{As pakai} &= \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{A_s} \\
 &= \frac{0,25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{200} \\
 &= 392,5
 \end{aligned}$$

Syarat : As pakai > As Perlu

$$392,5 > 346,5 \quad \text{(**Memenuhi**)}$$

Dapat disimpulkan untuk tulangan lapangan arah X dipakai **Ø10-200**



Gambar 4. 17 Detail dan potongan tulangan pelat
Sumber: (Analisa Penulis, 2024)

4.7 Perencanaan Struktur Bawah

Perencanaan *pilecap* mengacu pada ketentuan SNI 2847-2017 Pasal 13.4.4.2 yang memiliki syarat berikut:

- Gaya geser dan momen lentur pada *pilecap* diasumsikan bahwa beban yang terjadi dari setiap tiang pondasi terpusat di tengah massa penampang *pilecap*.
- Tinggi efektif minimum penutup tiang pancang adalah 300 mm dan jarak minimum antar tiang pancang senilai $2,5D$ hingga $4D$ untuk memastikan penyaluran beban yang baik ke lapisan tanah.

4.7.1 Perhitungan Pondasi Tiang Pancang

Pondasi tiang pancang menggunakan *Spunpile* dan data umum sebagai berikut:

Diameter pancang : 60 cm (*Spunpile*)

Keliling penampang : $188,496 \text{ cm}^2$

Luas penampang, A : $2827,433 \text{ cm}^2$

Kedalaman sondir : 30 meter

Nilai konus sondir, Q_c : 250 kg/cm^2

Nilai *total friction*, T_f : 317

Sehingga perhitungan pondasi tiang pancang dihitung seperti berikut:

a) Daya dukung ultimit (Q_u)

$$\begin{aligned} Q_u &= \frac{qc.A}{3} + \frac{T_f.K}{5} \\ &= \frac{250.2827,433}{3} + \frac{317.188,496}{5} \\ &= 276409,888 \text{ kg} = 276,410 \text{ ton} \end{aligned}$$

b) Daya dukung *Netto* (Q_{nett})

$W = (A \times \text{Kedalaman sondir}) \text{ BJ Beton}$

$$\begin{aligned} &= (2827,433 \times 30000) 0,0024 \\ &= 203575,204 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$Q_{nett} = Q_u - W$$

$$\begin{aligned} &= 276409,888 - 203575,204 \\ &= 72834,684 \text{ kg} \end{aligned}$$

c) Menghitung kebutuhan pondasi

$$\begin{aligned} n &= \frac{P}{Q_{nett}} \\ &= \frac{108861,44}{72861,684}, \text{ P dari Joint 1037-1 adalah } 108861,44 \text{ kgf} \\ &= 1,495 \text{ dibulatkan } 2 \end{aligned}$$

Berikut rekapitulasi kebutuhan tiang pancang pada hasil analisa struktur dari SAP2000.

Tabel 4. 30 Perhitungan jumlah tiang pancang

Titik Tiang	Joint	Titik		F3	Q Tiang	Jumlah Tiang			Tipe
		X	Y	Kgf	Kgf	n	Dibulatkan	Dipasang	Pilecap
1	1312-1	5	C	55273,2	72.834,684	0,8	1	2	P1
2	1315-1		D	68770,4	72.834,684	0,9	1	2	P1
3	1316-1		E	97443,52	72.834,684	1,3	2	4	P2
4	1317-1		F	109541,65	72.834,684	1,5	2	4	P2
5	1318-1		G	103086,48	72.834,684	1,4	2	4	P2
6	1319-1	4	H	68093,87	72.834,684	0,9	1	2	P1
7	1248-1		A	107843,42	72.834,684	1,5	2	4	P2
8	1252-1		B	105003,13	72.834,684	1,4	2	4	P2
9	1253-1		C	115069,66	72.834,684	1,6	2	4	P2
10	1265-1		D	127773,64	72.834,684	1,8	2	4	P2
11	1266-1		E	123778,08	72.834,684	1,7	2	4	P2
12	1275-1		F	147736,05	72.834,684	2,0	3	4	P2
13	1256-1		G	153893,33	72.834,684	2,1	3	4	P2
14	1250-1		H	115031,34	72.834,684	1,6	2	4	P2
15	614-1		I	106547,25	72.834,684	1,5	2	4	P2
16	661-1		J	107804,98	72.834,684	1,5	2	4	P2
17	1037-1	3X	K	108861,44	72.834,684	1,495	2	4	P2
18	1907-1		L	146143,64	72.834,684	2,0	3	4	P2
19	197-1		B	157210,234	72.834,684	2,2	3	4	P2
20	240-1		C	139114,31	72.834,684	1,9	2	4	P2
21	1204-1		D	139638,28	72.834,684	1,9	2	4	P2
22	1200-1		E	135371,79	72.834,684	1,9	2	4	P2
23	1205-1		F	172032,27	72.834,684	2,4	3	4	P2
24	1206-1		G	172162,88	72.834,684	2,4	3	4	P2
25	1207-1		H	136849,87	72.834,684	1,9	2	4	P2
26	1208-1		I	136005,76	72.834,684	1,9	2	4	P2
27	1-1		J	135743,62	72.834,684	1,9	2	4	P2
28	38-1		K	137175,02	72.834,684	1,9	2	4	P2
29	114-1	3	L	108577,82	72.834,684	1,5	2	4	P2
30	1115-1		A	166048,86	72.834,684	2,3	3	4	P2
31	1116-1		B	201731,39	72.834,684	2,8	3	4	P2
32	1117-1		C	201478,99	72.834,684	2,8	3	4	P2
33	1118-1		D	191523,11	72.834,684	2,6	3	4	P2
34	1119-1		E	191507,56	72.834,684	2,6	3	4	P2
35	1120-1		F	223704,69	72.834,684	3,1	4	5	P3
36	1121-1		G	227668,23	72.834,684	3,1	4	5	P3
37	1122-1		H	189829,63	72.834,684	2,6	3	4	P2
38	1123-1		I	194249,64	72.834,684	2,7	3	4	P2
39	1124-1		J	194070,98	72.834,684	2,7	3	4	P2
40	1125-1		K	190829,74	72.834,684	2,6	3	4	P2
41	1126-1		L	137832,84	72.834,684	1,9	2	4	P2

42	1020-1	2	A	110694,48	72.834,684	1,5	2	4	P2
43	1021-1		B	162515,38	72.834,684	2,2	3	4	P2
44	1022-1		C	160936,48	72.834,684	2,2	3	4	P2
45	1023-1		D	153243,13	72.834,684	2,1	3	4	P2
46	1024-1		E	163219,35	72.834,684	2,2	3	4	P2
47	1025-1		F	189299,78	72.834,684	2,6	3	4	P2
48	1029-1		G	189750,76	72.834,684	2,6	3	4	P2
49	1030-1		H	157213,04	72.834,684	2,2	3	4	P2
50	1031-1		I	148529,35	72.834,684	2,0	3	4	P2
51	1032-1		J	150009,77	72.834,684	2,1	3	4	P2
52	1033-1		K	133968,63	72.834,684	1,8	2	4	P2
53	1034-1		L	95630,97	72.834,684	1,3	2	4	P2
54	1008-1	1	E	26678,87	72.834,684	0,4	1	2	P1
55	1009-1		F	45846,64	72.834,684	0,6	1	2	P1
56	1010-1		G	49213,88	72.834,684	0,7	1	2	P1
57	1011-1		H	26556,15	72.834,684	0,4	1	2	P1

Sumber: (Analisa penulis, 2024)

Tabel 4. 31 Nilai Maksimal P

Nilai Maksimal P	
Pilecap P1	68770,4
Pilecap P2	201731,39
Pilecap P3	227668,23

Sumber: (Analisa penulis, 2024)

Pada Tabel dapat disimpulkan terdapat 3 tipe pondasi yaitu *Pilecap* P1 dengan 2 tiang pancang, *Pilecap* P2 dengan 4 tiang pancang, dan *Pilecap* P3 dengan 5 tiang pancang.

