

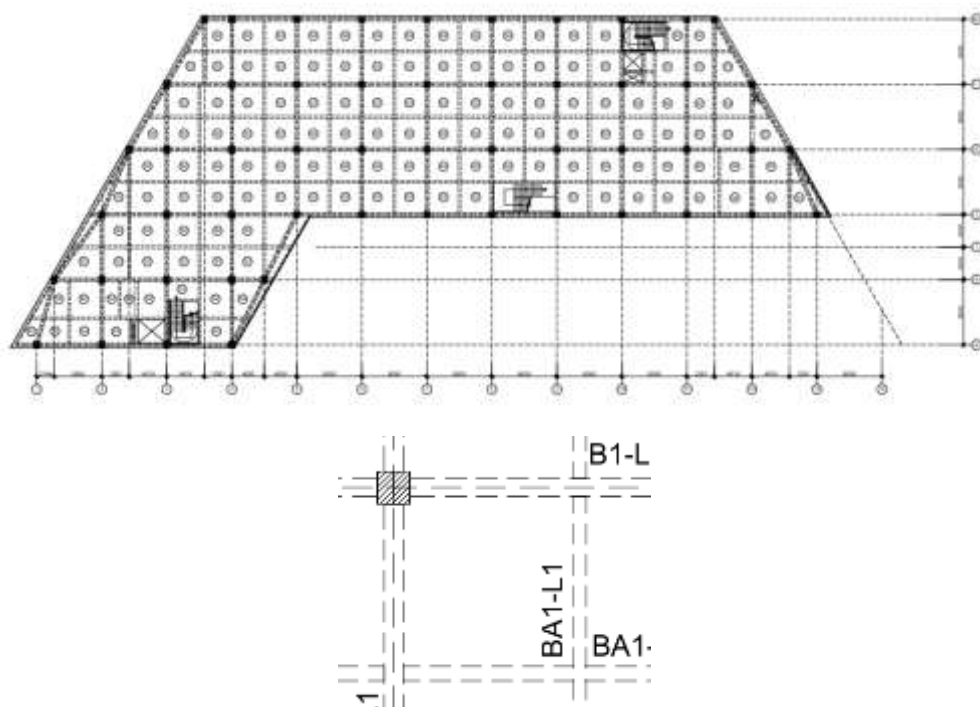
BAB IV

PEMBAHASAN

4.1 *Preliminary design*

Proses pengembangan desain awal sebuah bangunan, yang mencakup perkiraan ukuran struktur bangunan Technopole dan pembentukan kolom, balok, serta pelatnya, dikenal sebagai *preliminary design*. Setelah itu, *software* SAP 2000 untuk menghitung dan menghasilkan dimensi yang tepat dan efektif. Aturan SNI 2847:2019 tentang persyaratan beton struktural untuk bangunan atau penelitian literatur lainnya diikuti dalam penciptaan *preliminary design* ini.

4.1.1 Perencanaan Dimensi Pelat Lantai



Gambar 4. 1 *Preliminary Design* Pelat

(Sumber : Analisis Pribadi)

Disajikan data preliminary *pelat* lantai, sebelum melakukan perencanaan dimensi *pelat* lantai sebagai berikut :

- a. Tipe *Pelat* : S2
- b. Mutu Beton : 30 MPa
- c. Mutu Baja : 400 MPa
- d. Panjang Balok Arah X : 4000 mm
- e. Panjang Balok Arah Y : 4000 mm
- f. Jarak sisi terpanjang L_y : 4000 mm
- g. Jarak sisi terpendek L_x : 4000 mm
- h. Rasio Jarak L_y/L_x : $1,000 < 2$ (*pelat* dua arah)

Tabel 4. 1 *Preliminary Design Pelat*

Dimensi Balok								Estimasi Pelat (hf) [mm]
Balok 1		Balok 2		Balok 3		Balok 4		
b [mm]	h [mm]	b [mm]	h [mm]	b [mm]	h [mm]	b [mm]	h [mm]	
400	700	300	500	400	700	300	500	

(Sumber : Analisis Pribadi)

Langkah selanjutnya yaitu menentukan ketebalan dari pelat lantai dua arah yang disyaratkan berdasarkan SNI 2847:2019 pada tabel 8.3.1.2.

Tabel 4. 2 Ketebalan dari pelat lantai dua arah

Tabel 8.3.1.2 – Ketebalan minimum pelat dua arah nonprategang dengan balok di antara tumpuan pada semua sisinya

afm	h minimum, mm		Persamaan
$afm < 0,2$	8.3.1.1 berlaku		a
$0,2 < afm < 2$	Terbesar Dari :	$h = \frac{L_n(0,8 + (\frac{f_y}{1400}))}{36 + 5\beta(afm - 0,2)}$	b
		125	c
$afm > 2$	Terbesar Dari :	$h = \frac{L_n(0,8 + (\frac{f_y}{1400}))}{36 + 9\beta}$	d
		90	e

(Sumber : SNI 2847:2019)

Sebelum itu, dibutuhkan nilai α yaitu rata-rata rasio kekakuan penampang sekitar *pelat* lantai dengan mencari nilai koefisien, momen inersia balok, dan momen inersia *pelat* dengan rumus :

$$\alpha = \frac{I_{\text{balok}}}{I_{\text{plat}}}$$

Dimana untuk rumus momen inersia balok dan momen inersia pelat adalah sebagai berikut :

$$I_{\text{balok}} = k \cdot \frac{b_w \cdot h^3}{12}$$

$$I_{\text{plat}} = \frac{L \cdot t^3}{12}$$

Kemudian untuk menentukan momen inersia pada balok, diperlukan nilai koefisien. Berikut merupakan rumus untuk menghitung nilai koefisien pada momen inersia balok :

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{h_f}{h_w}\right) \left(4 - 6 \left(\frac{h_f}{h_w}\right) + 4 \left(\frac{h_f}{h_w}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{h_f}{h_w}\right)^3\right)}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{h_f}{h_w}\right)}$$

Keterangan :

Be : Lebar efektif balok

Bw : Lebar efektif balok

H : tebal balok

T : asumsi tebal *pelat*

Tabel 4. 3 Penentuan nilai α pada *pelat* S2

Penampang	K Balok	I Balok (cm^4)	I Pelat (cm^4)	α
B1	3,4703	2031474	45733	44,420
B2	4,4949	524294	91466	44,420
BA1	4,4949	524294	114333	5,732
BA1	4,4949	524294	91466	5,732

(Sumber : Analisis Pribadi)

$$\begin{aligned}
 \alpha fm &= \frac{44.420 + 44.420 + 5.732 + 5.732}{4} \\
 &= 25.08
 \end{aligned}$$

Dengan demikian dapat dihitung h min sesuai dengan persamaan d pada tabel 8.3.1.2. SNI 2847:2019.

$$H = 89,22 \text{ mm} < 90 \text{ mm}$$

Maka tebal minimum pelat adalah 90 mm

Sehingga pada perencanaan pelat ini, dipakai tebal pelat untuk S1 yaitu 150 mm, S2 yaitu 130 mm, S3 yaitu 150 mm, dan S4 yaitu 120 mm. Berikut merupakan rekapitan hasil dari preliminary desain pelat lantai.

Tabel 4. 4 Rekapitulasi Dimensi *Pelat* Lantai

Tipe	Ly	Lx	αfm	Tebal Pelat (mm)	Letak
S1	4000	4000	25,08	150	Lantai
S2	4000	4000	25,08	130	Lantai
S3	4000	4000	25,08	150	Lantai
S4	4000	4000	25,08	120	Atap

(Sumber : Analisis Pribadi)

4.1.2 Perencanaan Dimensi Balok

Standar untuk balok SRPMK telah dimuat dalam SNI 2847 : 2019 Pasal 18.6, Pasal ini berlaku untuk balok rangka dengan torsi spesifik, termasuk persyaratan untuk komponen rangka yang terkena tekanan aksial lebih besar dari $Ag.f'c/10$ dan dapat menyerap beban melintang akibat pergerakan seismik. Hal itu berakibat pada setiap kombinasi beban yang harus dirincikan lebih dan memenuhi standar yang berlaku.

Adapun Batasan dimensi dari balok harus memenuhi SNI 2847:2019 Pasal 18.6.2.1:

1. Bentang bersih, l_n , nilainya harus lebih dari $4d$
2. Lebar penampang b_w , harus lebih dari $0,3h$ dan 250 mm

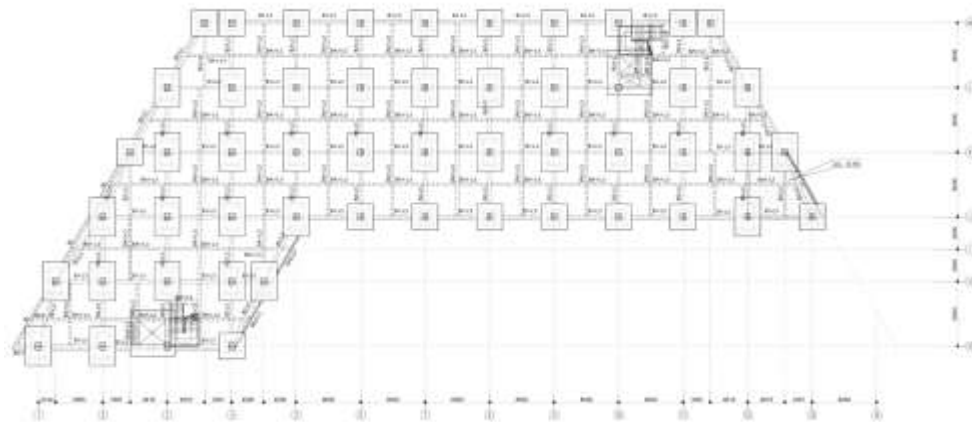
3. Nilai minimum c_2 dan $0,75c_1$ di kedua sisi kolom tidak boleh melebihi lebar balok yang diproyeksikan jika melebihi lebar kolom susun.

Tabel 4. 5 Tinggi minimum balok

Kondisi Perletakan	Tinggi Minimum
Perketakan sederhana	$L/16$
Menerus satu sisi	$L/18,5$
Menerus dua sisi	$L/21$
kantilever	$L/8$

(Sumber: SNI 2847-2019)

a) Lantai LG3



Gambar 4. 2 Denah Balok *Lower ground 3*

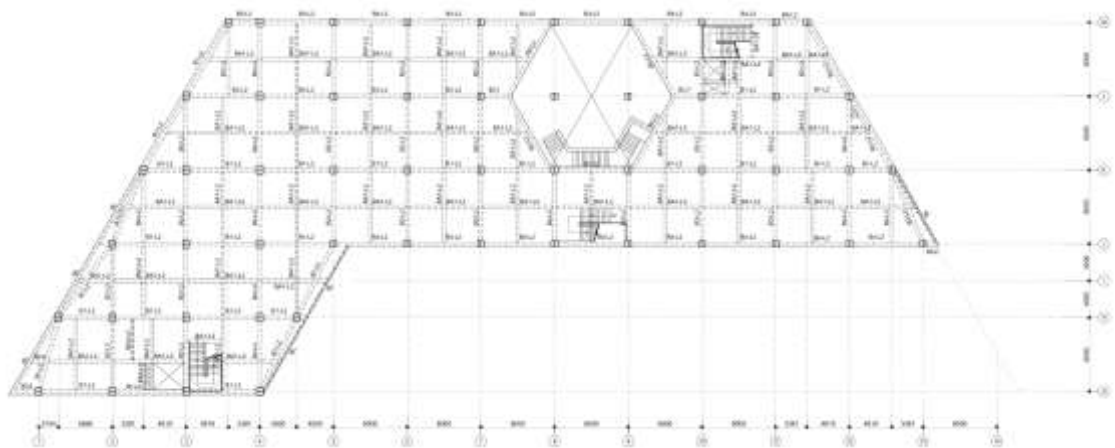
(Sumber : Analisis Pribadi)

Tabel 4. 6 Balok *Lower ground 3*

NO	TIPE BALOK	BENTANG	TINGGI	LEBAR	SYARAT TINGGI SNI 2847:2019 PASAL 9.3.1.1	SYARAT LEBAR SNI 2847:2019 PASAL 18.6.2.1
1	B1	8000	700	400	OK	OK
2	B2	9000	700	400	OK	OK
3	BC1	3142	700	400	OK	OK
4	BCA	2000	500	300	OK	OK
5	BA1	8000	500	300	OK	OK
6	BA2	8000	400	250	OK	OK

(Sumber : Analisis Pribadi)

b) Lantai LG2

Gambar 4. 3 Denah Balok *Lower ground 2*

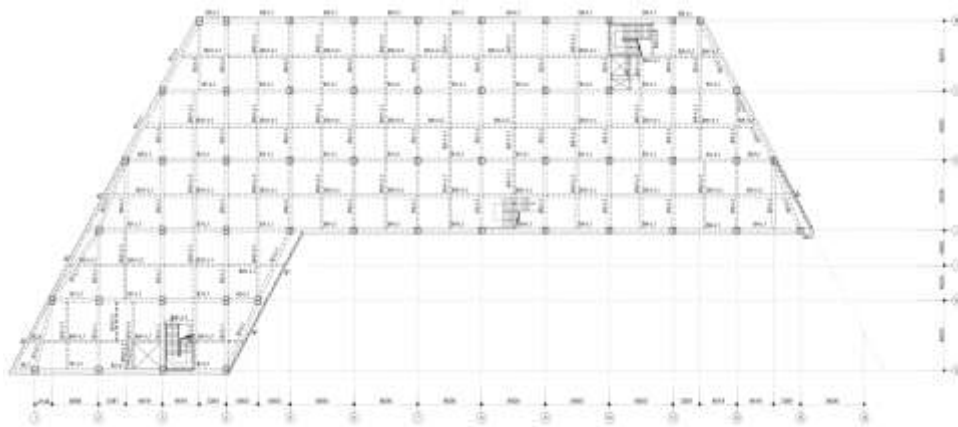
(Sumber : Analisis Pribadi)

Tabel 4. 7 Balok *Lower ground 2*

NO	TIPE BALOK	BENTANG	TINGGI	LEBAR	SYARAT TINGGI SNI 2847:2019 PASAL 9.3.1.1	SYARAT LEBAR SNI 2847:2019 PASAL 18.6.2.1
1	B1	9915	700	400	OK	OK
2	B2	8000	700	400	OK	OK
3	B3	9238	700	400	OK	OK
4	B4	8000	700	400	OK	OK
5	B5	3381	500	300	OK	OK
6	BA1	8000	400	250	OK	OK
7	BA2	8000	400	250	OK	OK
8	BC1	3349	700	400	OK	OK
9	BC2	2475	700	400	OK	OK
10	BCA	1836	500	300	OK	OK
11	BL	9463	500	200	OK	OK

(Sumber : Analisis Pribadi)

c) Lantai LG1

Gambar 4. 4 Denah Balok *Lower ground 1*

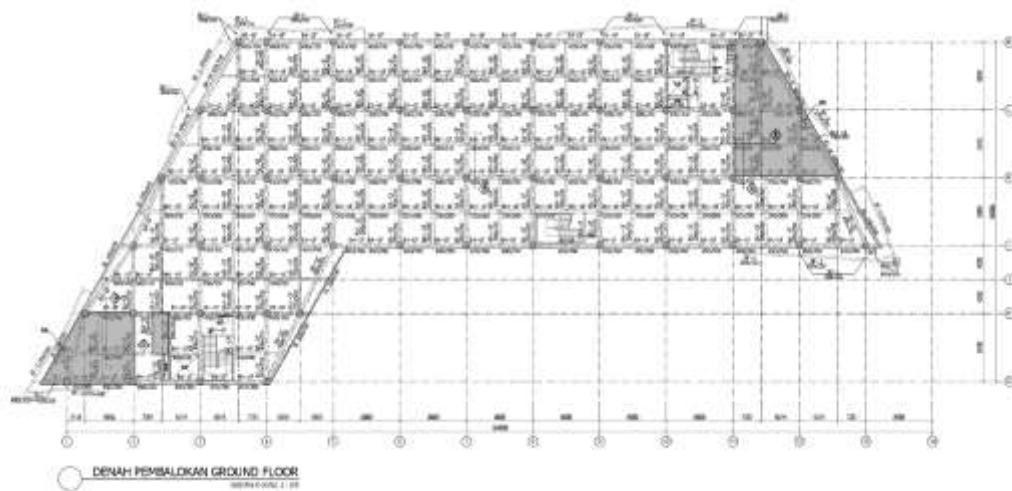
(Sumber : Analisis Pribadi)