4.7.2 Perhitungan *Pilecap*

A. Jarak tiang pondasi

Minimal 2,5 D dan maksimal 3D

$$2,5 D \leq S \leq 3D$$

$$150 \leq S \leq 180 \rightarrow \text{diambil } S = 180 \text{ cm}$$

B. Perhitungan jarak tepi *Pilecap* ke tiang pancang

$$S' = 5D$$

$$= 5 \times 60$$

$$= 300 \text{ cm}$$

C. Perhitungan tebal *Pilecap*

Tebal *Pilecap* harus lebih dari 30 cm pada ketentuan SNI 2487-2019 Pasal 13.4.2.1.

Berikut adalah rekapitulasi dari tebal 3 tipe *Pilecap* yang ada didalam tabel berikut:

Tabel 4. 32 Tipe pilecap

Tipe <i>Pilecap</i>	Kebutuhan Tiang	Jarak antar Tiang (S)	Jarak ke Tepi (S')	Dimensi		Tebal <i>Pilecap</i> > 300 mm (SNI 2487-2019)
				Lebar (cm)	Panjang (cm)	
PC1	2	180	300	1200	3000	1200
PC2	4	180	300	3000	3000	1200
PC3	5	180	300	3746	3746	1200

Sumber: (Analisa penulis, 2024)

D. Efisiensi Kelompok Tiang

Efisiensi kelompok tiang (*pile group*) dirumuskan sebagai berikut:

$$\theta = \text{Arc tan } \frac{d}{s}, \text{ dalam satuan derajat}$$

$$\theta = \text{Arc tan } \frac{60}{180}$$

$$= 18,4349$$

$$Eg = 1 - \theta \frac{(n'-1) m + (m-1) n'}{90 . m . n'}$$

$$Eg \text{ Pilecap P2} = 1 - 18,4349 \frac{(2-1) 2 + (2-1) 2}{90 . 2 . 2}$$

$$= 0.7952$$

Keterangan

m : jumlah baris

n : jumlah kolom

s : jarak antar *spunpile*

d : diameter *spunpile*

Eg : Efisiensi kelompok tiang

Rekapitulasi Efisiensi Kelompok Tiang tertera dalam tabel berikut:

Tabel 4. 33 Rekap Efisiensi Titik Tiang Pancang

Tipe <i>Pilecap</i>	Diameter Tiang (cm)	Jarak Antar Tiang (cm)	m	n	Nilai Efisiensi
PC1	60	180	2	1	0,8976
PC2	60	180	2	2	0,7952
PC3	60	180	2	2	0,7952

Sumber: (Analisa penulis, 2024)

E. Perhitungan gaya dukung maksimal kelompok tiang

$$Pg = n \cdot Q_{\text{net}} \cdot Eg$$

$$Pg \text{ Pilecap P2} = 4 \times 72834,684 \times 0,7952$$

$$= 231,663 \text{ ton}$$

Keterangan

Eg : efisiensi kelompok tiang

Q_{net} : daya dukung *netto*

Pg : daya dukung maksimal kelompok tiang

Tabel 4. 34 Tipe *Pilecap*

Tipe <i>Pilecap</i>	Nilai Efisiensi	Jumlah tiang pancang	Daya dukung tiang (ton)	Daya Dukung Pg (ton)		Nilai maksimal P (Hasil SAP2000)	Cek kontrol
P1	0,8976	2	72,835	130,750	>	68,770	OK
P2	0,7952	4	72,835	231,663	>	201,731	OK
P3	0,7952	5	72,835	289,579	>	227,668	OK

Sumber: (Analisa penulis, 2024)

F. Perhitungan Tulangan *Pilecap*

Tipe pilecap	: P2
Lebar pilecap	: 1200 mm
Panjang pilecap	: 3000 mm
Tinggi pilecap	: 1200 mm
Selimut beton	: 75 mm
Diameter <i>Spunpile</i>	: 600 mm
Mutu beton	: 25 MPa
Mutu baja	: 420 MPa

Perhitungan tulangan pilecap mempertimbangkan perhitungan sebagai berikut.

1. M_u = Momen ultimit (output SAP2000)

$$2. M_n = \frac{M_u}{0,8}$$
$$= \frac{68,59}{0,8}$$

$$= 85,7375 \text{ ton.m}$$

3. d' (tebal efektif pilecap)

$$= h - \text{selimut beton} - \frac{1}{2} \text{ diameter tulangan}$$

$$= 1200 - 75 - 0,5 \cdot 60$$

$$= 1095 \text{ mm}$$

$$4. \rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$= \frac{1,4}{400}$$

$$= 0,0033$$

$$\begin{aligned} 5. \quad \rho_b &= \frac{600}{600+f_y} \times \frac{0,85 \times f_c \times \beta}{f_y} \\ &= \frac{600}{(600+420)} \times \frac{0,85 \times 25 \times 0,85}{420} \\ &= 0,0253 \end{aligned}$$

$$6. \quad \rho_{\max} = \rho_b \cdot 0,75$$

$$= 0,0253 \cdot 0,75 \cdot$$

$$= 0,0337$$

$$\begin{aligned} 7. \quad Rn_{\max} &= \rho_{\max} \cdot f_y \cdot \left(1 - \left(\frac{\rho_{\max}}{2} \cdot \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c}\right)\right) \\ &= 0,0337 \cdot 400 \cdot \left(1 - \left(\frac{0,0337}{2} \cdot \frac{400}{0,85 \cdot 25}\right)\right) \\ &= 9,444 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 8. \quad Rn &= \frac{Mn}{b \cdot d^2} \\ &= \frac{857375000}{1200 \cdot 1095^2} \\ &= 0,5959 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 9. \quad \rho_{\text{perlu}} &= 0,85 \frac{f'_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot Rn}{0,85 \cdot f'_c}}\right) \\ &= 0,85 \frac{25}{400} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,5959}{0,85 \cdot 25}}\right) \end{aligned}$$

$$= 0,001439$$

$$10. A_{S_{\text{perlu}}} = \rho_{\text{pakai}} \cdot b \cdot d$$

$$= 0,001449 \cdot 1200 \cdot 1095$$

$$= 3782,324 \text{ mm}^2$$

$$11. A_{S_{\text{pakai}}} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \theta^2 \cdot \text{jumlah tul.}$$

$$= \frac{1}{4} \pi \cdot 22^2 \cdot 16$$

$$= 6082,123 \text{ mm}^2$$

Cek syarat:

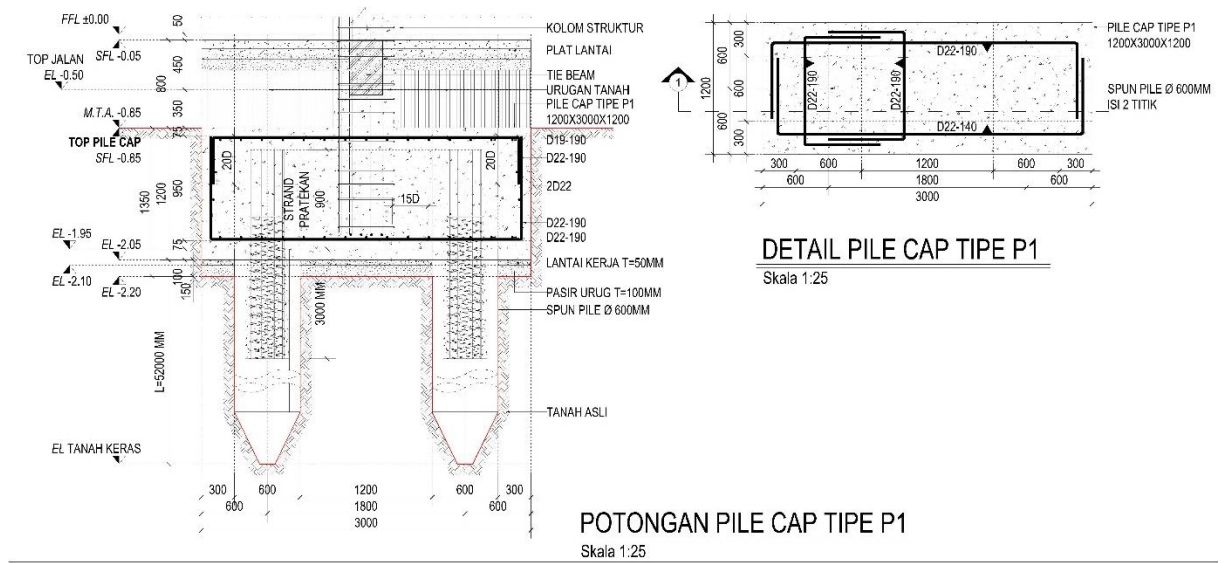
$$A_{S_{\text{pakai}}} > A_{S_{\text{perlu}}}$$

$$R_n < R_{n_{\text{max}}}$$

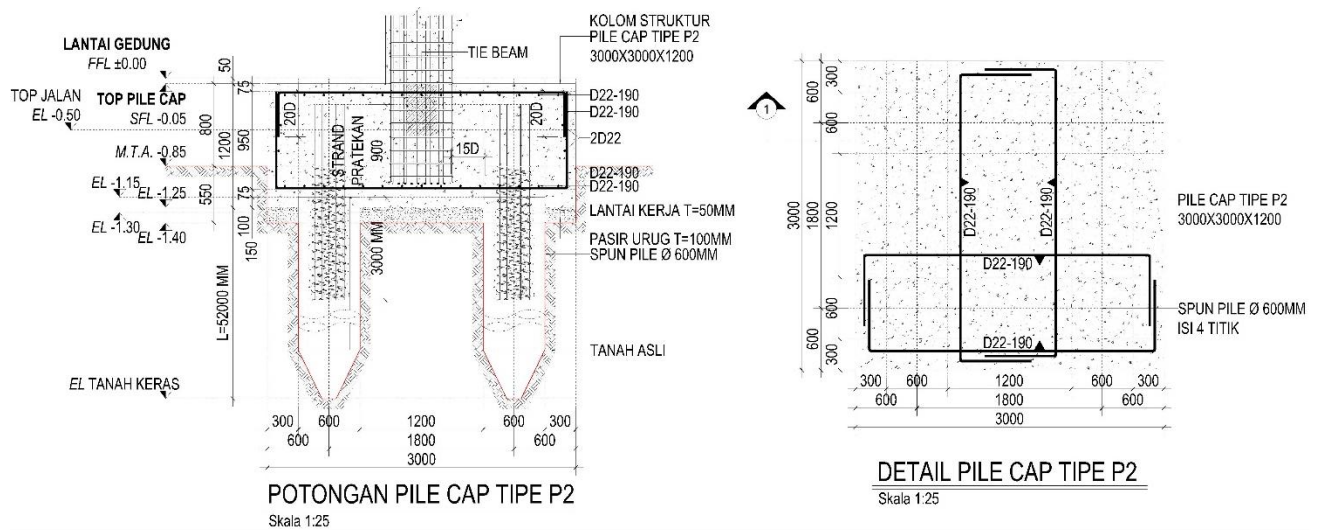
Tabel 4. 35 Rekapitulasi tulangan *pilecap*

No	Tipe	LY	LX	Tebal	Lokasi	Mu	Mn	b	d	ρ_{min}	ρ_b	ρ_{max}	Rn max	Rn	Cek Rn	ρ perlu	ρ pakai	AS perlu	D (mm)	Jarak	Jumlah Tulangan	As terpasang	Cek As	Dipasang		
1	PC2	1200	3000	1200	Mux (bawah)	68,59	85,7375	1200	1095	0,0033	0,0253	0,0337	9,444	0,5959	OK	0,001439	0,001439	3.782,324	22	190	16	6.082,123	OK	22	-	190
					Mux (atas)													1.512,930	19	190	16	4.536,460	OK	19	-	190
					Muy (bawah)	29,11	36,3875	1200	1095	0,0033	0,0253	0,0337	9,444	0,2529	OK	0,000606	0,000606	1.591,939	22	190	16	6.082,123	OK	22	-	190
					Muy (atas)													636,776	19	190	16	4.536,460	OK	19	-	190
2	PC4	3000	3000	1200	Mux (bawah)	84,89	106,1125	1200	1095	0,0033	0,0253	0,0337	9,444	0,7375	OK	0,001788	0,001788	4.697,572	22	190	16	6.082,123	OK	22	-	190
					Mux (atas)													1.879,029	19	190	16	4.536,460	OK	19	-	190
					Muy (bawah)	31,81	39,7625	1200	1095	0,0033	0,0253	0,0337	9,444	0,2764	OK	0,000662	0,000662	1.740,573	22	190	16	6.082,123	OK	22	-	190
					Muy (atas)													696,229	19	190	16	4.536,460	OK	19	-	190
3	PC5	3746	3746	1200	Mux (bawah)	93,21	116,5125	1200	1095	0,0033	0,0253	0,0337	9,444	0,8098	OK	0,001966	0,001966	5.167,268	22	170	21	7.982,787	OK	22	-	170
					Mux (atas)													2.066,907	19	170	21	5.954,103	OK	19	-	170
					Muy (bawah)	41,72	52,15	1200	1095	0,0033	0,0253	0,0337	9,444	0,3624	OK	0,000870	0,000870	2.287,562	22	170	21	7.982,787	OK	22	-	170
					Muy (atas)													915,025	19	170	21	5.954,103	OK	19	-	170

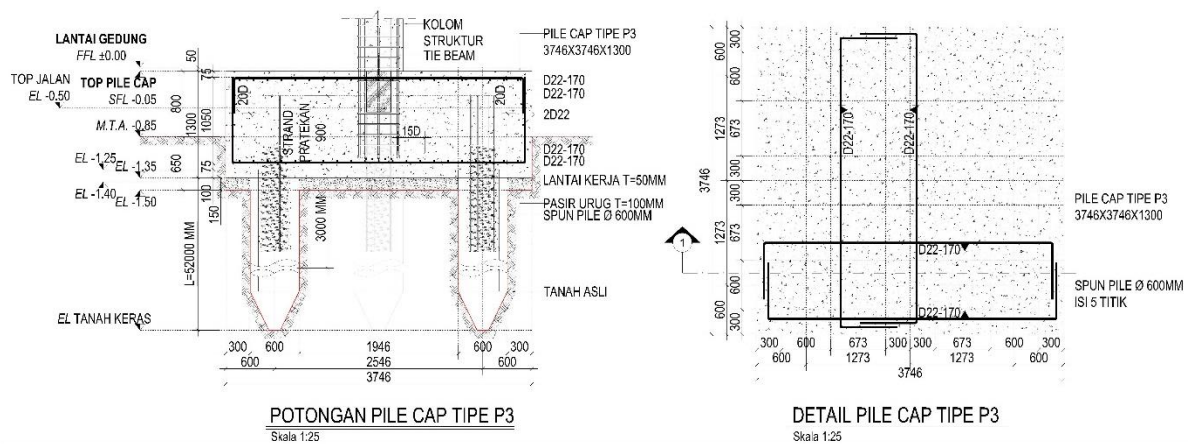
Sumber: (Analisa penulis, 2024)



Gambar 4. 18 Detail dan Potongan *Pilecap* P1
Sumber: (Analisa Penulis, 2024)



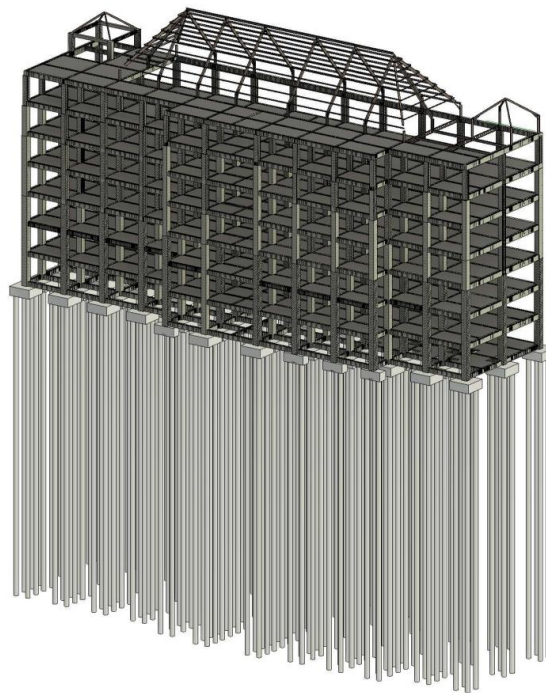
Gambar 4. 19 Detail dan Potongan *Pilecap* P2
Sumber: (Analisa Penulis, 2024)



Gambar 4. 20 Detail dan Potongan *Pilecap* P3
 Sumber: (Analisa Penulis, 2024)

4.8 Visualisasi 3D

Perencanaan ulang GPT RSUD Sidoarjo ini dapat dimodelkan secara tiga dimensi melalui aplikasi *software Autodesk Revit 2025* yang ada pada gambar berikut.



Gambar 4. 21 Hasil Pemodelan 3D Struktur
 Sumber: (Dokumen Penulis, 2024)

4.9 Analisa *Quantity Take Off*

Proses otomatisasi pengambilan data kuantitas bahan dan material dari model 3D yang dibuat menggunakan perangkat lunak *Autodesk Revit*. Analisa *Quantity Take Off* (QTO) dapat dilakukan dengan memanfaatkan fitur dari *Autodesk Revit* setelah elemen yang dibutuhkan selesai dibuat. Analisa QTO dibagi dalam beberapa pekerjaan meliputi perhitungan pondasi, perhitungan kolom dan balok, dan perhitungan tulangan. Berikut merupakan tabel hasil analisa QTO:

Tabel 4. 36 *Structural Foundation Schedule*

PILECAP		
Type	Volume	Total Volume
Pilecap P1	4,32	34,56
Pilecap P2	10,8	626,4
Pilecap P3	16,84	33,678

Sumber: (Analisa Penulis,2024)

Tabel 4. 37 *Structural Slab Schedule*

SLAB		
Base Level	Type	Volume (m ³)
0	S1	1130,0
4000	S1	1139,0
8000	S1	997,0
12000	S1	1028,0
16000	S1	1045,0
20000	S1	1016,0
24000	S1	369,0
28000	S1	24,0

Sumber: (Analisa Penulis, 2024)

Tabel 4. 38 *Structural Coloumn Schedule*

COLUMN		
Base Level	Type	Volume (m ³)
Lantai 1	K1 800x800	89,6
Lantai 1	K2 700x800	40,32
Lantai 1	K4 600x600	5,76
Lantai 2	K1 800x800	76,8
Lantai 2	K2 700x800	51,52

Lantai 2	K2 700x800	5,76
Lantai 3	K1 800x800	71,68
Lantai 3	K2 700x800	56
Lantai 3	K4 600x600	5,76
Lantai 4	K1 800x800	66,56
Lantai 4	K2 700x800	60,48
Lantai 4	K4 600x600	5,76
Lantai 5	K2 700x800	71,68
Lantai 5	K3 600x800	61,44
Lantai 6	K2 700x800	53,76
Lantai 6	K3 600x800	55,68
Lantai 7	K2 700x800	42,24
Lantai 7	K3 600x800	31,68
Lantai Atap	K4 600x600	5,76

Sumber: (Analisa Penulis, 2024)

Tabel 4. 39 *Structural Beam Schedule*

BEAM		
Elevation	Type	Volume (m ³)
0	TB 450x600	110,3
4000	B1 500x700	16,69
4000	B2 400x600	92,89
4000	B3 350x500	16,85
4000	B4 300x400	1,86
8000	B1 500x700	22,49
8000	B2 400x600	62,73
8000	B3 350x500	12,93
8000	B4 300x400	2,69
12000	B1 500x700	24,27
12000	B2 400x600	92,31
12000	B3 350x500	15,65
12000	B4 300x400	2,32
16000	B1 500x700	19,95
16000	B2 400x600	92,94
16000	B3 350x500	16,1
16000	B4 300x400	2,34
20000	B1 500x700	24,28
20000	B2 400x600	82,73
20000	B3 350x500	18,78
24000	B1 500x700	18,22
24000	B2 400x600	89,85
24000	B3 350x500	19,22

28000	B2 400x600	68,72
28000	B3 350x500	8,83

Sumber: (Analisa Penulis, 2024)

Tabel 4. 40 Rebar Schedule

Elevation	Type and size	Reinforcement Volume (cm ³)
0	D13	380484,72
0	D16	358054,33
0	D19	1892025,89
0	D22	1707451,55
0	H10	1499246,44
4000	D13	373566,82
4000	D16	351544,25
4000	D19	1857625,42
4000	D22	1676406,98
4000	H10	1471987,41
8000	D13	362036,98
8000	D16	340694,12
8000	D19	1800291,30
8000	D22	1624666,02
8000	H10	1426555,70
16000	D13	327447,46
16000	D16	308143,72
16000	D19	1628288,95
16000	D22	1469443,16
16000	H10	1290260,57
20000	D13	320529,55
20000	D16	301633,64
20000	D19	1593888,48
20000	D22	1438398,58
20000	H10	1263001,54
24000	D13	311305,68
24000	D16	292953,54
24000	D19	1548021,18
24000	D22	1397005,82
24000	H10	1226656,18
28000	D13	230596,80
28000	D16	217002,62
28000	D19	1146682,36
28000	D22	1034819,12

28000	H10	908634,20
Total		35377351,11

Sumber: (Analisa Penulis, 2024)

4.4 Perhitungan Rencana Anggaran Biaya

Perancangan RAB dilaksanakan setelah perencanaan volume selesai dilakukan. RAB didapatkan dengan mengakumulasi volume pekerjaan yang diperoleh dari *quantity take off* dan Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP). Berikut merupakan rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya Gedung Pusat RSUD Sidoarjo