Tabel 4. 7 Balok *Lower ground 1*

NO	TIPE BALOK	BENTANG	TINGGI	LEBAR	SYARAT TINGGI SNI 2847:2019 PASAL 9.3.1.1	SYARAT LEBAR SNI 2847:2019 PASAL 18.6.2.1
1	B1	9915	700	400	OK	OK
2	B2	8000	700	400	OK	OK
3	B3	9238	700	400	OK	OK
4	B4	8000	700	400	OK	OK
5	B5	8000	500	300	OK	OK
6	BA1	8000	400	250	OK	OK
7	BA2	8000	400	250	OK	OK
8	BC1	3349	700	400	OK	OK
9	BC2	2475	700	400	OK	OK
10	BCA	1836	500	300	OK	OK
11	BL	9463	500	200	OK	OK

(Sumber : Analisis Pribadi)

d) Lantai GF

Gambar 4. 5 Denah Balok *Ground Floor*

(Sumber : Analisis Pribadi)

Tabel 4. 8 Balok *Ground Floor*

NO	TIPE BALOK	BENTANG	TINGGI	LEBAR	SYARAT TINGGI SNI 2847:2019 PASAL 9.3.1.1	SYARAT LEBAR SNI 2847:2019 PASAL 18.6.2.1
1	B1	9915	650	300	OK	OK
2	BA1	8000	400	250	OK	OK
3	BA2	8000	400	250	OK	OK
4	BC1	3349	700	400	OK	OK
5	BC2	2475	700	400	OK	OK
6	BCA	1836	500	300	OK	OK
7	BL	9463	500	200	OK	OK

(Sumber : Analisis Pribadi)

e) Lantai 1

Tabel 4. 9 Balok Lantai 1

NO	TIPE BALOK	BENTANG	TINGGI	LEBAR	SYARAT TINGGI SNI 2847:2019 PASAL 9.3.1.1	SYARAT LEBAR SNI 2847:2019 PASAL 18.6.2.1
1	B6	9915	650	300	OK	OK
2	BA1	8000	400	250	OK	OK
3	BA2	8000	400	250	OK	OK
4	BC1	3349	700	400	OK	OK
5	BC2	2475	700	400	OK	OK
6	BCA	1836	500	300	OK	OK
7	BL	9463	500	200	OK	OK

(Sumber : Analisis Pribadi)

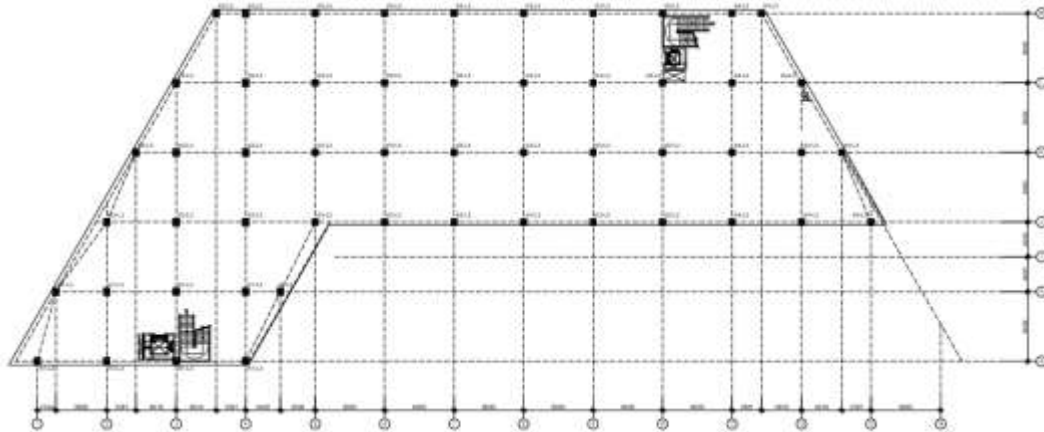
f) Lantai 2

Tabel 4. 10 Balok Lantai 2

NO	TIPE BALOK	BENTANG	TINGGI	LEBAR	SYARAT TINGGI SNI 2847:2019 PASAL 9.3.1.1	SYARAT LEBAR SNI 2847:2019 PASAL 18.6.2.1
1	B6	9915	650	300	OK	OK
2	BA1	8000	400	250	OK	OK
3	BA2	8000	400	250	OK	OK
4	BC1	3349	700	400	OK	OK
5	BCA	1836	500	300	OK	OK
6	BL	9463	500	200	OK	OK

(Sumber : Analisis Pribadi)

4.1.3 Perencanaan Dimensi Kolom



Gambar 4. 6 Denah Kolom *Lower ground 3*

(Sumber : Analisis Pribadi)

Momen maksimum yang timbul dari beban yang dihitung pada bentang terdekat dengan lantai atau atap yang sedang ditinjau, serta beban aksial faktor yang terjadi di semua lantai atau atap, harus mampu ditopang oleh kolom yang dirancang. Berikut merupakan data *preliminary* kolom :

Tipe Kolom : K1

Lokasi yang ditinjau : LG3

Bentang Balok (L) : 8000 mm

Tinggi Kolom (H) : 4000 mm

Dimensi Balok : 400 x 700

Mutu Beton : 30 MPa

Mutu Baja : 420 MPa

Perhitungan perencanaan dimensi kolom disesuaikan dengan SNI 2847:2019.

Kolom yang direncanakan yaitu K1 = 700 x 850

$$\frac{I_{kolom}}{L_{kolom}} \geq \frac{I_{balok}}{L_{balok}}$$

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

$$\frac{\frac{1}{12} \times b \times h^3}{400} \geq \frac{\frac{1}{12} \times b \times h^3}{800}$$

$$\frac{\frac{1}{12} \times b \times h^3}{400} \geq \frac{\frac{1}{12} \times 40 \times 70^3}{800}$$

$$h = 46,1 \text{ cm}$$

$$h \approx 85 \text{ cm}$$

sehingga dipakai dimensi kolom tipe K1 70/85 cm.

Rekapitulasi perhitungan dimensi struktur kolom sebagai berikut :

Tabel 4. 11 Preliminary Kolom

Tipe Kolom	Tinggi Kolom (mm)	h (mm)	b (mm)
K1	4000	850	700
K2	4000	700	700
K3	4000	700	700
K5	4000	800	650
K6	4000	600	600

(Sumber : Analisis Pribadi)

4.2 Analisis Pembebanan

4.2.1 Beban Mati

Beban tetap dimaksudkan sebagai beban yang berasal dari komponen berat bangunan seperti berat sendiri (komponen pasangan lantai, *plafond*-penggantung, berat komponen atap, dan lain-lain), serta beban akibat fungsi ruang (tempat parkir, pertemuan, ruang kelas, dan lain-lain). Adapun penetapan nilai beban didasarkan pada ketentuan dalam SNI 1727-2020 atau terhadap ketentuan acuan lain yang sesuai. Pembebanan pada perencanaan ulang Gedung Technopole Polman Majalengka sebagai berikut :

a. Beban Mati Lantai 2-6

Berat sendiri pelat	: $0,15 \times 2400 = 360 \text{ kg/m}^2$
Beban Penggantung <i>Plafond</i>	: 8 kg/m^2
Beban <i>Plafond</i>	: 10 kg/m^2
Beban Spesi	: 66 kg/m^2
Beban Keramik	: 21 kg/m^2
Beban ME	: 25 kg/m^2

b. Beban mati *pelat* atap

Berat sendiri pelat	: $0,15 \times 2400 = 360 \text{ kg/m}^2$
Beban Penggantung <i>Plafond</i>	: 8 kg/m^2
Beban <i>Plafond</i>	: 10 kg/m^2
Beban <i>waterproofing</i>	: 5 kg/m^2
Beban ME	: 25 kg/m^2

c. Beban mati dinding

Bata Ringan	: $650 \times 0,1 \times 3 = 195 \text{ kg/m}^2$
Plester	: $20 \times 0,01 \times 3 = 0,6 \text{ kg/m}^2$
Acian	: $3 \times 0,002 \times 3 = 0,02 \text{ kg/m}^2$
Total	: 196 kg/m^2

4.2.2 Beban Hidup

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu bangunan, dan di dalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah (*moveable equipment*), mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dari bangunan dan dapat diganti selama masa hidup dari bangunan itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap bangunan tersebut. Khusus untuk atap yang dianggap beban hidup termasuk beban yang berasal dari air hujan, baik akibat genangan maupun akibat tekanan jatuh (energi kinetik) butiran air.

1. Lantai LG3

Lobby dan Hall	: 3,830 kN/m ² = 390,6 kg/m ²
Workshop	: 3,830 kN/m ² = 390,6 kg/m ²
Office	: 2,720 kN/m ² = 277,4 kg/m ²
Koridor	: 3,830 kN/m ² = 390,6 kg/m ²
R Utilitas	: 3,830 kN/m ² = 390,6 kg/m ²
Toilet	: 1,920 kN/m ² = 195,8 kg/m ²

2. Lantai LG2

<i>Lobby dan Hall</i>	: 3,830 kN/m ² = 390,6 kg/m ²
<i>Lobby</i>	: 4,790 kN/m ² = 488,4 kg/m ²
<i>R kelas dan training room</i>	: 2,870 kN/m ² = 292,7 kg/m ²
<i>Digital Library</i>	: 2,870 kN/m ² = 292,7 kg/m ²
MEP	: 3,000 kN/m ² = 305,9 kg/m ²
Toilet	: 1,920 kN/m ² = 195,8 kg/m ²

3. Lantai LG1

<i>Lobby dan Koridor</i>	: 3,830 kN/m ² = 390,6 kg/m ²
<i>Bussiness Center</i>	: 2,870 kN/m ² = 292,7 kg/m ²
<i>Executive Lounge</i>	: 2,870 kN/m ² = 292,7 kg/m ²
Musholla	: 2,870 kN/m ² = 305,9 kg/m ²
MEP	: 3,000 kN/m ² = 305,9 kg/m ²
Toilet	: 1,920 kN/m ² = 195,8 kg/m ²

4. Lantai GF

<i>Lobby dan Koridor</i>	: 3,830 kN/m ² = 390,6 kg/m ²
<i>Display Product</i>	: 4,790 kN/m ² = 292,7 kg/m ²
<i>Digital Room</i>	: 4,790 kN/m ² = 292,7 kg/m ²
MEP	: 3,000 kN/m ² = 305,9 kg/m ²
Toilet	: 1,920 kN/m ² = 195,8 kg/m ²

5. Lantai 1

Dak Atap dan <i>Roof Garden</i>	: 2,400 kN/m ² = 244,7 kg/m ²
MEP	: 3,000 kN/m ² = 305,9 kg/m ²

4.2.3 Beban Angin

1. Menentukan kategori resiko untuk bangunan atau struktur lain sesuai dengan tabel yang ada pada SNI 1727:2019.

Tabel 4. 12`Kategori Resiko Bangunan

Jenis pemanfaatan	Kategori resiko
Gedung dan nongedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: - Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,II,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: - Pemukiman - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik	II
Gedung dan nongedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo Gedung dan nongedung, 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: - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi Gedung dan nongedung 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.	III
Gedung dan nongedung yang dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk: Bangunan beraturan 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 : Analisis Pribadi)

Pada informasi dari table SNI 1727:2019 menunjukkan bahwa Gedung Technopole Kampus Polman Majalengka termasuk ke dalam kategori bangunan fasilitas penting yaitu Gedung sekolah atau fasilitas Pendidikan dan memiliki resiko yang tinggi dan termasuk ke dalam resiko IV.

2. Kecepatan angin dasar



Gambar 4. 7 Kecepatan Angin Dasar di Majalengka

(Sumber: www.bmkg.co.id)

Menurut informasi pada situs BMKG pada tanggal 14 April 2025, BMKG melaporkan bahwa di Kabupaten Majalengka, kecepatan angin tertinggi mencapai 7 km/jam. Oleh karena itu, dalam perencanaan ini akan digunakan kecepatan angin pada kondisi tersebut sebesar

$$V = 7 \text{ km/jam}$$

$$= 1,94 \text{ m/s}$$

3. Parameter Beban Angin berdasarkan SNI 1727:2020

- a. Faktor arah angin : 0,85 sesuai dengan pasal 26.6.1
- b. Kategori eksposur : C (dataran terbuka)
- c. Faktor Topografi : Kzt (berdasarkan gambar 26.8-1 SNI 1727:2020)
- d. Faktor Elevasi Permukaan Tanah (Ke) : 1 (Berdasarkan Tabel 26.9.1 SNI 1727:2020)
- e. Faktor Efek hembusan angin : 0,85
- f. Klasifikasi ketertutupan : Bangunan Technopole ini termasuk ke dalam kategori bangunan tertutup
- g. Koefisien tekanan internal (GCpi)

Tabel 4. 13 Koefisien Tekanan Internal

Tabel 26.13-1 - Sistem penahan gaya angin utama dan komponen dan klading (semua ketinggian): koefisien tekanan internal, ($G_{C_{pi}}$), untuk bangunan tertutup, tertutup sebagian, terbuka sebagian, dan bangunan terbuka (dinding dan atap)

Klasifikasi ketertutupan	Kriteria untuk klasifikasi ketertutupan	Tekanan internal	Koefisien tekanan internal, ($G_{C_{pi}}$)
Bangunan tertutup	A_0 kurang dari terkecil $0,01A_g$ atau $4 \text{ ft}^2 (0,37 \text{ m}^2)$ dan $A_{oi}/A_{gi} \leq 0,2$	Sedang	- 0,18 - 0,18
Bangunan tertutup sebagian	$A_0 > 1,1A_{oi}$ dan $A_0 >$ terkecil dari $0,01A_g$ atau $4 \text{ ft}^2 (0,37 \text{ m}^2)$ dan $A_{oi}/A_{gi} \leq 0,2$	Tinggi	- 0,55 - 0,55
Bangunan terbuka sebagian	Bangunan yang tidak sesuai dengan Klasifikasi tertutup, tertutup sebagian, atau klasifikasi terbuka	Sedang	- 0,18 - 0,18
Bangunan terbuka	Setiap dinding minimal terbuka 80 %	Diabaikan	0,00

CATATAN
1. Tanda plus dan minus menandakan tekanan yang bekerja ke arah dan menjauh dari permukaan dalam, masing-masing.

(Sumber: SNI 1727 - 2020)

GCpi : -0,18

: -0,18

4. Menetapkan Koefisien Eksposur Tekanan Velositas (Kz atau Kh)

Berdasarkan table 26.10-1 SNI 1727:2020 tinggi bangunan sekitar 20 m maka dipakai rumus $K_z = 2,01 (z/z_g)^{2/9,5}$

$$K_z = 2,01 (20/274,32)^{2/9,5}$$

$$K_z = 1,1581898$$

5. Menetapkan Tekanan Velocitas (q atau qh)

Berdasarkan table 26.20-2 SNI 1727-2020, tekanan kecepatan pada tinggi atap rata- rata dihitung sebagai $q_h = q_z$ dan dihitung berdasarkan persamaan berikut :

$$Q_z = 0,613 K_z K_{zt} K_d K_e V^2$$

$$= 1136,681 \text{ N/m}^2$$

$$Q_z \text{ min } 770 \text{ N/m}^2$$

6. Menetapkan Koefisien Tekanan Eksternal (C_p)

Tabel 4. 14 Koefisien Tekanan Dinding

Koefisien tekanan dinding, C_p			
Permukaan	L/B	C_p	Digunakan dengan
Dinding di sisi angin datang	Seluruh nilai	0,8	q_s
	0 – 1	- 0,5	q_h
Dinding di sisi angin pergi	2	- 0,3	q_h
	≥ 4	- 0,2	q_h
Dinding tepi	Seluruh nilai	- 0,7	q_h

(Sumber: SNI 1727 - 2020)

Dinding angin datang $C_p = 0,8$	$P = 0,773 \text{ kN/m}^2$	$P = 78,818 \text{ kg/m}^2$
Dinding sisi angin pergi $C_p = -0,3$	$P = -0,290 \text{ kN/m}^2$	$P = -29,557 \text{ kg/m}^2$
Atap sisi angin datang $C_p = 0,9$	$P = 0,870 \text{ kN/m}^2$	$P = 88,671 \text{ kg/m}^2$
Atap sisi angin pergi $C_p = -0,5$	$P = -0,483 \text{ kN/m}^2$	$P = -49,261 \text{ kg/m}^2$

4.2.4 Beban Gempa

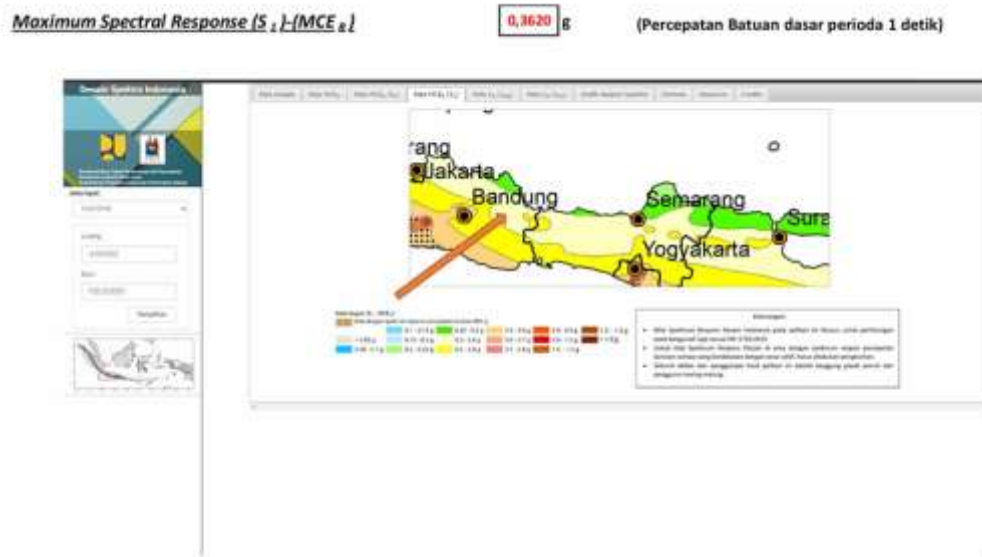
Dalam perencanaan ketahanan gempa, nilai beban gempa rencana ditentukan dari peta gempa tahun 2019, yang mana terjadi peningkatan yang signifikan dibanding peta gempa tahun 2012. Prosedur perhitungan ketahanan gempa merujuk pada ketentuan ASCE 7-16, yang mana struktur bangunan akan diperhitungkan terhadap periode ulang gempa 2500 tahun. Dengan demikian, maka untuk probabilitas terlampaui 2%, umur bangunan adalah 50 tahun. Parameter beban gempa ditentukan juga oleh jenis bangunan gedung yang akan didesain, sesuai fungsinya yang diatur oleh SNI 1726 : 2019.