Tabel 4. 41 Rencana Anggaran Biaya

RENCANA ANGGARAN BIAYA					
GEDUNG PUSAT TERPADU - SIDOARJO - JAWA TIMUR 2024					
NAMA PROYEK :		PEMBANGUNAN GEDUNG PUSAT TERPADU			
TAHUN :		2024			
NO	URAIAN PEKERJAAN	SAT.	VOLUME	HARGA SATUAN (Rp.)	JUMLAH HARGA (Rp.)
1	2	3	4	5	6 = 4 x 5
I	PEKERJAAN STRUKTUR				
I.A.	PEKERJAAN PERSIAPAN				
2	Mobilisasi dan Demobilisasi alat pemancangan	unit	1,00	20.000.000,00	Rp20.000.000
3	Mobilisasi, Demobilisasi, dan Dismantling Tower Crane	unit	1,00	100.000.000,00	Rp100.000.000
4	Pembuatan Papan Nama Pekerjaan	ls	1,00	708.760,00	Rp708.760
5	Pembuatan Pagar Sementara	m2	250,00	381.350,00	Rp95.337.500
6	Pondasi Tower Crane (450 x 450 x 150 cm)				
	Pengadaan Spun Pile Ø 600 mm	m1	192,00	635.000,00	Rp121.920.000
	Pemancangan Spun Pile Ø 600 mm	m1	192,00	125.100,00	Rp24.019.200
	Potong Kepala Spun Pile	m1	4,00	335.000,00	Rp1.340.000
	Galian Tanah Biasa	m3	36,02	155.560,00	Rp5.603.271

	Urugan Pasir Urug	m3	2,03	314.960,00	Rp639.369
	Lantai Kerja Beton	m3	2,03	1.024.670,00	Rp2.080.080
	Beton Ready Mix $f'c = 25$ MPa	m3	30,38	1.847.780,00	Rp56.135.556
	Pembesian BJTS-420B	kg	1.852,05	18.725,00	Rp34.679.636
	Pasangan Bata Merah	m2	27,00	164.610,00	Rp4.444.470
					Rp484.012.155
I.B	PEKERJAAN STRUKTUR GEDUNG TERPADU				
					Rp7.226.794.988
1	Pile Cap Tipe P1				
	Galian Tanah Biasa	m3	213,98	155.560,00	Rp33.286.729
	Urugan Pasir Urug	m3	14,74	314.960,00	Rp4.642.510
	Lantai Kerja Beton	m3	7,37	1.024.670,00	Rp7.551.818
	Beton Ready Mix $f'c = 25$ MPa	m3	34,56	1.847.780,00	Rp63.859.277
	Pembesian BJTS-420B	kg	7.895,67	18.725,00	Rp147.846.421
	Pasangan Bata Merah	m2	199,03	164.610,00	Rp32.762.328
	Buangan Tanah	m3	213,98	107.110,00	Rp22.919.398
2	Pile Cap Tipe P2				
	Galian Tanah Biasa	m3	304,13	155.560,00	Rp47.310.463
	Urugan Pasir Urug	m3	19,80	314.960,00	Rp6.236.208
	Lantai Kerja Beton	m3	9,90	1.024.670,00	Rp10.144.233
	Beton Ready Mix $f'c = 25$ MPa	m3	626,40	1.847.780,00	Rp1.157.449.392
	Pembesian BJTS-420B	kg	56.897,63	18.725,00	Rp1.065.408.122
	Pasangan Bata Merah	m2	267,30	164.610,00	Rp44.000.253
	Buangan Tanah	m3	304,13	107.110,00	Rp32.575.364
3	Pile Cap Tipe P3				
	Galian Tanah Biasa	m3	33,68	155.560,00	Rp5.238.950
	Urugan Pasir Urug	m3	4,21	314.960,00	Rp1.325.982
	Lantai Kerja Beton	m3	2,10	1.024.670,00	Rp2.151.807

	Beton Ready Mix $f'c = 25$ MPa	m3	33,68	1.847.780,00	Rp62.229.606
	Pembesian BJTS-420B	kg	3.789,20	18.725,00	Rp70.952.770
	Pasangan Bata Merah	m2	61,04	164.610,00	Rp10.047.794
	Buangan Tanah	m3	67,73	107.110,00	Rp7.254.560
					Rp2.835.193.984
III	Pekerjaan Tiebeam, Kolom Dan plat				
1	Pekerjaan Tie Beam				
	Galian Tanah Biasa	m3	82,04	155.560,00	Rp12.762.142
	Urugan Pasir Urug	m3	6,56	314.960,00	Rp2.066.138
	Lantai Kerja Beton	m3	3,28	1.024.670,00	Rp3.360.918
	Beton Ready Mix $f'c = 25$ MPa	m3	110,30	1.847.780,00	Rp203.810.134
	Pembesian BJTS-420B	kg	10.153,81	18.725,00	Rp190.130.092
	Pasangan Bata Merah	m2	328,14	164.610,00	Rp54.015.125
	Buangan Tanah	m3	82,04	107.110,00	Rp8.787.304
2	Pekerjaan Plat Lantai S1 150 mm				
	Urugan Pasir Urug	m3	112,53	314.960,00	Rp35.442.449
	Lantai Kerja Beton	m3	56,26	1.024.670,00	Rp57.647.934
	Pembesian BJTS-420B	kg	13.953,69	18.725,00	Rp261.282.845
	Beton Ready Mix $f'c = 25$ MPa	m3	565,00	1.847.780,00	Rp1.043.995.700
3	Pekerjaan Kolom				
	Pasang Bekisting Kolom Multipleks t=9mm Melamin	m2	230,40	320.020,00	Rp73.732.608
	Pembesian BJTS-420B	kg	13.074,64	18.725,00	Rp244.822.634
	Beton Ready Mix $f'c = 25$ MPa	m3	135,68	1.847.780,00	Rp250.706.790
					Rp2.442.562.814
B	PEKERJAAN LANTAI 2				
I	Pekerjaan Balok, Pelat, dan Kolom				
1	Pekerjaan Balok				
	Beton Ready Mix $f'c = 25$ MPa	m3	128,29	1.847.780,00	Rp237.051.696
	Pembesian BJTS-420B	kg	17.863,00	18.725,00	Rp334.484.675

	Pasang Bekisting Balok Multipleks t=9mm Melamin	m2	134,00	327.450,00	Rp43.878.300
2	Plat Lantai S1 150 mm	-	-		Rp0
	Pasang Bekisting Plat Lantai Multipleks t=9mm Melamin	m2	127,00	389.320,00	Rp49.443.640
	Pembesian BJTS-420B	kg	15.232,02	18.725,00	Rp285.219.575
	Beton Ready Mix f'c = 25 MPa	m3	569,50	1.847.780,00	Rp1.052.310.710
3	Pekerjaan Kolom	-	-		Rp0
	Pasang Bekisting Kolom Multipleks t=9mm Melamin	m2	100,80	320.020,00	Rp32.258.016
	Pembesian BJTS-420B	kg	5.696,64	18.725,00	Rp106.669.584
	Beton Ready Mix f'c = 25 MPa	m3	134,08	1.847.780,00	Rp247.750.342
					Rp2.389.066.538
C	PEKERJAAN LANTAI 3				
I	Pekerjaan Balok, Pelat, dan Kolom				
1	Pekerjaan Balok				
	Beton Ready Mix f'c = 25 MPa	m3	100,84	1.847.780,00	Rp186.330.135
	Pembesian BJTS-420B	kg	18.812,00	18.725,00	Rp352.254.700
	Pasang Bekisting Balok Multipleks t=9mm Melamin	m2	242,00	327.450,00	Rp79.242.900
2	Plat Lantai S1 150 mm				Rp0
	Pasang Bekisting Plat Lantai Multipleks t=9mm Melamin	m2	167,00	389.320,00	Rp65.016.440
	Pembesian BJTS-420B	kg	14.591,71	18.725,00	Rp273.229.770
	Beton Ready Mix f'c = 25 MPa	m3	498,50	1.847.780,00	Rp921.118.330
3	Pekerjaan Kolom				Rp0
	Pasang Bekisting Kolom Multipleks t=9mm Melamin	m2	89,60	320.020,00	Rp28.673.792
	Pembesian BJTS-420B	kg	4.212,68	18.725,00	Rp78.882.433
	Beton Ready Mix f'c = 25 MPa	m3	133,44	1.847.780,00	Rp246.567.763
					Rp2.231.316.263
D	PEKERJAAN LANTAI 4				
I	Pekerjaan Balok, Pelat, dan Kolom				
1	Pekerjaan Balok				
	Beton Ready Mix f'c = 25 MPa	m3	130,64	1.847.780,00	Rp241.393.979