Tabel 4. 15 Faktor keutamaan gempa

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

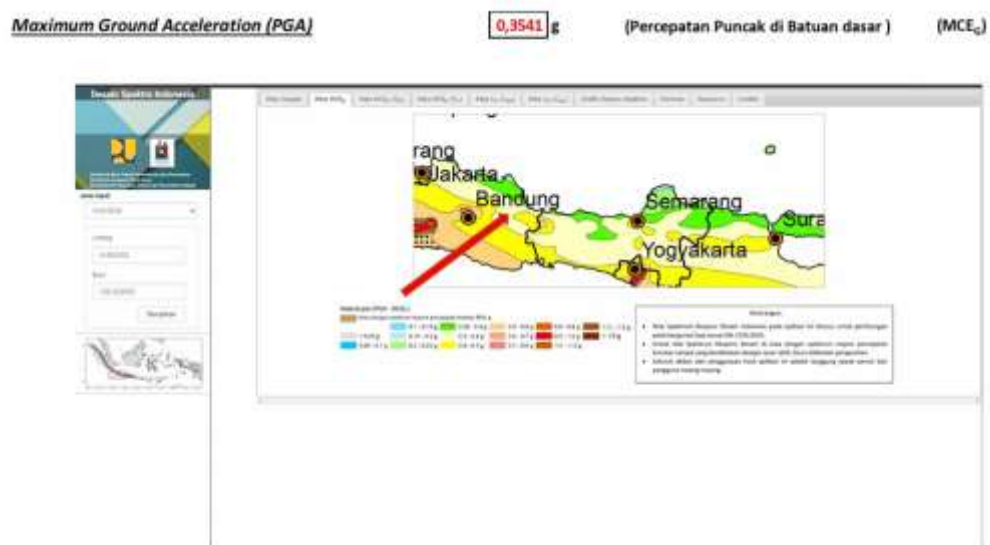
(Sumber: SNI 1726 - 2019)

Peta gempa pada SNI 1726 : 2019 sesuai dengan lokasi bangunan gedung berada yaitu di kota Majalengka, Kabupaten Majalengka Provinsi Jawa Barat. Peta gempa tersebut terhadap periode ulang 2500 tahun.



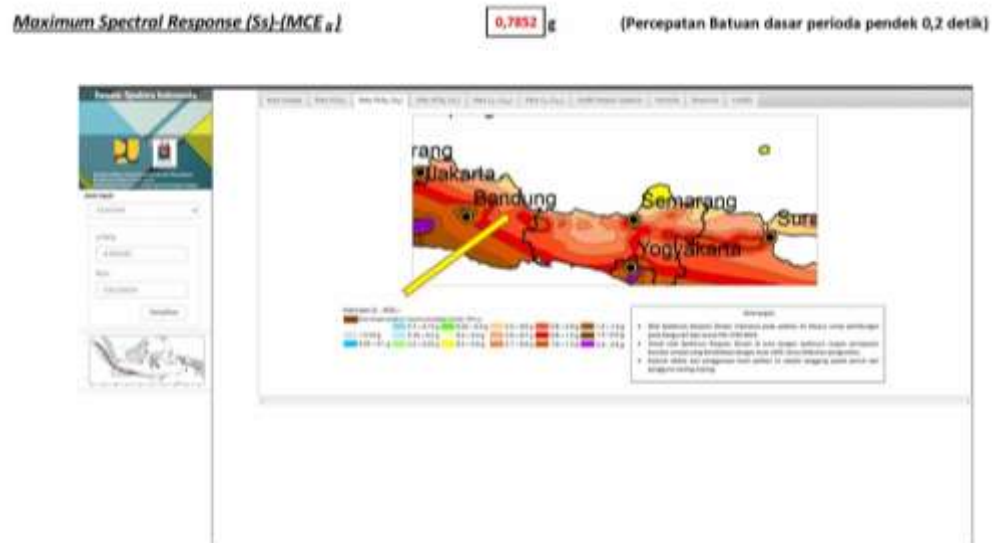
Gambar 4. 8 *Maximum Spectral Respons*

(Sumber : Analisis Pribadi)



Gambar 4. 9 *Maximum Ground Acceleration*

(Sumber : Analisis Pribadi)



Gambar 4. 10 *Maximum Spectral Response*

(Sumber : Analisis Pribadi)

Besaran beban gempa rencana juga tergantung dari jenis tanah (klasifikasi situs) di lokasi bangunan gedung. Jenis tanah ditentukan hasil nilai pengujian N-SPT pada kedalaman minimal 30 m lapisan teratas tanah sesuai dengan SNI 1726 : 2019.

Tabel 4. 16 Kasifikasi 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 niralir $\bar{s}_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 6.10.1)	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) - 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 1726:2019)

Tabel 4. 17 Hasil N-SPT

NO BOR HOLE	NILAI RERATA BERBOBOT N-SPT $\bar{N}$	KLASIFIKASI SITUS
BH-01	24	TANAH SEDANG " SD "
BH-02	25	TANAH SEDANG " SD "
BH-03	24	TANAH SEDANG " SD "
BH-04	25	TANAH SEDANG " SD "
BH-05	20	TANAH SEDANG " SD "
BH-06	18	TANAH SEDANG " SD "
BH-07	30	TANAH SEDANG " SD "
BH-08	30	TANAH SEDANG " SD "
BH-09	19	TANAH SEDANG " SD "
NILAI RERATA	24	TANAH SEDANG " SD "

Sumber : (Hasil Uji Penyelidikan Tanah)

Klasifikasi situs diambil dari hasil Bor Hole pada 9 (Sembilan) titik lokasi di area rencana tapak bangunan gedung Technopole. Dari hasil nilai rata-rata didapat bahwa klasifikasi situs termasuk tanah sedang (SD).

Jenis klasifikasi situs ini untuk menentukan faktor amplifikasi untuk parameter S_s dan S_1 yaitu koefisien F_a dan F_v .

$$S_s = 0,7852 \text{ g} \quad F_a = 1,1859 \quad S_{MS} = 0,9312 \quad S_{DS} = 0,6208$$

$$S_1 = 0,3620 \text{ g} \quad F_v = 1,9380 \quad S_{M1} = 0,7016 \quad S_{D1} = 0,4677$$

Tabel 4. 18 Koefisien situs, F_a

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada periode 1 detik, S_T					
	$S_T \leq 0,1$	$S_T = 0,2$	$S_T = 0,3$	$S_T = 0,4$	$S_T = 0,5$	$S_T \geq 0,6$
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 4. 19 Koefisien situs, F_v

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)

Respons Spektrum Desain :Gambar 4. 11 *Respons Spektrum Desain*

(Sumber : Analisis Pribadi)

Kategori Desain Seismik untuk struktur bangunan gedung Technopole ini adalah KDS D sesuai dengan nilai SDS dan SD1 yang didapat dari $2/3 S_s$ dan S_1 yang dikalikan faktor amplifikasi F_a dan F_v .

Didapatkan nilai $SD_s = 0,6208$

Didapatkan nilai $SD_1 = 0,4677$

Tabel 4. 20 Kategori desain *seismic* berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda pendek.

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. 21 desain *seismic* berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik

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 demikian dapat ditentukan jenis sistem pemikul gaya *seismic* sistem rangka pemikul momen khusus, dikarenakan bangunan berada pada daerah zona gempa yang tinggi.

Response modification factor = 8

Overstrength Factor = 3

Deflection factor = 5,5

Tabel 4. 22 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
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 ^g	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 canal dingin pemikul momen khusus dengan pembautan ^h	3½	3 ^h	3½	10	10	10	10	10

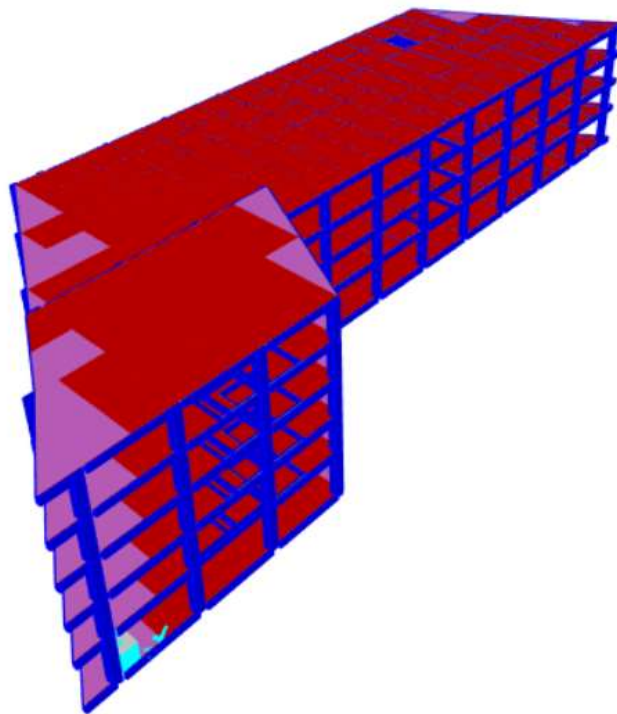
(Sumber : SNI 1726:2019)

4.3 Analisis Struktur

Setelah menentukan beban - beban yang bekerja pada bangunan, lanjutkan ketahap pemodelan struktur dengan dimensi yang sudah ditentukan pada *preliminary design*

kemudian lakukan *input* beban pada setiap lantai dan dilanjutkan dengan analisis struktur. Sistem Konstruksi Bangunan dimodelkan sebagai sistem struktur SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus) - berfungsi untuk menahan beban gravitasi maupun beban gempa, sesuai dengan kekakuan dari masing-masing sistem, yang mempunyai faktor modifikasi respons, $R = 8$, faktor kuat lebih sistem $= 3$ dan faktor pembesaran defleksi $C_d = 5.5$.

Berikut adalah model dari struktur Gedung Technopole Majalengka:



Gambar 4. 12 Pemodelan Struktur SAP2000

(Sumber : Analisis Pribadi)

4.3.1 Analisis Beban Gempa

A. Analisis Partisipasi Massa

Pasal 7.9.1.4.1 SNI 1726-2019 menyatakan bahwa respons geser dasar dari analisis modal (V_t) harus lebih besar dari 100% dari gaya geser (V) yang

ditentukan oleh pendekatan statis yang sesuai. Ini akan dikalikan dengan V/V_t , jika kurang dari 100%. Berikut adalah hasil dari analisis partisipasi massa :

Tabel 4. 23 Partisipasi Massa

OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1491	0,045085	1,043E-07	0,000003891	0,000005075	0,86655	0,86657	0,88167
MODAL	Mode	1492	0,04506	3,539E-10	0,00001287	0,0001	0,86655	0,86658	0,88177
MODAL	Mode	1493	0,045031	6,631E-08	0,00001851	0,00008427	0,86656	0,86659	0,88185
MODAL	Mode	1494	0,045006	2,739E-08	3,668E-08	0,0007	0,86656	0,86659	0,88255
MODAL	Mode	1495	0,045001	2,649E-07	0,000009393	0,00039	0,86656	0,86659	0,88294
MODAL	Mode	1496	0,044968	9,726E-08	2,793E-07	0,000006873	0,86656	0,8666	0,88295
MODAL	Mode	1497	0,044938	2,459E-09	0,000002727	0,0002	0,86656	0,8666	0,88315
MODAL	Mode	1498	0,044923	2,062E-08	9,441E-08	0,00001801	0,86656	0,8666	0,88317
MODAL	Mode	1499	0,044887	8,463E-08	0,000002623	0,000004888	0,86656	0,8666	0,88317
MODAL	Mode	1500	0,044854	2,434E-07	0,00000002	0,00002185	0,86656	0,8666	0,8832
Syarat : Partisipasi massa harus > 90 % ATAU diizinkan untuk mengambil semua							OK		
ragam dengan periode dibawah 0.05 detik									

(Sumber : Analisis Pribadi)

Dapat disimpulkan hasil dari tabel partisipasi masa belum mencapai 90% akan tetapi periode second sudah dibawah 0,05 maka, struktur sudah memenuhi persyaratan.

B. Analisis Perbandingan Geser Dasar Statis dan Dinamis

Menurut SNI 1726 - 2019 pasal 7.9.1.4.1, persyaratan untuk kombinasi respons gaya geser dasar hasil analisis ragam (V_t) adalah wajib melebihi 100% dari gaya geser (V) yang dihitung menggunakan metode statik ekuivalen. Jika kurang dari 100%, maka nilai tersebut akan dikalikan dengan V/V_t .

Tabel 4. 24 Analisis Perbandingan Geser Dasar Statis dan Dinamis

Base Shear	Dinamik (V_D) Geser Dasar (kN)	Statik (V_s) Geser Dasar (kN)	Faktor skala V_s / V_D	kontrol (V_D) $\geq$ 100% V_s
arah x	621443,20	621136,59	0,999507	OK
arah y	621147,19	621136,59	0,999983	OK

(Sumber : Analisis Pribadi)

C. Analisis Simpang Antar Lantai

Simpangan antar lantai mengacu pada perpindahan vertikal relatif antara dua lantai bangunan akibat beban gempa atau beban lainnya. Pasal 7.12.1 dalam SNI 1726 - 2019 menetapkan batasan maksimum simpangan antar lantai yang diperbolehkan agar bangunan tetap stabil dan aman.

Tabel 4. 25 *Joint Displacement*

TABLE: Joint Displacements						
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	U2	U3
Text	Text	Text	Text	mm	mm	mm
23	EQDX	LinRespSpec	Max	0	0	0
23	EQDY	LinRespSpec	Max	0	0	0
255	EQDX	LinRespSpec	Max	4,253551	3,031193	0,285998
255	EQDY	LinRespSpec	Max	1,714039	5,388857	0,177824
631	EQDX	LinRespSpec	Max	7,976089	5,567739	0,194571
631	EQDY	LinRespSpec	Max	3,235989	9,977884	0,176406
820	EQDX	LinRespSpec	Max	10,778722	7,539297	0,116126
820	EQDY	LinRespSpec	Max	4,413531	13,589025	0,175155
1014	EQDX	LinRespSpec	Max	12,772667	8,985737	0,092342
1014	EQDY	LinRespSpec	Max	5,284056	16,253658	0,171652
1199	EQDX	LinRespSpec	Max	14,199194	10,139233	0,093506
1199	EQDY	LinRespSpec	Max	5,953667	18,324038	0,159135

(Sumber : Analisis Pribadi)

Tabel 4. 26 Simpangan Antar Lantai Arah x

Lantai	Hsx (mm)	dx (mm)	Δx (mm)	Δa (ljin) (mm)	kontrol $\Delta x < \Delta ijin$
ATAP	4000	14,1992	7,8459	60	OK
LT.1	4000	12,7727	10,9667	60	OK
GF	4000	10,7787	15,4145	60	OK
LG 1	4000	7,9761	20,4740	60	OK
LG 2	5000	4,2536	23,3945	75	OK
Dasar	0	0	0	0	

(Sumber : Analisis Pribadi)

Tabel 4. 27 Simpangan Antar Lantai Arah y

Lantai	Hsx (mm)	dy (mm)	Δy (mm)	Δa (ljin) (mm)	kontrol $\Delta x < \Delta ijin$
ATAP	4000	18,3240	11,3871	60	OK
LT.1	4000	16,2537	14,6555	60	OK
GF	4000	13,5890	19,8613	60	OK
LG 1	4000	9,9779	25,2396	60	OK
LG 2	5000	5,3889	29,6387	75	OK
Dasar	0	0	0	0	

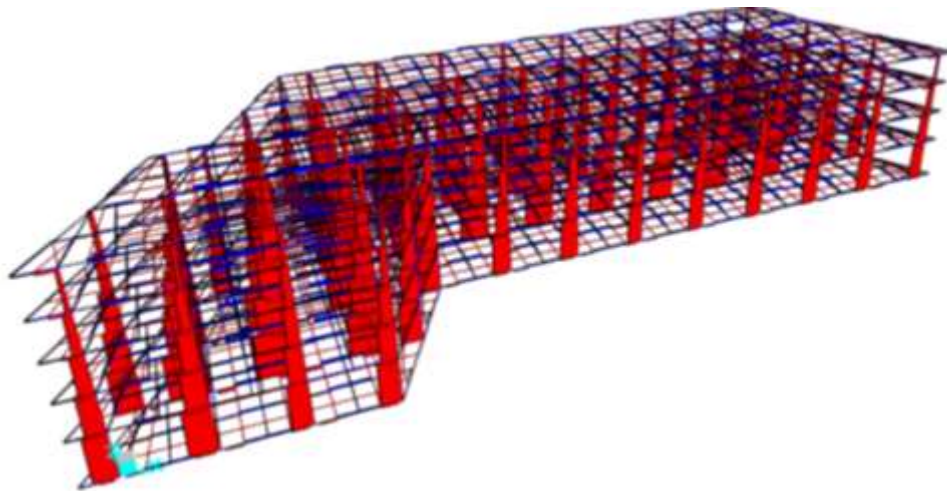
(Sumber : Analisis Pribadi)

4.3.2 Analisis Rasio Struktur

Pengecekan terhadap rasio pada batang struktur, dengan memeriksa rasio batang, kita dapat mengidentifikasi elemen struktur yang mungkin rentan terhadap instabilitas atau deformasi yang tidak diinginkan. Berdasarkan hasil dari pengecekan rasio batang dibawah ini, dapat disimpulkan bahwa semua penampang rencana pada struktur gedung Tehcnopole Majalengka dapat dinyatakan aman. Berikut adalah hasil analisis struktur rasio batang:

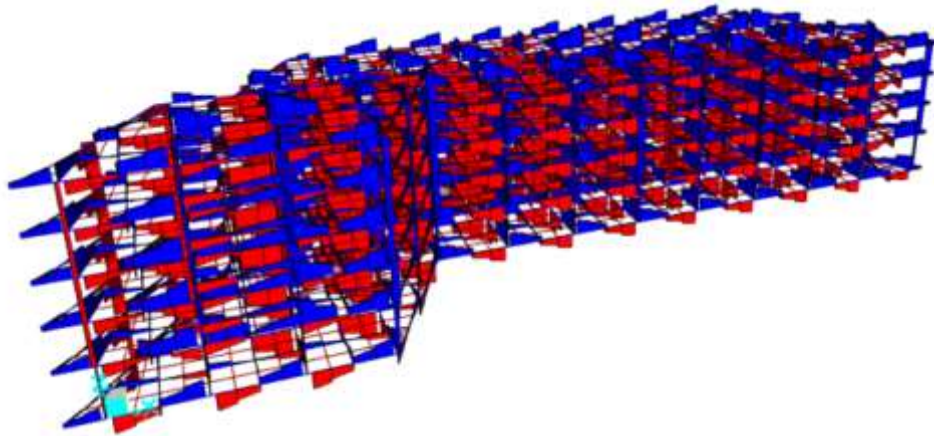
4.3.3 Analisis Gaya Aksial, Gaya Geser dan Gaya Moment

Berikut adalah gaya-gaya yang dihasilkan setelah dilakukan analisis struktur pada gedung Technopole Majalengka :



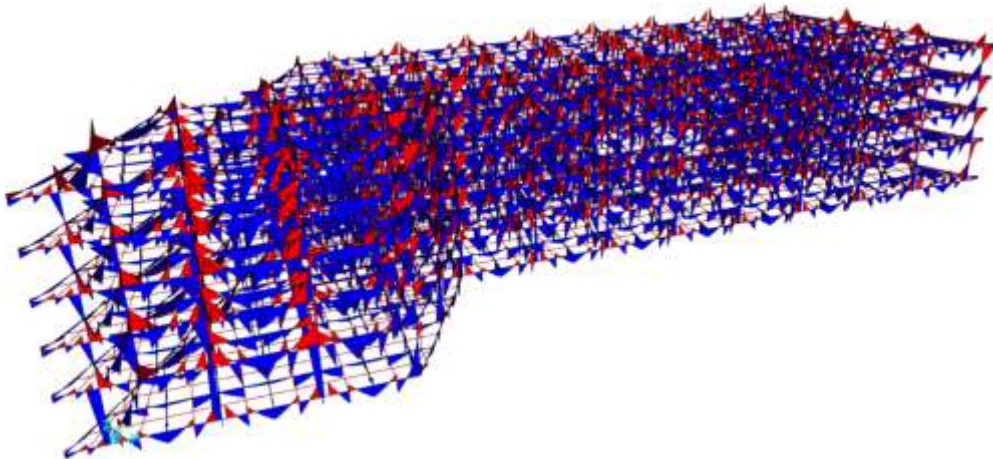
Gambar 4. 13 Gaya Aksial

(Sumber : Analisis Pribadi)



Gambar 4. 14 .Gaya geser

(Sumber : Analisis Pribadi)



Gambar 4. 15 Gaya Momen

(Sumber : Analisis Pribadi)

4.4 Perhitungan Penulangan

4.4.1 Perhitungan Tulangan Balok

Perhitungan balok dalam perencanaan ini dilakukan menggunakan hasil *output* dari *software* SAP2000 yang dilengkapi dengan data-data berikut :

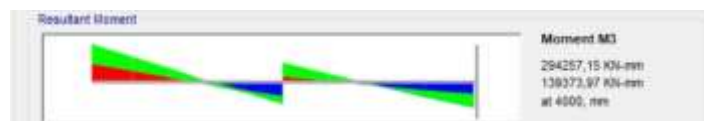
Data Perencanaan

Tipe Balok	:	B1
Panjang Balok, L	:	4000 mm
Lebar Balok, b	:	400 mm
Tinggi Balok, h	:	700 mm
Panjang Tumpuan	:	1400 mm
Diameter Tulangan Longitudinal, d_b	:	22 mm
Diameter Tulangan Sengkang	:	10 mm
Selimut Bersih, c_c	:	20 mm
Tinggi Efektif Balok, d_s	:	659 mm
Kuat Tekan Beton (f'_c)	:	30 MPa
Kuat Leleh Tul. Longitudinal, f_y	:	420 MPa
Kuat Leleh Tul. Transversal, f_{yv}	:	420 MPa

1. Hasil Analisa Gaya SAP2000



Gambar 4. 16 Resultan Momen Tumpuan B1
(Sumber : Analisis Pribadi)



Gambar 4. 17 Resultan Momen Lapangan B1
(Sumber : Analisis Pribadi)

2. Perhitungan Tulangan Balok Lentur

a) Penulangan Area Tumpuan

$$M_u = 426146,8 \text{ KN mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$= \frac{426146,8}{0,8}$$

$$= 3,06647 \text{ N/mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d}$$

$$= \frac{532683537,5}{400 \times 659^2}$$

$$= 3,06647 \text{ N/mm}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85 \times f'_c}{f_y} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 \times f'_c}} \right)$$

$$= \frac{0,85 \times 30}{420} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 3,06647}{0,85 \times 30}} \right)$$

$$= 0,0078$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{420} = 0,00333$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \left(\frac{0,85 \times f'_c \times \beta_1}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= 0,75 \left(\frac{0,85 \times 30 \times 0,85}{420} \times \frac{600}{600 + 420} \right)$$

$$= 0,02277$$

Dikarenakan $\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}}$, maka digunakan $\rho_{\text{perlu}} = 0,007802$

$$A_s \text{ Perlu} = \rho_{\text{pakai}} \times b \times d$$

$$= 0,007802 \times 400 \times 659$$

$$= 2056,73 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ min } 1} &= \frac{1,4}{f_y} \times b \times d \\
 &= 0,00333 \times 400 \times 659 \\
 &= 878,667 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ min } 2} &= \frac{\sqrt{f'_c}}{4 f_y} \times b \times d \\
 &= \frac{\sqrt{30}}{4 \times 420} \times 400 \times 659 \\
 &= 859,403 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Tarik Tumpuan

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{A_{s \text{ Perlu}}}{\text{Luas Tulangan}} \\
 &= \frac{2056,73}{0,25 \times 3,14 \times 22^2} \\
 &= 5,4133 \approx 6 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Dipakai jumlah tulangan sebanyak 6 buah

Cek kontrol

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ Pakai}} &= n \text{ pakai} \times \text{luas tulangan} \\
 &= 6 \times 379,9 \\
 &= 2279,64 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Syarat : $A_{s \text{ pakai}} > A_{s \text{ Perlu}}$

$2279,64 > 2056,73$ (OK)

Dipakai tulangan 6D22

Jumlahh tulangan tekan tumpuan

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.3.4.1. Luasan tulangan tekan tidak boleh kurang dari 1/3 tulangan Tarik.

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= 1/3 \times \text{As terpasang tulangan Tarik} \\ &= 1/3 \times 2279,64 \\ &= 759,88 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n &= \frac{\text{As Perlu}}{\text{Luas Tulangan}} \\ &= \frac{759,88}{0,25 \times 3,14 \times 22^2} \\ &= 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan 3D22

b) Penulangan Area Lapangan

$$M_u = 29457,2 \text{ KN mm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\ &= \frac{29457,2}{0,8} \\ &= 0,21197 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \times d} \\ &= \frac{36821437,5}{400 \times 659^2} \\ &= 0,21197 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{0,85 \times f'_c}{f_y} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 \times f'_c}} \right)$$

$$= \frac{0,85 \times 30}{420} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,21197}{0,85 \times 30}} \right)$$

$$= 0,00051$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{420} = 0,00333$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \left(\frac{0,85 \times f'_c \times \beta_1}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= 0,75 \left(\frac{0,85 \times 30 \times 0,85}{420} \times \frac{600}{600 + 420} \right)$$

$$= 0,02277$$

Dikarenakan $\rho_{\min} > \rho_{\text{perlu}}$, maka digunakan $\rho_{\min} = 0,00333$

$$\begin{aligned} \text{As Perlu} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\ &= 0,00333 \times 400 \times 659 \\ &= 878,667 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Tarik Lapangan

$$\begin{aligned} n &= \frac{\text{As Perlu}}{\text{Luas Tulangan}} \\ &= \frac{878,667}{0,25 \times 3,14 \times 22^2} \\ &= 2,31265 \approx 3 \text{ buah} \end{aligned}$$

Dipakai jumlah tulangan sebanyak 3 buah

Cek kontrol

$$\begin{aligned} \text{As Pakai} &= n_{\text{pakai}} \times \text{luas tulangan} \\ &= 3 \times 379,9 \\ &= 1139,82 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

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

$$1139,82 > 878,667 \text{ (OK)}$$

Dipakai tulangan 3D22

Jumlahh tulangan tekan lapangan

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.3.4.1. Luasan tulangan tekan tidak boleh kurang dari 1/3 tulangan Tarik.

$$\text{As perlu} = 1/3 \times \text{As terpasang tulangan Tarik}$$

$$= 1/3 \times 878,667$$

$$= 379,94 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{\text{As Perlu}}{\text{Luas Tulangan}}$$

$$= \frac{379,94}{0,25 \times 3,14 \times 22^2}$$

$$= 3 \text{ buah}$$

Jadi dipakai tulangan 3D22

Jumlahh tulangan tekan tumpuan

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.3.4.1. Luasan tulangan tekan tidak boleh kurang dari 1/3 tulangan Tarik.

$$\text{As perlu} = 1/3 \times \text{As terpasang tulangan Tarik}$$

$$= 1/3 \times 1139,82$$

$$= 379,94 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{\text{As Perlu}}{\text{Luas Tulangan}}$$

$$= \frac{379,94}{0,25 \times 3,14 \times 22^2}$$

$$= 3 \text{ buah}$$

Cek kontrol

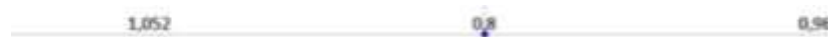
$$\begin{aligned}
 \text{As Pakai} &= n \text{ pakai} \times \text{luas tulangan} \\
 &= 3 \times 379,9 \\
 &= 1.139,7 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Syarat : As pakai > As Perlu

$$1.139,7 > 379,9 \text{ (OK)}$$

Dipakai tulangan 3D22

4. Perhitungan Tulangan Balok Geser



Gambar 4. 18 Av Balok B1

(Sumber : Analisis Pribadi)



Gambar 4. 19 Vu Tumpuan

(Sumber : Analisis Pribadi)



Gambar 4. 20 Vu Lapangan

(Sumber : Analisis Pribadi)

Hasil *Output* SAP2000

$$\text{Av Tumpuan} = 1,052$$

$$A_v \text{ Lapangan} = 0,8$$

$$V_u \text{ Tumpuan} = 351,916 \text{ KN}$$

$$V_u \text{ Lapangan} = 83,998 \text{ KN}$$

$$\begin{aligned} V_c &= 1/6 \times \sqrt{f'_c} \times b \times d \\ &= 1/6 \times \sqrt{30} \times 400 \times 659 \\ &= 240632,777 \end{aligned}$$

Penulangan area tumpuan

Direncanakan tulangan geser 2 kaki dengan diameter 13

Berdasarkan SNI 2847:2019 Pasal 18.6.4.4

$$\begin{aligned} A_v &= \pi/4 \times d_s^2 \\ &= 0,25 \times 3,14 \times 10^2 \\ &= 78,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S \text{ Maks 1} &= d/4 \\ &= 164,75 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S \text{ Maks 2} &= 6 d_b \\ &= 132 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S \text{ Maks 3} = 150 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} S \text{ Perlu} &= \frac{A_v}{A_v \text{ Perlu Tumpuan}} \\ &= \frac{78,5}{1,052} \\ &= 74,6197 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipakai jarak Sengkang = 100 mm

Cek Kontrol :

$$\begin{aligned}
 V_s &= \text{Luas Tulangan} \times f_y \times d/s \\
 &= 78,5 \times 420 \times 659/100 \\
 &= 217272,3 \\
 V_n &= V_c + V_s \\
 &= 240632,777 + 217272,3 \\
 &= 457905,077 \\
 \frac{\phi V_n}{V_u} &= \frac{0,75 \times 457905,077}{V_u 351,916} \\
 &= 975,882903 > 1 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan geser tumpuan Balok B1 sebesar 2D10-100

Penulangan area Lapangan

Direncanakan tulangan geser 2 kaki dengan diameter 13

$$\begin{aligned}
 A_v &= \pi/4 \times d_s^2 \\
 &= 0,25 \times 3,14 \times 10^2 \\
 &= 78,5 \text{ mm}^2 \\
 S_{\text{Maks}} &= d/2 \\
 &= 19,625 \text{ mm} \\
 S_{\text{Perlu}} &= \frac{A_v}{A_v \text{ Perlu Tumpuan}} \\
 &= \frac{78,5}{83,998} \\
 &= 98,125 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Dipakai jarak Sengkang = 150 mm

Cek Kontrol :

$$\begin{aligned}
 V_s &= \text{Luas Tulangan} \times f_y \times d/s \\
 &= 78,5 \times 420 \times 659/150 \\
 &= 1448,482
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_n &= V_c + V_s \\ &= 240632,777 + 1448,482 \\ &= 242081,259 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\phi V_n}{V_u} &= \frac{0,75 \times 242081,259}{83,998} \\ &= 2161,49128 > 1 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