	Pembesian BJTS-420B	kg	16.912,00	18.725,00	Rp316.677.200
	Pasang Bekisting Balok Multipleks t=9mm Melamin	m2	231,00	327.450,00	Rp75.640.950
2	Plat Lantai S1 150 mm				
	Pasang Bekisting Plat Lantai Multipleks t=9mm Melamin	m2	141,00	389.320,00	Rp54.894.120
	Pembesian BJTS-420B	kg	15.349,13	18.725,00	Rp287.412.459
	Beton Ready Mix $f'c = 25$ MPa	m3	514,00	1.847.780,00	Rp949.758.920
3	Pekerjaan Kolom				
	Pasang Bekisting Kolom Multipleks t=9mm Melamin	m2	83,20	320.020,00	Rp26.625.664
	Pembesian BJTS-420B	kg	3.686,42	18.725,00	Rp69.028.215
	Beton Ready Mix $f'c = 25$ MPa	m3	132,80	1.847.780,00	Rp245.385.184
					Rp2.266.816.691
E	PEKERJAAN LANTAI 5				
I	Pekerjaan Balok, Pelat, dan Kolom				
1	Pekerjaan Balok				
	Beton Ready Mix $f'c = 25$ MPa	m3	131,33	1.847.780,00	Rp242.668.947
	Pembesian BJTS-420B	kg	17.239,00	18.725,00	Rp322.800.275
	Pasang Bekisting Balok Multipleks t=9mm Melamin	m2	211,00	327.450,00	Rp69.091.950
2	Plat Lantai S1 150 mm				
	Pasang Bekisting Plat Lantai Multipleks t=9mm Melamin	m2	154,00	389.320,00	Rp59.955.280
	Pembesian BJTS-420B	kg	14.345,64	18.725,00	Rp268.622.109
	Beton Ready Mix $f'c = 25$ MPa	m3	522,50	1.847.780,00	Rp965.465.050
3	Pekerjaan Kolom				
	Pasang Bekisting Kolom Multipleks t=9mm Melamin	m2	75,20	320.020,00	Rp24.065.504
	Pembesian BJTS-420B	kg	3.300,20	18.725,00	Rp61.796.245
	Beton Ready Mix $f'c = 25$ MPa	m3	133,12	1.847.780,00	Rp245.976.474
					Rp2.260.441.834
F	PEKERJAAN LANTAI 6				
I	Pekerjaan Balok, Pelat, dan Kolom				
1	Pekerjaan Balok				

	Beton Ready Mix $f'c = 25$ MPa	m3	125,79	1.847.780,00	Rp232.432.246
	Pembesian BJTS-420B	kg	16.832,00	18.725,00	Rp315.179.200
	Pasang Bekisting Balok Multipleks t=9mm Melamin	m2	181,00	327.450,00	Rp59.268.450
2	Plat Lantai S1 150 mm				
	Pasang Bekisting Plat Lantai Multipleks t=9mm Melamin	m2	123,00	389.320,00	Rp47.886.360
	Pembesian BJTS-420B	kg	14.119,00	18.725,00	Rp264.378.275
	Beton Ready Mix $f'c = 25$ MPa	m3	508,00	1.847.780,00	Rp938.672.240
3	Pekerjaan Kolom				
	Pasang Bekisting Kolom Multipleks t=9mm Melamin	m2	70,40	320.020,00	Rp22.529.408
	Pembesian BJTS-420B	kg	3.036,73	18.725,00	Rp56.862.769
	Beton Ready Mix $f'c = 25$ MPa	m3	109,44	1.847.780,00	Rp202.221.043
					Rp2.139.429.992
G	PEKERJAAN LANTAI 7				
I	Pekerjaan Balok, Pelat, dan Kolom				
1	Pekerjaan Balok				
	Beton Ready Mix $f'c = 25$ MPa	m3	127,29	1.847.780,00	Rp235.203.916
	Pembesian BJTS-420B	kg	12.013,00	18.725,00	Rp224.943.425
	Pasang Bekisting Balok Multipleks t=9mm Melamin	m2	146,00	327.450,00	Rp47.807.700
2	Plat Lantai S1 150 mm				
	Pasang Bekisting Plat Lantai Multipleks t=9mm Melamin	m2	119,00	389.320,00	Rp46.329.080
	Pembesian BJTS-420B	kg	14.345,64	18.725,00	Rp268.622.109
	Beton Ready Mix $f'c = 25$ MPa	m3	184,50	1.847.780,00	Rp340.915.410
3	Pekerjaan Kolom				
	Pasang Bekisting Kolom Multipleks t=9mm Melamin	m2	84,48	320.020,00	Rp27.035.290
	Pembesian BJTS-420B	kg	3.644,08	18.725,00	Rp68.235.398
	Beton Ready Mix $f'c = 25$ MPa	m3	73,92	1.847.780,00	Rp136.587.898
					Rp1.395.680.225
H	PEKERJAAN LANTAI ATAP				
I	Pekerjaan Balok, Pelat, dan Kolom				

1	Pekerjaan Balok Beton				
	Beton Ready Mix $f'_c = 25$ MPa	m3	77,55	1.847.780,00	Rp143.295.339
	Pembesian BJTS-420B	kg	848,45	18.725,00	Rp15.887.226
	Pasang Bekisting Balok Multipleks $t=9$ mm Melamin	m2	16,00	327.450,00	Rp5.239.200
2	Balok B1 HC882.300.12.20	-	-		
	- Balok HC882.300.12.20	kg	3.255,00	37.730,00	Rp122.811.150
	- End Plate Dua Sisi $t=32$ mm	kg	157,55	45.520,00	Rp7.171.676
	- Las $t = 8$ mm	m'	35,94	36.810,00	Rp1.322.951
	- Angkur Baud M25	bh	20,00	102.500,00	Rp2.050.000
3	Balok B2 IWF 300.150.6.5.9				
	- Balok IWF 300.150.6.5.9	kg	854,33	37.730,00	Rp32.233.871
	- Siku L 70 x 70 x 7 mm	kg	45,22	45.520,00	Rp2.058.414
	- Stifner $t=10$ mm	kg	19,06	45.520,00	Rp867.611
	- Las $t = 8$ mm	m'	9,91	36.810,00	Rp364.787
	- Baud HTB D19	bh	40,00	9.250,00	Rp370.000
4	Balok B3IWF 350.175.7.11				
	- Balok IWF 350.175.7.11	kg	277,67	37.730,00	Rp10.476.489
	- End Plate Dua Sisi $t=16$ mm	kg	15,39	45.520,00	Rp700.553
	- Stifner $t=10$ mm	kg	12,98	45.520,00	Rp590.850
	- Las $t = 8$ mm	m'	5,78	36.810,00	Rp212.762
	- Baud HTB D19	bh	20,00	9.250,00	Rp185.000
5	Balok CNP 150.65.20.2.3				
	- Siku L 70 x 70 x 7 mm	kg	129,15	45.520,00	Rp5.878.908
	- End Plate $t=8$ mm	kg	70,65	45.520,00	Rp3.215.988
	- Las $t = 8$ mm	m'	9,00	36.810,00	Rp331.290
	- Gording CNP 150.65.20.2,3	kg	832,84	37.730,00	Rp31.423.053
6	Plat Lantai S1 150 mm				
	Pasang Bekisting Plat Lantai Multipleks	m2	12,60	389.320,00	Rp4.905.432