Digunakan tulangan geser lapangan balok B1 sebesar 2D-150

Tabel 4. 28 Rekapitulasi Tulangan Lentur Balok

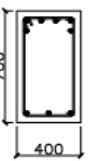
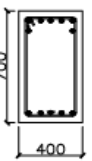
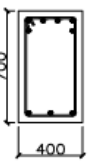
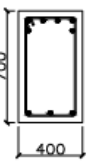
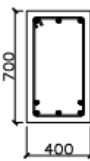
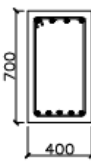
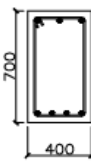
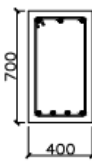
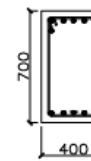
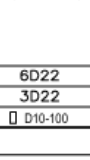
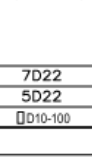
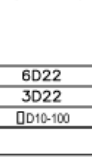
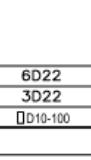
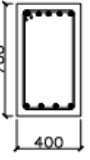
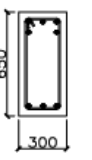
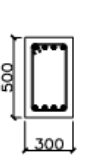
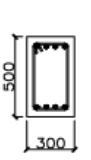
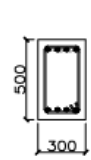
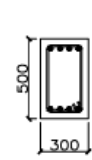
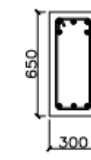
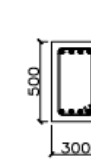
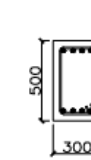
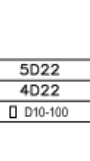
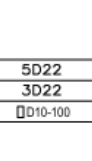
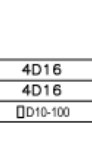
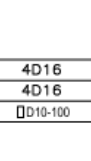
Nama	Ukuran Balok (b x h)	Tebal Selimut (mm)	Kuat Tekan Beton, f_c' (MPa)	Kuat Lebih Baja Tulangan, f_y (MPa)	Tinggi Efektif Balok (d)	Daerah	Lokasi Tulangan	As Perku mm ²	As SAP2000	As min 1	As min 2	ϕ mm	Luas mm ²	Jumlah	As Terpasang mm ²	Syarat As Terpasang $\geq$ As min	Syarat As Terpasang $\geq$ As Perku	Dipasang
B1	400 x 700	40	30	420	639	Tumpuan	Atas	2.131,14	1.415,00	852	833,3207	22	380,13	6	2280,796	OK	OK	6 D 22
							Bawah	759,88	880,00	852	833,3207	22	380,13	3	1140,398	OK	OK	3 D 22
						Lapangan	Atas	379,94	880,00	852	833,3207	22	380,13	3	1140,398	OK	OK	3 D 22
							Bawah	852,00	758,00	852	833,3207	22	380,13	3	1140,398	OK	OK	3 D 22
B2	400 x 700	40	30	420	639	Tumpuan	Atas	1.234,22	1.296,00	852	833,3207	22	380,13	4	1520,531	OK	OK	4 D 22
							Bawah	506,59	840,00	852	833,3207	22	380,13	3	1140,398	OK	OK	3 D 22
						Lapangan	Atas	379,94	866,00	852	833,3207	22	380,13	3	1140,398	OK	OK	3 D 22
							Bawah	913,20	872,00	852	833,3207	22	380,13	3	1140,398	OK	OK	3 D 22
B3	400 x 700	40	30	420	639	Tumpuan	Atas	1.824,18	1.244,00	852	833,3207	22	380,13	3	1900,664	OK	OK	5 D 22
							Bawah	633,23	813,00	852	833,3207	22	380,13	3	1140,398	OK	OK	3 D 22
						Lapangan	Atas	506,59	449,00	852	833,3207	22	380,13	3	1140,398	OK	OK	3 D 22
							Bawah	1.271,66	572,00	852	833,3207	22	380,13	4	1520,531	OK	OK	4 D 22
B4	400 x 700	40	30	420	639	Tumpuan	Atas	1.334,46	1.037,00	852	833,3207	22	380,13	4	1520,531	OK	OK	4 D 22
							Bawah	506,59	680,00	852	833,3207	22	380,13	3	1140,398	OK	OK	3 D 22
						Lapangan	Atas	379,94	660,00	852	833,3207	22	380,13	3	1140,398	OK	OK	3 D 22
							Bawah	852,00	828,00	852	833,3207	22	380,13	3	1140,398	OK	OK	3 D 22
B5	400 x 700	40	30	420	639	Tumpuan	Atas	1.668,47	757,00	852	833,3207	22	380,13	3	1900,664	OK	OK	5 D 22
							Bawah	633,23	375,00	852	833,3207	22	380,13	3	1140,398	OK	OK	3 D 22
						Lapangan	Atas	379,94	343,00	852	833,3207	22	380,13	3	1140,398	OK	OK	3 D 22
							Bawah	852,00	780,00	852	833,3207	22	380,13	3	1140,398	OK	OK	3 D 22
B6	300 x 650	40	30	420	589	Tumpuan	Atas	1.649,51	819,00	852	833,3207	22	380,13	5	1900,664	OK	OK	5 D 22
							Bawah	633,23	536,00	852	833,3207	22	380,13	3	1140,398	OK	OK	3 D 22
						Lapangan	Atas	379,94	630,00	852	833,3207	22	380,13	3	1140,398	OK	OK	3 D 22
							Bawah	1.127,31	830,00	852	833,3207	22	380,13	3	1140,398	OK	OK	3 D 22
BA1	300 x 500	40	30	420	440,5	Tumpuan	Atas	440,50	817,00	587,3333	574,4566	19	283,53	3	850,586	OK	OK	3 D 19
							Bawah	188,92	98,00	587,3333	574,4566	19	283,53	3	850,586	OK	OK	3 D 19
						Lapangan	Atas	188,92	157,00	587,3333	574,4566	19	283,53	3	850,586	OK	OK	3 D 19
							Bawah	440,50	857,00	587,3333	574,4566	19	283,53	4	1134,115	OK	OK	4 D 19
BA2	250 x 400	40	30	420	342	Tumpuan	Atas	285,06	536,00	285	278,7517	16	201,06	3	603,186	OK	OK	3 D 16
							Bawah	133,97	343,00	285	278,7517	16	201,06	3	603,186	OK	OK	3 D 16
						Lapangan	Atas	133,97	375,00	285	278,7517	16	201,06	3	603,186	OK	OK	3 D 16
							Bawah	285,06	536,00	285	278,7517	16	201,06	3	603,186	OK	OK	3 D 16
BA3	300 x 500	40	30	420	440,5	Tumpuan	Atas	440,50	810,00	587,3333	574,4566	19	283,53	3	850,586	OK	OK	3 D 19
							Bawah	188,92	90,00	587,3333	574,4566	19	283,53	3	850,586	OK	OK	3 D 19
						Lapangan	Atas	188,92	90,00	587,3333	574,4566	19	283,53	3	850,586	OK	OK	3 D 19
							Bawah	440,50	810,00	587,3333	574,4566	19	283,53	3	850,586	OK	OK	3 D 19
BCA	300 x 500	40	30	420	440,5	Tumpuan	Atas	440,50	857,00	587,3333	574,4566	19	283,53	4	1134,115	OK	OK	4 D 19
							Bawah	188,92	90,00	587,3333	574,4566	19	283,53	3	850,586	OK	OK	3 D 19
						Lapangan	Atas	188,92	857,00	587,3333	574,4566	19	283,53	4	1134,115	OK	OK	4 D 19
							Bawah	440,50	810,00	587,3333	574,4566	19	283,53	3	850,586	OK	OK	3 D 19
BC1	400 x 700	40	30	420	639	Tumpuan	Atas	1.037,01	1.037,00	852	833,3207	22	380,13	3	1140,398	OK	OK	3 D 22
							Bawah	759,88	680,00	852	833,3207	22	380,13	3	1140,398	OK	OK	3 D 22
						Lapangan	Atas	379,94	660,00	852	833,3207	22	380,13	3	1140,398	OK	OK	3 D 22
							Bawah	852,00	828,00	852	833,3207	22	380,13	3	1140,398	OK	OK	3 D 22
BL	300 x 500	40	30	420	442	Tumpuan	Atas	442,00	572,00	442	432,3096	16	201,06	3	603,186	OK	OK	3 D 16
							Bawah	200,96	90,00	442	432,3096	16	201,06	3	603,186	OK	OK	3 D 16
						Lapangan	Atas	442,00	157,00	442	432,3096	16	201,06	3	603,186	OK	OK	3 D 16
							Bawah	200,96	572,00	442	432,3096	16	201,06	3	603,186	OK	OK	3 D 16

(Sumber : Analisis Pribadi)

Tabel 4. 29 Rekapitulasi Tulangan Geser Balok

Nama	Ukuran Balok (b x h)	Tinggi Efektif Balok (d)	Daerah	Av (N)	Vn/Vu (N)	Ø mm	Jumlah Kaki	Luas mm ²	Spasi Max 1 mm	Spasi Max 2 mm	Spasi Max 3 mm	Cek Kontrol	S pakai mm	Dipasang
B1	400 x 700	659	Tumpuan	1,052	975,882903	10	2	157,08	165	132	150	OK	100	2 D 10 - 100
			Lapangan	0,8	2161,491276	10	2	157,08	165	132	150	OK	150	2 D 10 - 150
B2	400 x 700	659	Tumpuan	0,737	1466,028087	10	2	157,08	165	132	150	OK	100	2 D 10 - 100
			Lapangan	0,674	830,0801648	10	2	157,08	165	132	150	OK	150	2 D 10 - 150
B3	400 x 700	659	Tumpuan	0,664	1134,952916	10	2	157,08	165	132	150	OK	100	2 D 10 - 100
			Lapangan	0,633	1034,800628	10	2	157,08	165	132	150	OK	150	2 D 10 - 150
B4	400 x 700	659	Tumpuan	0,669	1582,694169	10	2	157,08	165	132	150	OK	100	2 D 10 - 100
			Lapangan	0,608	1335,704259	10	2	157,08	165	132	150	OK	150	2 D 10 - 150
B5	400 x 700	659	Tumpuan	1,22	1220,533406	10	2	157,08	165	132	150	OK	100	2 D 10 - 100
			Lapangan	1,147	934,7584818	10	2	157,08	165	132	150	OK	150	2 D 10 - 150
B6	300 x 650	609	Tumpuan	0,543	1081,997033	10	2	157,08	152	132	150	OK	100	2 D 10 - 100
			Lapangan	0,514	710,5627783	10	2	157,08	152	132	150	OK	150	2 D 10 - 150
BA1	300 x 500	609	Tumpuan	0,543	5074,72903	10	2	157,08	152	132	150	OK	100	2 D 10 - 100
			Lapangan	0,514	3164,832097	10	2	157,08	152	132	150	OK	150	2 D 10 - 150
BA2	250 x 400	359	Tumpuan	0,543	2845,199581	10	2	157,08	90	132	150	OK	150	2 D 10 - 150
			Lapangan	0,514	1557,175671	10	2	157,08	90	132	150	OK	150	2 D 10 - 150
BA3	300 x 500	609	Tumpuan	0,543	4412,449607	10	2	157,08	152	132	150	OK	100	2 D 10 - 100
			Lapangan	0,514	3148,630964	10	2	157,08	152	132	150	OK	150	2 D 10 - 150
BC1	400 x 700	420	Tumpuan	0,664	4412,449607	10	2	157,08	132	132	150	OK	100	2 D 10 - 100
			Lapangan	0,663	3148,630964	10	2	157,08	132	132	150	OK	150	2 D 10 - 150
BCA	300 x 500	659	Tumpuan	0,543	975,882903	10	2	157,08	150	132	150	OK	100	2 D 10 - 100
			Lapangan	0,514	2161,491276	10	2	157,08	150	132	150	OK	150	2 D 10 - 150
BL	200 x 500	459	Tumpuan	0,543	3450,672795	10	2	157,08	Av	132	150	OK	100	2 D 10 - 100
			Lapangan	0,543	1596,541878	10	2	157,08	Av	132	150	OK	150	2 D 10 - 150

(Sumber : Analisis Pribadi)

TIPE	B1(400 x 700)			B2(400 x 700)			B3(400 x 700)			B4(400 x 700)		
POSISI	TUMPUAN/LAPANGAN/TUMPUAN			TUMPUAN/LAPANGAN/TUMPUAN			TUMPUAN/LAPANGAN/TUMPUAN			TUMPUAN/LAPANGAN/TUMPUAN		
FC' = 30 Mpa												
												
												
												
TUL. ATAS	6D22	3D22	6D22	7D22	4D22	7D22	6D22	3D22	6D22	6D22	3D22	6D22
TUL. BAWAH	3D22	5D22	3D22	5D22	5D22	4D22	3D22	4D22	3D22	3D22	4D22	3D22
SENGKANG & TIES	□ D10-100	□ D10-150	□ D10-100	□ D10-100	□ D10-150	□ D10-100	□ D10-100	□ D10-150	□ D10-100	□ D10-100	□ D10-150	□ D10-100
TIPE	B5(400 x 700)			B6(300 x 650)			BA1(300 x 500)			BA3(300 x 500)		
POSISI	TUMPUAN/LAPANGAN/TUMPUAN			TUMPUAN/LAPANGAN/TUMPUAN			TUMPUAN/LAPANGAN/TUMPUAN			TUMPUAN/LAPANGAN/TUMPUAN		
FC' = 30 Mpa												
												
												
												
TUL. ATAS	5D22	4D22	5D22	5D22	3D22	5D22	4D16	4D16	4D16	4D16	4D16	4D16
TUL. BAWAH	4D22	4D22	4D22	3D22	4D22	3D22	4D16	4D16	4D16	4D16	4D16	4D16
SENGKANG & TIES	□ D10-100	□ D10-150	□ D10-100	□ D10-100	□ D10-150	□ D10-100	□ D10-100	□ D10-150	□ D10-100	□ D10-100	□ D10-150	□ D10-100

Gambar 4. 21 Detail Tulangan Balok

(Sumber : Analisis Pribadi)

4.4.2 Perhitungan Tulangan Pelat

Perhitungan pelat dalam perencanaan ini menggunakan hasil outout dari *software* SAP2000 serta perhitunagn manual untuk mendapatkan perhitungan kebutuhan tulangnya.

Data Perencanaan

Tipe Pelat	:	S2	
Lx	:	4000	mm
Ly	:	4000	mm
Tebal Pelat, hf	:	130	mm
Diamter Tulangan	:	10	mm
Selimut Bersih, c _c	:	20	mm
Kuat Tekan Beton, f _c '	:	30	mm
Kuat Leleh Tul., f _y	:	420	MPa
Tebal Efektif, d'	:	105	mm

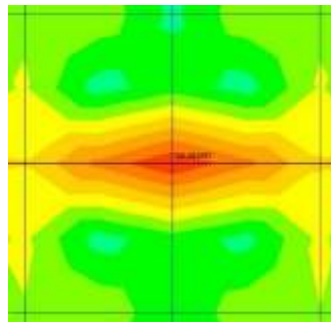
1. Hasil Analisa Gaya SAP2000

$$M_{tx} = 12,3819997 \text{ kNm} = 12381999,7 \text{ Nm}$$

$$M_{lx} = 5,897241 \text{ kNm} = 5897241 \text{ Nm}$$

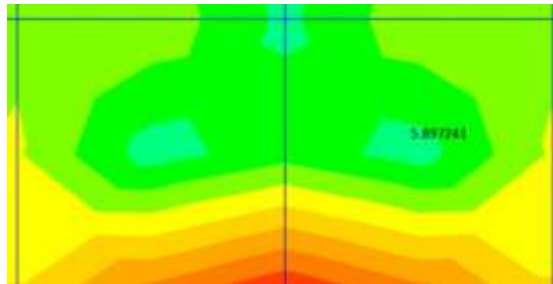
$$M_{ty} = 12,334773 \text{ kNm} = 12334773 \text{ Nm}$$

$$M_{ly} = 6,122552 \text{ kNm} = 6122552 \text{ Nm}$$

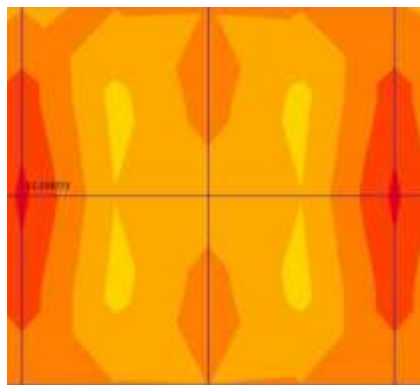


Gambar 4. 22 Momen Tumpuan Arah X

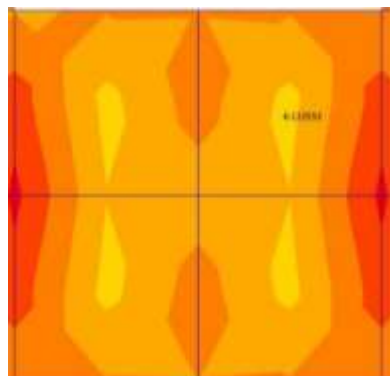
(Sumber : Analisis Pribadi)



Gambar 4. 23 Momen Lapangan Arah X
(Sumber : Analisis Pribadi)



Gambar 4. 24 Momen Tumpuan Arah Y
(Sumber : Analisis Pribadi)



Gambar 4. 25 Momen Lapangan Arah Y
(Sumber : Analisis Pribadi)

2. Perhitungan Tulangan Pelat

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{420} = 0,00333$$

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= 0,75 \left(\frac{0,85 \times f'c \times \beta_1}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= 0,75 \left(\frac{0,85 \times 30 \times 0,85}{420} \times \frac{600}{600 + 420} \right) \\ &= 0,02277\end{aligned}$$

3. Penulangan Tumpuan Arah X

$$M_u = 12381999,7 \text{ Nm}$$

$$\begin{aligned}M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\ &= \frac{12381999,7}{0,8} \\ &= 15477499,63 \text{ N/mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}R_n &= \frac{M_n}{b \times d} \\ &= \frac{15477499,63}{1000 \times 105^2} \\ &= 1,403854 \text{ N/mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{0,85 \times f'c}{f_y} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 \times f'c}} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 30}{420} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1,403854}{0,85 \times 30}} \right) \\ &= 0,003439963\end{aligned}$$

Dikarenakan $\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}}$, maka digunakan ρ_{perlu}

$$\begin{aligned}A_s \text{ Perlu} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\ &= 0,003439 \times 1000 \times 105 \\ &= 361,19607 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan $S_{\max} < 2h$

$$S_{\max} < 2 \times 130$$

$$\begin{aligned}S &= \frac{1/4 \times \pi \times \phi^2}{A_s} \\ &= \frac{1/4 \times 3,14 \times 10^2}{361,19607} \\ &= 217,3348 \text{ mm}\end{aligned}$$

Sehingga dipakai spasi antar tulangan = 200 mm

$$\begin{aligned} \text{As Pakai} &= \frac{1/4 \times \pi \times \phi^2 \times b}{S \text{ Pakai}} \\ &= \frac{1/4 \times 3,14 \times 10^2 \times 1000}{200} \\ &= 392,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat = As Pakai > As Perlu

$$= 392,5 > 361,1960 \quad (\text{OK})$$

Sehingga dipakai tulangan Tumpuan arah X adalah D10-200

4. Penulangan Lapangan Arah X

$$M_u = 5897241 \text{ Nm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\ &= \frac{5897241}{0,8} \\ &= 7371551,25 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \times d} \\ &= \frac{7371551,25}{1000 \times 105^2} \\ &= 0,668621 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ perlu} &= \frac{0,85 \times f'_c}{f_y} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 \times f'_c}} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 30}{420} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,668621}{0,85 \times 30}} \right) \\ &= 0,001613393 \end{aligned}$$

Dikarenakan $\rho \text{ min} > \rho \text{ perlu}$, maka digunakan $\rho \text{ min}$

$$\begin{aligned} \text{As Perlu} &= \rho \text{ pakai} \times b \times d \\ &= 0,00333 \times 1000 \times 105 \\ &= 350 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan $S \text{ Max} < 2h$

$$S \text{ maks} < 2 \times 130$$

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{1/4 \times \pi \times \phi^2}{A_s} \\
 &= \frac{1/4 \times 3,14 \times 10^2}{350} \\
 &= 224,2857 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Sehingga dipakai spasi antar tulangan = 200 mm

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ Pakai} &= \frac{1/4 \times \pi \times \phi^2 \times b}{S \text{ Pakai}} \\
 &= \frac{1/4 \times 3,14 \times 10^2 \times 1000}{200} \\
 &= 392,5 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Syarat} &= A_s \text{ Pakai} > A_s \text{ Perlu} \\
 &= 392,5 > 350 \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

Sehingga dipakai tulangan Lapangan arah X adalah **D10-200**

5. Penulangan Tumpuan Arah Y

$$M_u = 12334773 \text{ Nm}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\
 &= \frac{12334773}{0,8} \\
 &= 15418466,25 \text{ N/mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_n}{b \times d} \\
 &= \frac{15418466,25}{1000 \times 105^2} \\
 &= 1,39850034 \text{ N/mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho \text{ perlu} &= \frac{0,85 \times f'_c}{f_y} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 \times f'_c}} \right) \\
 &= \frac{0,85 \times 30}{420} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1,39850034}{0,85 \times 30}} \right) \\
 &= 0,00342645
 \end{aligned}$$

Dikarenakan $\rho_{\min} < \rho \text{ perlu}$, maka digunakan $\rho \text{ perlu}$

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ Perlu} &= \rho \text{ pakai} \times b \times d \\
 &= 0,00342645 \times 1000 \times 105
 \end{aligned}$$

$$= 359,777213 \text{ mm}^2$$

Syarat spasi antar tulangan $S_{\text{Max}} < 2h$

$$S_{\text{maks}} < 2 \times 130$$

$$\begin{aligned} S &= \frac{1/4 \times \pi \times \phi^2}{A_s} \\ &= \frac{1/4 \times 3,14 \times 10^2}{359,77} \\ &= 218,19058 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sehingga dipakai spasi antar tulangan = 200 mm

$$\begin{aligned} A_s \text{ Pakai} &= \frac{1/4 \times \pi \times \phi^2 \times b}{S \text{ Pakai}} \\ &= \frac{1/4 \times 3,14 \times 10^2 \times 1000}{200} \\ &= 392,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Syarat} &= A_s \text{ Pakai} > A_s \text{ Perlu} \\ &= 392,5 > 359,777213 \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

Sehingga dipakai tulangan Lapangan arah X adalah D10-200

6. Penulangan Lapangan Arah Y

$$M_u = 6122552 \text{ Nm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\ &= \frac{6122552}{0,8} \\ &= 7653190 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \times d} \\ &= \frac{7653190}{1000 \times 105^2} \\ &= 0,694166893 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{0,85 \times f'_c}{f_y} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 \times f'_c}} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 30}{420} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,694166893}{0,85 \times 30}} \right) \\ &= 0,001675909 \end{aligned}$$

Dikarenakan $\rho_{\text{min}} > \rho_{\text{perlu}}$, maka digunakan ρ_{min}

$$A_s \text{ Perlu} = \rho_{\text{pakai}} \times b \times d$$

$$= 0,00333 \times 1000 \times 105$$

$$= 350 \text{ mm}^2$$

Syarat spasi antar tulangan $S_{\text{Max}} < 2h$

$$S_{\text{maks}} < 2 \times 130$$

$$\begin{aligned} S &= \frac{1/4 \times \pi \times \phi^2}{A_s} \\ &= \frac{1/4 \times 3,14 \times 10^2}{350} \\ &= 224,2857 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sehingga dipakai spasi antar tulangan = 200 mm

$$\begin{aligned} A_s \text{ Pakai} &= \frac{1/4 \times \pi \times \phi^2 \times b}{S \text{ Pakai}} \\ &= \frac{1/4 \times 3,14 \times 10^2 \times 1000}{200} \\ &= 392,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat = $A_s \text{ Pakai} > A_s \text{ Perlu}$

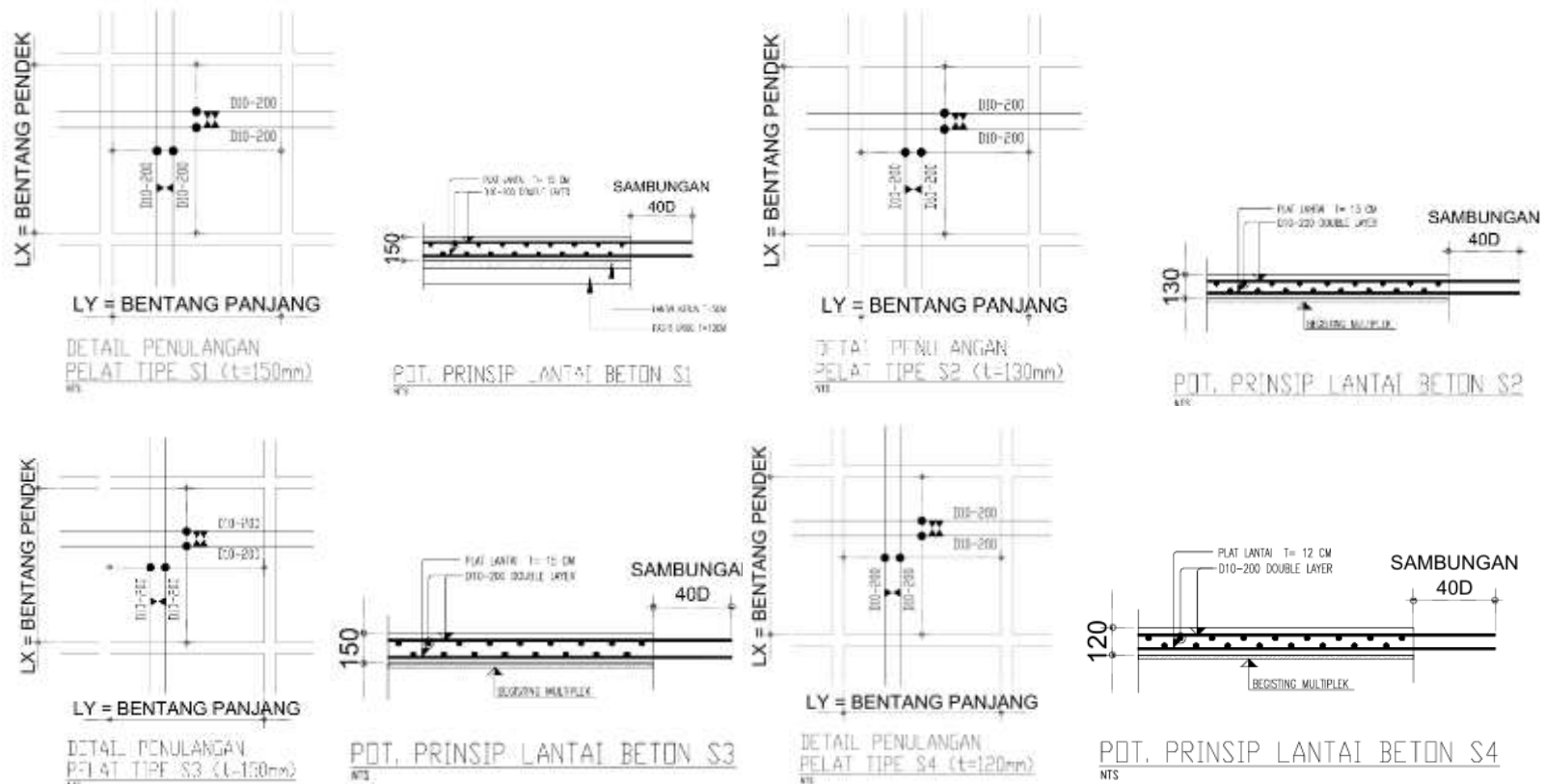
$$= 392,5 > 350 \quad (\text{OK})$$

Sehingga dipakai tulangan Lapangan arah X adalah D10-20

Tabel 4. 30 Rekapitulasi Tulangan Pelat Lantai

Tipe Pelat	Tebal Pelat (mm)	Nama Tulangan	Daerah	Mu kNm	As Perlu	Ø mm	Jarak mm	Luas mm ²	Tebal Efektif Pelat (d)	As Pakai	Cek Kapasitas	Di Pasang
S1	150	Tulangan Arah X	Tumpuan	13,402	416,667	10	150	523,60	125	523,33	OK	D 10 - 150
			Lapangan	5,26243	416,667	10	150	523,60	125	523,33	OK	D 10 - 150
		Tulangan Arah Y	Tumpuan	14,7832	416,667	10	150	523,60	125	523,33	OK	D 10 - 150
			Lapangan	13,5361	416,667	10	150	523,60	125	523,33	OK	D 10 - 150
S2	130	Tulangan Arah X	Tumpuan	12,382	361,196	10	200	392,70	105	392,50	OK	D 10 - 200
			Lapangan	5,89724	350	10	200	392,70	105	392,50	OK	D 10 - 200
		Tulangan Arah Y	Tumpuan	12,3348	359,777	10	200	392,70	105	392,50	OK	D 10 - 200
			Lapangan	6,12255	350	10	200	392,70	105	392,50	OK	D 10 - 200
S3	150	Tulangan Arah X	Tumpuan	12,382	416,667	10	150	523,60	125	523,33	OK	D 10 - 150
			Lapangan	5,89724	416,667	10	150	523,60	125	523,33	OK	D 10 - 150
		Tulangan Arah Y	Tumpuan	12,3348	416,667	10	150	523,60	125	392,50	OK	D 10 - 150
			Lapangan	6,12255	416,667	10	150	523,60	125	523,33	OK	D 10 - 150
S4	120	Tulangan Arah X	Tumpuan	5,28075	316,667	10	200	392,70	95	392,50	OK	D 10 - 200
			Lapangan	5,89724	316,667	10	200	392,70	95	392,50	OK	D 10 - 200
		Tulangan Arah Y	Tumpuan	5,95604	316,667	10	200	392,70	95	392,50	OK	D 10 - 200
			Lapangan	5,82362	316,667	10	200	392,70	95	392,50	OK	D 10 - 200

(Sumber : Analisis Pribadi)



Gambar 4. 26 Detail Tulangan Pelat Lantai

(Sumber : Analisis Pribadi)

4.4.3 Perhitungan Tulangan Kolom

Perhitungan kolom dalam perencanaan ini menggunakan hasil *output* dari hasil analisis struktur dari *software* SAP2000.

Data Perencanaan

Tipe Kolom	: K1
Panjang/Tinggi Kolom, L	: 4000 mm
Sisi Pendek Kolom, b	: 700 mm
Sisi Panjang Kolom, h	: 850 mm
D Tulangan Longitudinal, d_b	: 22 mm
D Tulangan Sengkang, d_s	: 13 mm
Selimut Bersih, c_c	: 40 mm
Kuat Tekan Beton, f_c'	: 30 MPa
Kuat Leleh Tul. Longitudinal, f_y	: 420 MPa
Kuat Leleh Tul. Transversal, f_{yv}	: 420 MPa
Tinggi Balok, h_b	: 700 mm
L_n	: 3300 mm

1 Perhitungan tulangan lentur kolom



Gambar 4. 27 As Perlu Kolom K1
(Sumber : Analisis Pribadi)



Gambar 4. 28 Vu Kolom K1

(Sumber : Analisis Pribadi)

Tabel 4. 31 Gaya Aksial Kolom K1

Aksial - Lentur			
Kondisi	P (kN)	M2 (kN-m)	M3 (kN-m)
P max	-4894,055	-38,884	16,258
P min	-184,920	-65,672	-39,262
M2 Max	-3690,905	505,509	302,625
M2 Min	-2280,180	-499,505	-272,334
M3 Max	-3403,372	233,040	587,431
M3 Min	-1956,515	-327,909	-509,799

(Sumber : Analisis Pribadi)

Definisi Kolom

Berdasarkan SNI 2847:2019 Pasal 18.7.1.1.

- a. Gaya Aksial Terfaktor maks $> A_g f'_c / 10$

$$P_u > A_g f'_c / 10$$

$$4894,055 > 595000 \times 30 / 10$$

$$489055 > 1785000 \quad (\text{OK})$$

- b. Sisi Terpendek Kolom

$$B_{\min} > 300 \text{ mm}$$

$$700 > 300 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

- c. Rasio Dimensi Penampang $> 0,4$

$$b/h > 0,4$$

$$0,82352941 > 0,4 \quad (\text{OK})$$

Menghitung tulangan longitudinal kolom

$$A_s \text{ Perlu} = 5950 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} A_g &= 700 \times 850 \text{ mm} \\ &= 595000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ Pakai} &= n \times \pi/4 \times d b^2 \\ &= 16 \times 3,14 / 4 \times 22^2 \\ &= 6079,04 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

ρ dibatasi tidak kurang dari 0,01 dan tidak lebih dari 0,06,
Berdasarkan SNI 2487:2019 pasal 18.7.4.1.

$$\begin{aligned} \rho &= A_s / A_g \\ &= 6079,04 / 595000 \\ &= 0,0102169 \end{aligned}$$

$$0,01 < 0,0102169 < 0,006 \quad (\text{OK})$$

Pengecekan terhadap Strong Column Weak Beam

Berdasarkan SNI 2847:2019 Pasal 18.7.3.2.

$$\text{Momen Nominal Kolom, } M_{nc} = 988,63$$

$$M_n^- \text{ Tumpuan Balok} = 426,14683$$

$$M_n^+ \text{ Tumpuan Balok} = 426,14683$$

$$2 \times M_{nc} \geq 1,2 \times (M_n^- + M_n^+)$$

$$1977,26599 \geq 1022,7524 \text{ (OK)}$$

Jadi dipakai tulangan 16D22

2 Perhitungan Tulangan Geser Kolom



Gambar 4. 29 Av Perlu Kolom K1

(Sumber : Analisis Pribadi)

SNI 2847 : 2019 Pasal 18.7.5.3

Tumpuan

$$A_v \text{ Perlu} = 1,012$$

$$\begin{aligned} S \text{ Maks 1} &= \frac{1}{4} \times \text{lebar kolom minimum} \\ &= \frac{1}{4} \times 700 \\ &= 175 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S \text{ Maks 2} &= 6 \times d_b \\ &= 6 \times 22 \\ &= 132 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S \text{ Maks 3} = 150 \text{ mm}$$

$$S \text{ Pakai} = 150 \text{ mm}$$

Lapangan

$$\begin{aligned} A_v \text{ Pakai} &= n \times \pi/4 \times d_s^2 \\ &= 4 \times 0,25 \times 3,14 \times 10^2 \\ &= 530,660 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat $A_v \text{ Pakai} > A_v \text{ Perlu}$ (OK)

Jadi dipakai tulangan sengkang untuk Kolom K1 yaitu D13 - 150 untuk Tumpuan dan Lapangan.