	t=9mm Melamin				
	Pembesian BJTS-420B	kg	275,67	18.725,00	Rp5.161.955
	Beton Ready Mix f'c = 25 MPa	m3	24,00	1.847.780,00	Rp44.346.720
7	Pekerjaan Kolom	-	-		
	Pasang Bekisting Kolom Multipleks t=9mm Melamin	m2	5,60	320.020,00	Rp1.792.112
	Pembesian BJTS-420B	kg	175,74	18.725,00	Rp3.290.732
	Beton Ready Mix f'c = 25 MPa	m3	6,78	1.847.780,00	Rp12.527.948
					Rp458.712.017
II	PEKERJAAN RINGBALOK				
1	Ring Balok Tipe B4				
	Beton Ready Mix f'c = 25 MPa	m3	3,43	1.847.780,00	Rp6.337.885
	Pembesian BJTS-420B	kg	451,15	18.725,00	Rp8.447.784
	Pasang Bekisting Balok Multipleks t=9mm Melamin	m2	2,14	327.450,00	Rp700.743
2	Ring Balok Tipe B2	-			
	- Balok IWF 300.150.6,5.9	kg	4.143,33	37.730,00	Rp156.327.841
	- Siku L 70 x 70 x 7 mm	kg	132,84	45.520,00	Rp6.046.877
	- Stifner t=8mm	kg	777,65	45.520,00	Rp35.398.628
	- Las t = 8mm	m'	84,05	36.810,00	Rp3.093.881
3	Ring Balok Tipe				
	- Balok IWF 200.100.5,5.8	kg	512,00	37.730,00	Rp19.317.760
	- Siku L 70 x 70 x 7 mm	kg	29,52	45.520,00	Rp1.343.750
	- Stifner t=8mm	kg	13,10	45.520,00	Rp596.312
	- Las t = 8mm	m'	13,08	36.810,00	Rp481.475
	- Baud HTB D12	bh	192,00	5.850,00	Rp1.123.200
					Rp239.216.136
III	PEKERJAAN RANGKA ATAP BAJA				
1	Kuda Kuda R1 IWF 350.175.7.11				
	- Kuda Kuda IWF 350.175.7.11	kg	7.948,21	37.730,00	Rp299.885.963
	- End Plate t=15mm	kg			Rp29.156.470

			640,52	45.520,00	
	- Voute dengan Baja WF yang sama	kg	640,52	45.520,00	Rp29.156.470
	- Stifner t=10mm	kg	302,80	45.520,00	Rp13.783.456
	- Las t = 8mm	m'	118,44	36.810,00	Rp4.359.776
	- Baud HTB D16	bh	1.092,00	7.500,00	Rp8.190.000
2	Jurai J1 IWF 350.175.7.11				
	- Jurai IWF 350.175.7.11	kg	7.948,21	37.730,00	Rp299.885.963
	- End Plate t=15mm	kg	640,52	45.520,00	Rp29.156.470
	- Voute dengan Baja WF yang sama	kg	640,52	45.520,00	Rp29.156.470
	- Stifner t=10mm	kg	302,80	45.520,00	Rp13.783.456
	- Las t = 8mm	m'	118,44	36.810,00	Rp4.359.776
	- Baud HTB D16	bh	1.092,00	7.500,00	Rp8.190.000
3	Jurai J2 IWF 200.100.5.5.8				
	- Jurai IWF 200.100.5.5.8	kg	1.182,72	37.730,00	Rp44.624.026
	- End Plate t=15mm	kg	375,65	45.520,00	Rp17.099.588
	- Voute dengan Baja WF yang sama	kg	375,65	45.520,00	Rp17.099.588
	- Stifner t=10mm	kg	54,60	45.520,00	Rp2.485.392
	- Las t = 8mm	m'	38,28	36.810,00	Rp1.409.087
	- Baud HTB D16	bh	384,00	7.500,00	Rp2.880.000
3	Gording G1 CNP 200.75.20.3.2				
	- Close Gording, Plat t=8 mm	kg	305,21	45.520,00	Rp13.893.159
	- Las t = 8mm	m'	64,80	36.810,00	Rp2.385.288
	- Gording CNP 200.75.20.3,2	kg	4.872,00	37.730,00	Rp183.820.560
	- Ikatan Angin D12 mm	kg	35,28	18.725,00	Rp660.618
	- Trekstang D10 mm	kg	203,52	18.725,00	Rp3.810.912
4	Gording G2 CNP 150.50.20.2.3				
	- Close Gording, Plat t=5 mm	kg	37,68	45.520,00	Rp1.715.194
	- Las t = 8mm	m'	12,80	36.810,00	Rp471.168

	- Gording CNP 150.50.20.2,3	kg	1.536,41	37.730,00	Rp57.968.749
	- Trekstang D10 mm	kg	89,04	18.725,00	Rp1.667.274
					Rp1.121.054.876

Sumber: (Analisa Penulis, 2024)

Tabel 4. 42 Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya

REKAPITULASI RENCANA ANGGARAN BIAYA		
PROYEK : GPT RSUD Sidoarjo		
TAHUN : 2024		
NO	URAIAN PEKERJAAN	JUMLAH HARGA (Rp.)
	PEKERJAAN STRUKTUR GEDUNG TERPADU	
A	PEKERJAAN LANTAI 1	Rp.12.988.563.941,72
B	PEKERJAAN LANTAI 2	Rp.2.389.066.538,10
C	PEKERJAAN LANTAI 3	Rp.2.231.316.263,15
D	PEKERJAAN LANTAI 4	Rp.2.266.816.690,95
E	PEKERJAAN LANTAI 5	Rp2.260.441.834,00
F	PEKERJAAN LANTAI 6	Rp.2.139.429.991,65
G	PEKERJAAN LANTAI 7	Rp.1.395.680.225,40
H	PEKERJAAN LANTAI LANTAI ATAP	Rp.475.662.799,22
I	PEKERJAAN RANGKA ATAP BAJA	Rp.1.507.741.994,25
	JUMLAH	Rp.27.654.720.278,45
	PPN 11%	Rp3..042.019.230,63
	JUMLAH TOTAL	Rp.30.696.739.509,07

Sumber: (Analisa Penulis, 2024)

4.11 Perhitungan *Manpower*

Pada Harga Satuan Pekerjaan (HSP) terdapat koefisien yang digunakan untuk menghitung kebutuhan tenaga kerja dalam pekerjaan. Dengan cara mengkalikan koefisien HSP dan volume pekerjaan dalam satuan perorang-hari (OH).