Tabel 4. 32 Rekapitulasi Tulangan Lentur Kolom

Nama	Ukuran Kolom	Kuat Tekan Beton, f_c' (MPa)	Kuat Leleh Baja Tulangan, f_y (MPa)	P_u (kN)	As perlu mm^2	ϕ mm	Luas mm^2	Jumlah	As Terpasang mm^2	Syarat As Terpasang $\geq$ As perlu	Dipasang	Syarat Gaya dan Geometri		Cek Rasio Tulangan	
												Syarat Sisi Terpendek SNI 2847:2019 Pasal 18.7.2.1	Syarat Rasio Dimensi Penampang SNI 2847:2019	Cek ρ min & ρ max SNI 2847:2019 Pasal 18.7.4.1	
K1	700 x 850	30	420	4894,06	5950	22	380,13	16	6082	OK	16 D 22	OK	OK	1,02%	OK
K2	700 x 850	30	420	4270,51	5950	22	380,13	16	6082	OK	16 D 22	OK	OK	1,02%	OK
K3	700 x 700	30	420	3944,3	4900	22	380,13	16	6082	OK	16 D 22	OK	OK	1,24%	OK
K4	700 x 700	30	420	4021,98	4900	22	380,13	16	6082	OK	16 D 22	OK	OK	1,24%	OK
K5	600 x 600	30	420	863,648	3600	22	380,13	12	4562	OK	12 D 22	OK	OK	1,27%	OK
K6	700 x 800	30	420	822,348	5200	22	380,13	16	6082	OK	16 D 22	OK	OK	1,09%	OK

(Sumber : Analisis Pribadi)

Tabel 4. 33 Rekapitulasi Tulangan Geser Kolom

Nama	Ukuran Kolom	A_v / S_{perlu} mm^2 / mm	ϕ mm	Jumlah Kaki	Luas mm^2	S perlu mm	Spasi Max 1 mm	Spasi Max 2 mm	Cek Spasi	S pakai mm	Dipasang				
K1	700 x 850	1,012	13	4	530,93	524,6336	132	150	Pakai S Max	150	4	D	13	-	150
K2	700 x 850	0,911	13	4	530,93	582,7982	132	150	Pakai S Max	150	4	D	13	-	150
K3	700 x 700	0,628	13	4	530,93	845,4286	132	150	Pakai S Max	150	4	D	13	-	150
K4	700 x 700	0,526	13	4	530,93	1009,371	132	150	Pakai S Max	150	4	D	13	-	150
K5	600 x 600	0,25	13	4	530,93	2123,717	132	150	Pakai S Max	150	4	D	13	-	150
K6	700 x 800	0,25	13	4	530,93	2123,717	132	150	Pakai S Max	150	4	D	13	-	150

(Sumber : Analisis Pribadi)

FLOOR	TYPE	K1		TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
LT.1			SENGKANG	D13-150	D13-150	D13-150
LG.3			TIES (D13)	D13-150	D13-150	D13-150
FLOOR	TYPE	K3		TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
LT.1			SENGKANG	D13-150	D13-150	D13-150
LG.3			TIES (D13)	D13-150	D13-150	D13-150
FLOOR	TYPE	K6		TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
ATAP			SENGKANG	D13-150	D13-150	D13-150
LT.1			TIES (D13)	D13-150	D13-150	D13-150
FLOOR	TYPE	K2		TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
GF			SENGKANG	D13-150	D13-150	D13-150
LG.3			TIES (D13)	D13-150	D13-150	D13-150
FLOOR	TYPE	K4		TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
GF			SENGKANG	D13-150	D13-150	D13-150
LG.3			TIES (D13)	D13-150	D13-150	D13-150
FLOOR	TYPE	K5		TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
ATAP			SENGKANG	D13-150	D13-150	D13-150
LT.1			TIES (D13)	D13-150	D13-150	D13-150

Gambar 4. 30 Detail Tulangan Kolom

(Sumber : Analisis Pribadi)

4.5 Perhitungan Struktur Bawah

4.5.1 Perencanaan Dimensi *Spunpile*

Menghitung kapasitas daya dukung tiang bor dari data SPT memakai metode *Reese & Wright*. Berdasarkan metode *Reese & Wright*, kapasitas daya dukung pondasi (Q_u) dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

Berikut adalah perhitungan pondasi *Spunpile* :

1. *Spunpile* $\phi 40$

Untuk menghitung kapasitas daya dukung pondasi dibutuhkan beberapa data sebagai berikut :

- a. Jenis pondasi = *Spunpile*
- b. Diameter pondasi = 40 cm
- c. Beban yang diterima (P_u) = 411,32 ton
- d. Panjang tiang (L) = 1700 cm
- e. Nilai SPT = 18,7
- f. Luas penampang (A) = $\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 40^2 = 1256 \text{ cm}^2$
- g. Keliling penampang (K) = $\pi \times d = 3,14 \times 40 = 125,6 \text{ cm}$
- h. Volume (V) = $A \times L = 1256 \times 1700 = 2135200 \text{ cm}^3$
- i. Kohesi Tanah (C_u) = $\frac{2}{3} \times \text{NSPT} \times 10 = \frac{2}{3} \times 18,7 \times 10$
 $= 124,682 \text{ KN/m}^2$
 $= 12,717 \text{ ton/m}^2$

Menghitung daya dukung *ultimate* ujung tiang (Q_p).

$$Q_p = 9 \times C_u \times A$$

$$= 14,37 \text{ ton}$$

Menghitung daya dukung *ultimate* selimut tiang (Q_s) pada tanah kohesif, untuk nilai faktor adhesi atau $a = 0,55$

$$Q_s = a \times C_u \times L \times K$$

$$= 149,349 \text{ ton}$$

Menghitung daya dukung *ultimate* tiang (Q_u).

$$\begin{aligned} Q_u &= Q_p + Q_s \\ &= 14,37 + 149,349 \\ &= 163,72 \text{ ton} \end{aligned}$$

Menghitung daya dukung netto (Q_{nett}).

$$\begin{aligned} \omega &= V \times \gamma \text{ beton} \\ &= 2135200 \times 0,0024 \\ &= 5124,48 \text{ kg} = 5,124 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{nett} &= Q_u - \omega \\ &= 163,72 - 5,124 \\ &= 158,6014 \text{ ton} \end{aligned}$$

Menghitung kebutuhan pondasi (n).

$$\begin{aligned} n &= \frac{P_u}{Q_{Nett}} \\ &= \frac{411,32}{158,601} \\ &= 2,56 = 4 \text{ buah} \end{aligned}$$

Menghitung efisiensi pondasi (Eff).

$$\text{Jumlah baris (m)} = 2$$

$$\text{Jumlah tiang (n)} = 4$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak Antar tiang (S)} &= 2,5D \sim 4D \\ &= 3 \times 40 \\ &= 120 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak Tiang ke tepi (s')} &= 1,25D \sim 4D \\ &= 3 \times 40 \\ &= 120 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q &= \arctan (D/S) \\ &= 18,43^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Eff &= 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 \times m \times n} \\ &= 1 - 18,43 \frac{(4-1)2 + (2-1)4}{90 \times 2 \times 4} \end{aligned}$$

$$= 81,2\%$$

Menghitung daya dukung izin (Qall)

$$Q_{all} = n \times \text{Eff} \times Q_{nett}$$

$$= 4 \times 81,2\% \times 158,6$$

$$= 515,625 \text{ ton}$$

Cek beban yang diterima pondasi

$$P < Q_{all}$$

$$411,32 < 515,625 \text{ (OK)}$$

4.5.2 Perencanaan *Pilecap*

Direncanakan *pilecap* dengan data berikut:

- | | |
|---------------------------------------|---------------------------|
| a. Ø pondasi | = 400 mm |
| b. Dimensi kolom pendek | = 700 mm |
| c. Dimensi kolom panjang | = 850 mm |
| d. Jarak antar tiang | = 120 mm |
| e. Jarak tiang ke tepi <i>pilecap</i> | = 120 mm |
| f. Mutu beton (f'c) | = 30 Mpa |
| g. Mutu baja (fy) | = 420 MPa |
| h. Gaya aksial (Pu) | = 411,32 ton = 1033,72 KN |

Trial dimensi *pilecap* :

- Panjang *Pilecap* = 3600 mm = 3,6 m
- Lebar *Pilecap* = 3600 mm = 3,6 m
- Tinggi *Pilecap* = 1000 mm = 1 m
- Selimut Beton = 100 mm = 0,1 m
- Tebal efektif = $t - p - 0,5 \varnothing = 887,5 \text{ mm}$
- Jumlah tiang = 4 buah

Penulangan Bawah *Pilecap*

$$\begin{aligned}
 B &= \frac{\text{Lebar } Pilecap}{2} - \frac{\text{Lebar Kolom}}{2} \\
 &= \frac{3600}{2} - \frac{850}{2} \\
 &= 1375 \text{ mm} = 1,375 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Berat *Pilecap* pada penampang kritis

$$\begin{aligned}
 q' &= \gamma \times d \times t \\
 &= 2400 \times 3,6 \times 1 = 8640 \text{ kg/m} \\
 M_u &= 2 \left(\frac{P_u}{n_s} \times s \right) - 0,5 q' B^2 \\
 &= 2 \left(\frac{411,32}{4} \times 120 \right) - 0,5 \times 8640 \times 1,375^2 \\
 &= 16512,3 \text{ kg/m} = 161930346,8 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_u}{\phi \times b \times d} \\
 &= \frac{161930346,8}{0,9 \times 3600 \times 787656,3} \\
 &= 0,06345
 \end{aligned}$$

Menentukan As Perlu

$$\begin{aligned}
 \text{As Perlu} &= \frac{0,85 \times f'c}{f_y} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 \times f'c}} \right) \times b \times d \\
 &= \frac{0,85 \times 30}{420} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,06345}{0,85 \times 30}} \right) \times 3600 \times 887,3 \\
 &= 483,29 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As Min} &= \frac{0,25 \times \sqrt{f'c} \times b \times d}{f_y} \\
 &= \frac{0,25 \times \sqrt{30} \times 3600 \times 887,5}{420} \\
 &= 10416,51 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As} &= \frac{1,4 \times b \times d}{f_y} \\
 &= \frac{1,4 \times 3600 \times 887,5}{420} \\
 &= 10650 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Diambil As Terbesar = 10650 mm²

Direncanakan Tulangan bawah D25-150

$$\begin{aligned} \text{As Pakai} &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times d^2 \times b/s \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 25^2 \times 3600/150 \\ &= 11775 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

As Pakai > As Perlu

$$11775 \text{ mm}^2 > 10650 \text{ mm}^2 \quad (\text{OK})$$

Penulangan Atas *Pilecap*

Syarat di atas telah terpenuhi maka dipakai tulangan bawah D25-150. Berdasarkan SNI 2847 - 2019 untuk tulangan atas nilai yang diberikan sebesar 20% dari tulangan utama, maka direncanakan tulangan atas yaitu: D13-175.

$$\begin{aligned} \text{As}' &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times d^2 \times b/s \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 13^2 \times 3600/175 \\ &= 2729,11 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

As' > 20% As Bawah

$$2729,11 > 2355 \quad (\text{OK})$$

Tabel 4. 34 Rekapitulasi Kebutuhan Tiang Pancang

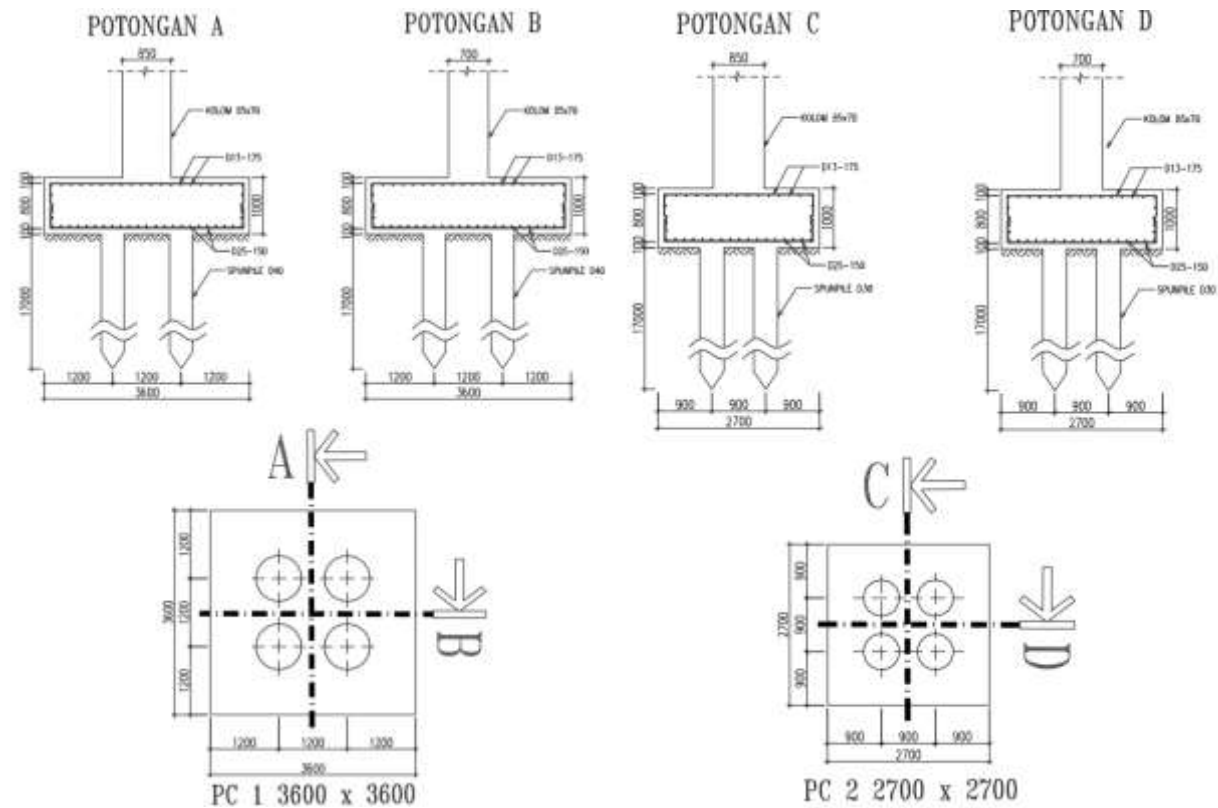
Tipe	Dimensi	Tebal Pile Cap	Pu Ton	Qu Ton	Q Nett. Ton	Jumlah Titik Pancang	Nilai Eff. Tiang	Jarak Antar Tiang	Jarak Tiang Ke Tepi	Q Izin Ton	Cek Kapasitas
P1	40	1000	411,325	163,726	158,601	4	0,8128	120	120	515,625	OK
P2	30	1000	305,915	120,099	117,216	4	0,8128	90	90	381,080	OK

(Sumber : Analisis Pribadi)

Tabel 4. 35 Rekapitulasi Tulangan *Pilecap*

Tipe	Dimensi		Tebal Pile Cap	Nama Tulangan	Daerah	Mu KNm	P Perlu	As Perlu	As Pakai	d'	Diameter	Jarak	Cek As pakai > As Perlu	Dipasang
	Ly	Lx												
PC1	3600	3600	1000	Tulangan arah X	Atas	165,123	0,000151265	2355	2729,1	887,5	13	175	OK	D 13 - 175
					Bawah	165,123	0,000151265	10650	11775	887,5	25	150	OK	D 25 - 150
				Tulangan arah Y	Atas	165,123	0,000151265	2355	2729,1	887,5	13	175	OK	D 13 - 175
					Bawah	165,123	0,000151265	10650	11775	887,5	25	150	OK	D 25 - 150
PC2	2700	2700	1000	Tulangan arah X	Atas	109,939	0,000134265	1766,25	2046,83	887,5	13	175	OK	D 13 - 175
					Bawah	109,939	0,000134265	7987,5	8831,25	887,5	25	150	OK	D 25 - 150
				Tulangan arah Y	Atas	109,939	0,000134265	1766,25	2046,83	887,5	13	175	OK	D 13 - 175
					Bawah	109,939	0,000134265	7987,5	8831,25	887,5	25	150	OK	D 25 - 150

(Sumber : Analisis Pribadi)

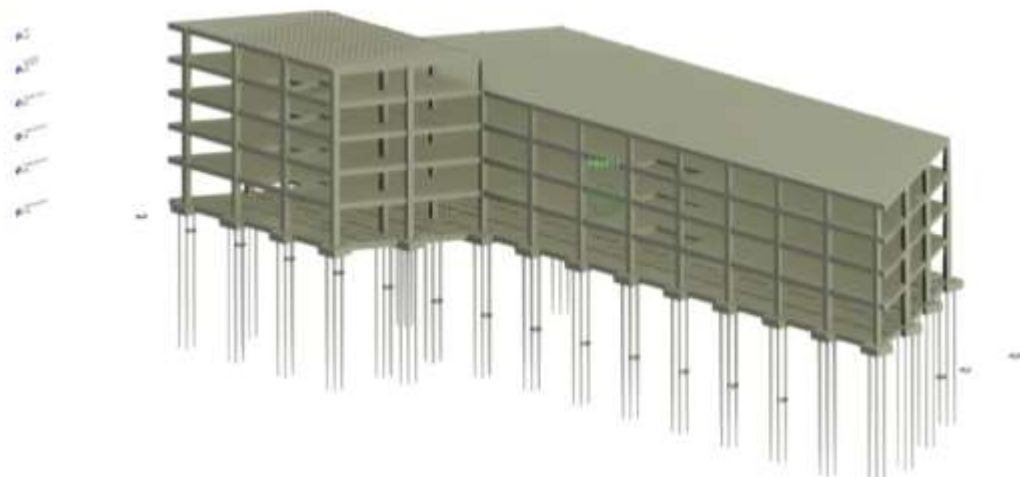


Gambar 4. 31 Detail Tulangan *Pilecap*

(Sumber : Analisis Pribadi)

4.6 Permodelan 3D

Permodelan struktur bangunan ini menggunakan *software Autodesk Revit*. Permodelan ini dibuat berdasarkan hasil perhitungan struktur yang telah direncanakan sebelumnya. Permodelan ini meliputi pondasi tiang pancang, *pilecap*, balok, kolom, pelat.