Tabel 4. 43 Perhitungan *Manpower*

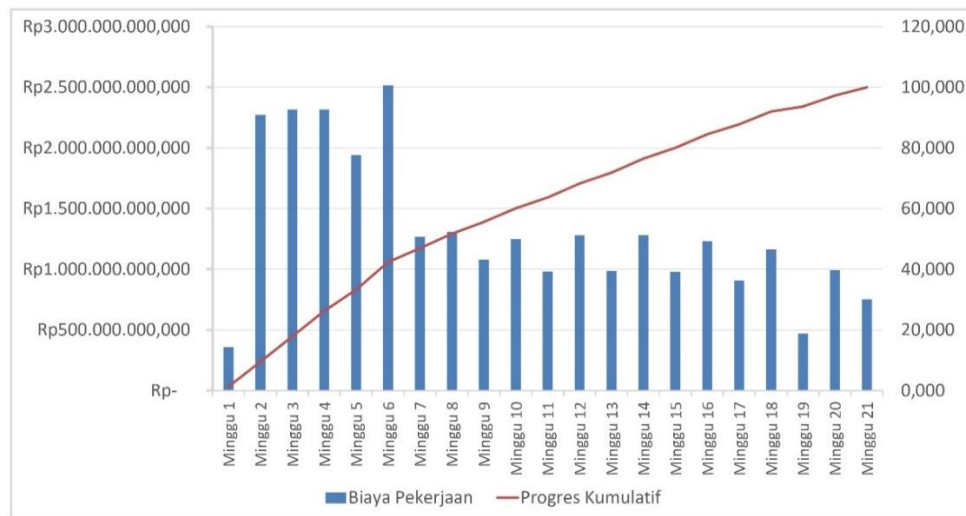
NO	URAIAN	KOEF	SAT	VOLUME	DURASI	PEKERJA	JUMLAH PEKERJA	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	
Gedung Pusat Terpadu RSUD Sidoarjo								
1. Pekerjaan Persiapan								
	1 Pengukuran dan Pemasangan Bowplank							
	U001	Pekerja	0,1000	oh	206,25	7	3	6
	U002	Tukang Batu	0,1000	oh			3	
	U006	Tukang Cat/Plitur	0,0100	oh			0	
	U014	Mandor	0,0050	oh			0	

Sumber: (Analisa Penulis, 2024)

Pada kolom durasi menggunakan satuan hari. Perhitungan manpower dihitung dengan cara:

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah Pekerja} &= \frac{\text{Koefisien HSP} \times \text{Volume}}{\text{Durasi pekerjaan}} \\
 &= \frac{0,100 \times 206,25}{7} \\
 &= 2,946 \rightarrow \text{dibulatkan naik menjadi 3 tenaga kerja.}
 \end{aligned}$$

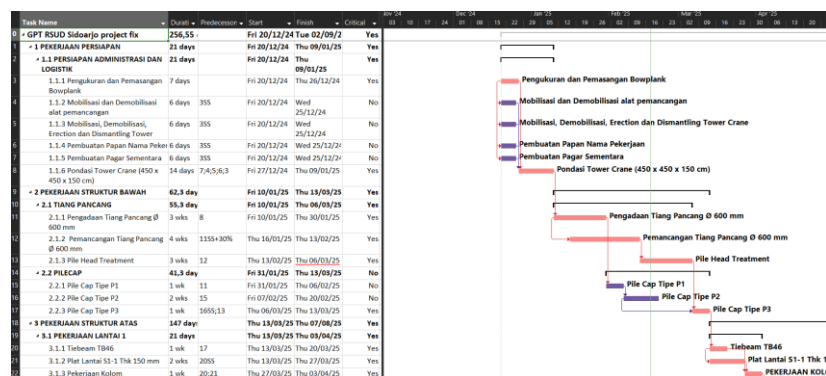
Jadi pada pengukuran dan pemasangan *bowplank* membutuhkan 3 tenaga kerja pada bagian pekerja dalam waktu 7 hari.



Gambar 4. 22 Grafik *Manpower*
Sumber: (Analisa Penulis, 2024)

4.12 Perencanaan Penjadwalan

Penjadwalan dilakukan berdasarkan hasil Rencana Anggaran Biaya (RAB). Penyusunan penjadwalan Gedung Pusat RSUD Sidoarjo menggunakan *software* Microsoft Project sebagai *software* penunjang. Penggunaan *Microsoft Project* tidak hanya mengetahui penjadwalan proyek namun dapat berfungsi sebagai monitoring dan evaluasi proyek. Berikut merupakan hasil penyusunan penjadwalan Gedung Pusat Terpadu RSUD Sidoarjo:

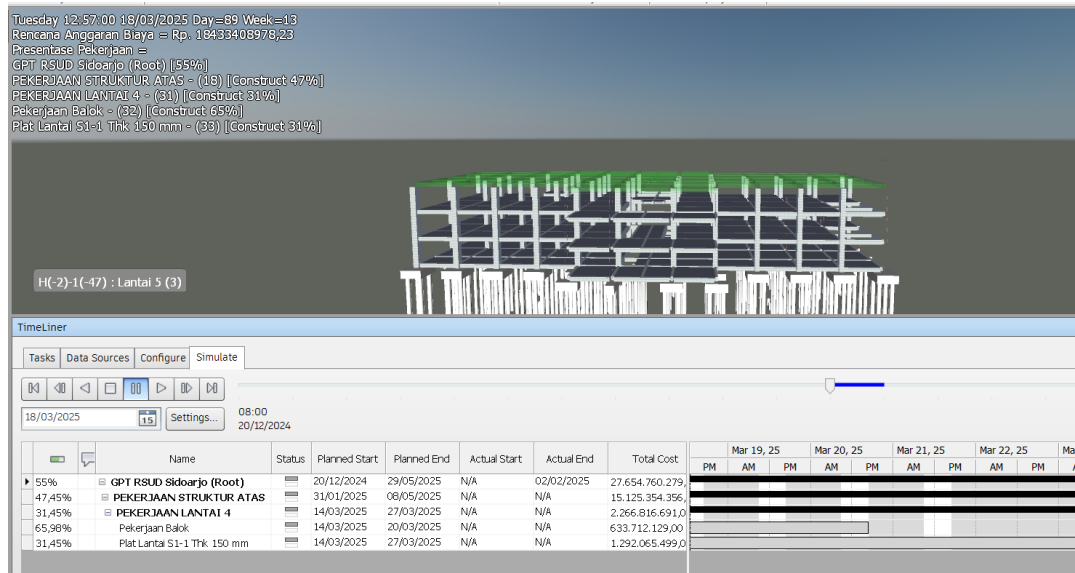


Gambar 4. 23 Hasil Penjadwalan Menggunakan *Ms. Project*
Sumber: (Analisa Penulis, 2024)

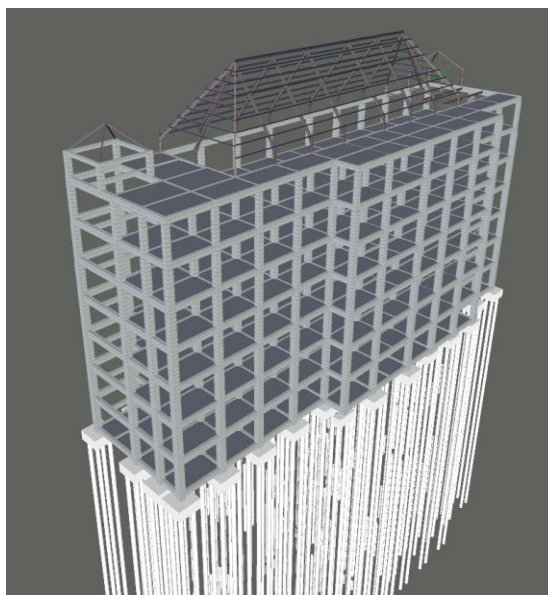
4.13 Simulasi 5D

Simulasi 5D pada perencanaan ini menggunakan *Autodesk Naviswork* sebagai

software pembantu. Integrasi ini berdasarkan pemodelan 3 dimensi dan penjadwalan yang telah dilakukan lalu memberikan hasil berupa visualisasi setiap tahap pekerjaan. Berikut merupakan hasil integrasi pada *Naviswork*.



Gambar 4. 24 Progress integrasi pada Naviswork
Sumber: (Analisa Penulis, 2024)



Gambar 4. 25 Visualisasi Permodelan Menggunakan Naviswork
Sumber: (Analisa Penulis, 2024)