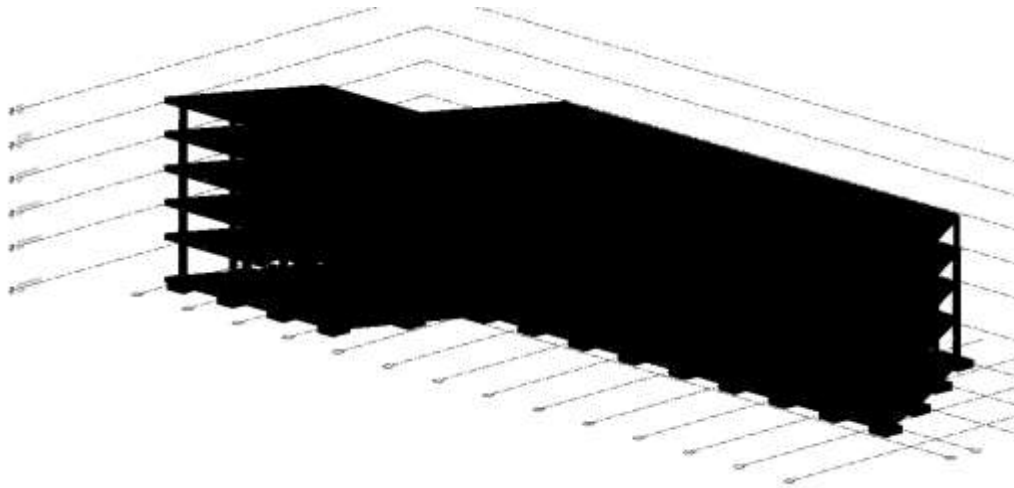
Gambar 4. 32 Hasil Permodelan 3D *Autodesk Revit*

(Sumber : Analisis Pribadi)

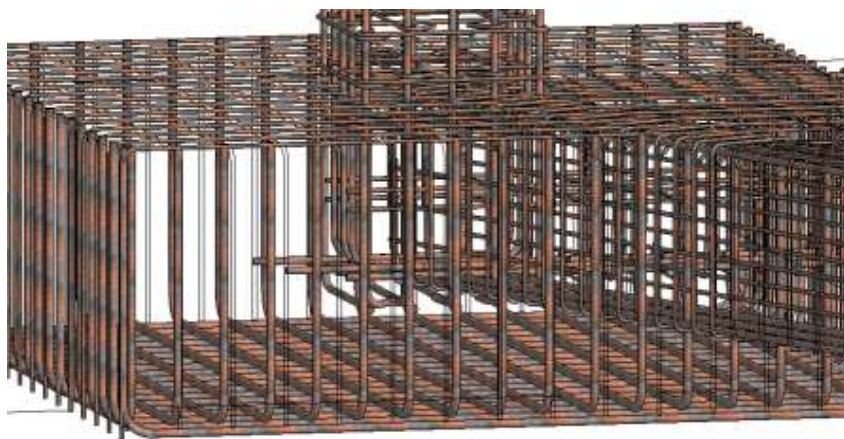


Gambar 4. 33 Hasil Permodelan 3D *Autodesk Revit*

(Sumber : Analisis Pribadi)



Gambar 4. 34 Hasil Permodelan Tulangan *Autodesk Revit*
(Sumber : Analisis Pribadi)



Gambar 4. 35 Detail Hasil Permodelan Tulangan *Autodesk Revit*
(Sumber : Analisis Pribadi)

4.7 Hasil *Quantity Take Off* dan Perhitungan RAB

4.7.1 Hasil *Quantity Take Off*

Setelah permodelan 3D dengan *Autodesk Revit*, dihasilkan volume pekerjaan yang didapatkan dari hasil *Quantity Take Off*. Volume ini dihitung secara akurat sesuai dengan permodelan yang direncanakan dan digunakan dalam perhitungan rencana anggaran biaya. Berikut hasil *Quantity Take Off* pada pembangunan Gedung Technopole Kampus Polman Majalengka.

<VOLUME BALOK>				
A	B	C	D	E
Reference Level	Type	Cut Length	Length	Volume
LOWER GROUND 3	B1-1	6353	9238	1.71 m ³
LOWER GROUND 3	B1-1	6351	9237	1.71 m ³
B1-1: 2				3.43 m ³
LOWER GROUND 3	B1-L3	4849	5100	1.36 m ³
LOWER GROUND 3	B1-L3	4400	4700	1.23 m ³
LOWER GROUND 3	B1-L3	4400	4600	1.23 m ³
LOWER GROUND 3	B1-L3	4400	4600	1.23 m ³
LOWER GROUND 3	B1-L3	4400	4500	1.23 m ³
LOWER GROUND 3	B1-L3	4400	4500	1.23 m ³
LOWER GROUND 3	B1-L3	4834	5100	1.29 m ³
LOWER GROUND 3	B1-L3	4400	5200	1.17 m ³
LOWER GROUND 3	B1-L3	4400	5100	1.17 m ³
LOWER GROUND 3	B1-L3	4400	4800	1.17 m ³
LOWER GROUND 3	B1-L3	4400	4600	1.17 m ³
LOWER GROUND 3	B1-L3	4400	4440	1.17 m ³
LOWER GROUND 3	B1-L3	4400	4400	1.23 m ³
LOWER GROUND 3	B1-L3	4400	4600	1.23 m ³
LOWER GROUND 3	B1-L3	4850	5100	1.36 m ³
LOWER GROUND 3	B1-L3	1919	2200	0.54 m ³
LOWER GROUND 3	B1-L3	5300	5400	1.48 m ³
LOWER GROUND 3	B1-L3	5300	5700	1.48 m ³
LOWER GROUND 3	B1-L3	5300	5600	1.48 m ³
LOWER GROUND 3	B1-L3	5300	6400	1.48 m ³
LOWER GROUND 3	B1-L3	5300	6300	1.48 m ³
LOWER GROUND 3	B1-L3	5300	5400	1.48 m ³
LOWER GROUND 3	B1-L3	5300	5420	1.48 m ³
LOWER GROUND 3	B1-L3	4850	5060	1.36 m ³
LOWER GROUND 3	B1-L3	4400	4600	1.17 m ³

Gambar 4. 36 Hasil QTO Balok
(Sumber : Analisis Pribadi)

<VOLUME PELAT>				
A	B	C	D	E
Level	Type	Default Thickness	Area	Volume
LOWER GROUND	S1	150	17 m ²	2.55 m ³
LOWER GROUND	S1	150	1541 m ²	231.10 m ³
S1: 2			1558 m ²	233.65 m ³
LOWER GROUND 3: 2			1558 m ²	233.65 m ³
LOWER GROUND	S2	130	2039 m ²	265.10 m ³
S2: 1			2039 m ²	265.10 m ³
LOWER GROUND 2: 1			2039 m ²	265.10 m ³
LOWER GROUND	S2	130	2242 m ²	291.47 m ³
S2: 1			2242 m ²	291.47 m ³
LOWER GROUND 1: 1			2242 m ²	291.47 m ³
GROUND FLOOR	S2	130	693 m ²	90.13 m ³
S2: 1			693 m ²	90.13 m ³
GROUND FLOOR	S3	150	1553 m ²	232.99 m ³
S3: 1			1553 m ²	232.99 m ³
GROUND FLOOR: 2			2247 m ²	323.12 m ³
1ST FLOOR GEDU	S2	130	2278 m ²	296.19 m ³
S2: 1			2278 m ²	296.19 m ³
1ST FLOOR GEDUNG B: 1			2278 m ²	296.19 m ³
ATAP GEDUNG B	S4	120	407 m ²	48.84 m ³
S4: 1			407 m ²	48.84 m ³
ATAP GEDUNG B: 1			407 m ²	48.84 m ³

Gambar 4. 37 Hasil QTO Pelat Lantai

(Sumber : Analisis Pribadi)

<VOLUME KOLOM>						
A	B	C	D	E	F	G
Base Level	Type	Length	Lebar Kolom	Lebar 2 Kolom	Volume	Bekisting Kolom
LOWER GROUND 3	K1-L3	5000	700	850	2.92 m ³	15.50
LOWER GROUND 3	K1-L3	5000	700	850	2.92 m ³	15.50
LOWER GROUND 3	K1-L3	5000	700	850	2.92 m ³	15.50
LOWER GROUND 3	K1-L3	5000	700	850	2.92 m ³	15.50
LOWER GROUND 3	K1-L3	5000	700	850	2.91 m ³	15.50
LOWER GROUND 3	K1-L3	5000	700	850	2.90 m ³	15.50
LOWER GROUND 3	K1-L3	5000	700	850	2.90 m ³	15.50
LOWER GROUND 3	K1-L3	5000	700	850	2.90 m ³	15.50
LOWER GROUND 3	K1-L3	5000	700	850	2.90 m ³	15.50
K1-L3: 9					26.18 m ³	139.50
LOWER GROUND 3	K2-L3	5000	700	850	2.90 m ³	15.50
LOWER GROUND 3	K2-L3	5000	700	850	2.90 m ³	15.50
LOWER GROUND 3	K2-L3	5000	700	850	2.90 m ³	15.50
LOWER GROUND 3	K2-L3	5000	700	850	2.90 m ³	15.50
LOWER GROUND 3	K2-L3	5000	700	850	2.90 m ³	15.50
LOWER GROUND 3	K2-L3	5000	700	850	2.90 m ³	15.50
LOWER GROUND 3	K2-L3	5000	700	850	2.91 m ³	15.50
LOWER GROUND 3	K2-L3	5000	700	850	2.90 m ³	15.50
LOWER GROUND 3	K2-L3	5000	700	850	2.92 m ³	15.50
LOWER GROUND 3	K2-L3	5000	700	850	2.92 m ³	15.50
K2-L3: 10					29.03 m ³	155.00
LOWER GROUND 3	K3-L3	5000	700	700	2.40 m ³	14.00
LOWER GROUND 3	K3-L3	5000	700	700	2.40 m ³	14.00
LOWER GROUND 3	K3-L3	5000	700	700	2.40 m ³	14.00
LOWER GROUND 3	K3-L3	5000	700	700	2.40 m ³	14.00
LOWER GROUND 3	K3-L3	5000	700	700	2.40 m ³	14.00
LOWER GROUND 3	K3-L3	5000	700	700	2.40 m ³	14.00

Gambar 4. 38 Hasil QTO Kolom

(Sumber : Analisis Pribadi)

<TULANGAN KOLOM BALOK PELAT>							
A	B	C	D	E	F	G	H
Partition	Quantity	Bar Diameter	Bar Length	Total Bar Length	berat (kg)	Host Category	level
	1	22 mm	4150 mm	4150 mm	12.38 kg	Structural Column	
	1	22 mm	4150 mm	4150 mm	12.38 kg	Structural Column	
	1	22 mm	4200 mm	4200 mm	12.53 kg	Structural Column	
	1	22 mm	4100 mm	4100 mm	12.23 kg	Structural Column	
	5	22 mm	4110 mm	20550 mm	61.29 kg	Structural Column	
	1	22 mm	4150 mm	4150 mm	12.38 kg	Structural Column	
	1	22 mm	4200 mm	4200 mm	12.53 kg	Structural Column	
	1	22 mm	3980 mm	3980 mm	11.87 kg	Structural Column	
	1	22 mm	3970 mm	3970 mm	11.84 kg	Structural Column	
	1	22 mm	3960 mm	3960 mm	11.81 kg	Structural Column	
10	14	220 mm	41002 mm	57410 mm	171.23 kg		
10	14	220 mm	41002 mm	57410 mm	171.23 kg		
balok B1 GF							
GF							
balok B1 GF	2	22 mm	8490 mm	16980 mm	50.64 kg	Structural Column	GF
balok B1 GF	1	22 mm	2910 mm	2910 mm	8.68 kg	Structural Column	GF
balok B1 GF	1	22 mm	8490 mm	8490 mm	25.32 kg	Structural Column	GF
balok B1 GF	2	22 mm	2880 mm	5760 mm	17.18 kg	Structural Column	GF
balok B1 GF	1	22 mm	2880 mm	2880 mm	8.59 kg	Structural Column	GF
balok B1 GF	2	22 mm	8490 mm	16980 mm	50.64 kg	Structural Column	GF
balok B1 GF	1	22 mm	2910 mm	2910 mm	8.68 kg	Structural Column	GF
balok B1 GF	1	22 mm	8490 mm	8490 mm	25.32 kg	Structural Column	GF

Gambar 4. 39 Hasil QTO Tulangan
(Sumber : Analisis Pribadi)

[illegible]

Gambar 4. 40 Hasil QTO *Pilecap*
(Sumber : Analisis Pribadi)

4.7.2 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana anggaran biaya dihasilkan dari volume *Quantity Take Off* yang dikali dengan HSP daerah Kabupaten Majalengka. Dalam menyusun RAB ini digunakan *software Microsoft Excel*. Hasil dari RAB ini digunakan sebagai acuan untuk pembuatan penjadwalan pada proyek tersebut. Berikut Rencana Anggaran Biaya (RAB) Pembangunan Gedung Technopole Kampus Polman Majalengka.

Tabel 4. 36 Rencana Anggaran Biaya

NO	URAIAN PEKERJAAN	VOLUME	SATUAN	HARGA SATUAN	TOTAL BIAYA (Rp.)
1	2	3	4	5	6
1	PEKERJAAN PERSIAPAN				169.160.285,42
1.1	Pekerjaan pagar sementara 2m	285,16	m1	251.149,10	71.617.677,87
1.2	Pembuatan direksi keet	20,00	m2	1.420.760,00	28.415.200,00
1.3	Pembersihan Lahan	2.669,23	m2	18.700,00	49.914.642,56
1.4	Pengukuran dan Pemasangan Bouwplank	265,00	m1	72.501,00	19.212.765,00
2	PEKERJAAN TANAH				215.336.869,74
2.1	Galian Tanah Pondasi	1.646,03	m3	99.887,70	164.418.150,83
2.2	Urugan Tanah Kembali Bekas Galian	389,15	m3	27.500,00	10.701.625,00
2.3	Urugan Pasir Bawah Pondasi Dipadatkan	50,95	m3	290.400,00	14.795.880,00
2.4	Lantai Kerja	25,47	m3	998.084,57	25.421.213,91
3	PEKERJAAN STRUKTUR BAWAH				3.758.559.331,14
3.1	PEKERJAAN PONDASI				
3.1.1	Pemancangan Spun Pile diameter 30	1.200,00	m'	652.349,37	782.819.239,62
3.1.2	Pemancangan Spun Pile diameter 40	880,00	m'	995.251,27	875.821.114,39
3.1.3	Mobilisasi dan Demobilisasi Alat Pancang	1,00	ls	367.840.000,000	367.840.000,00
3.2	PEKERJAAN PILECAP				
3.2.1	Pile Cap tipe PC1 (3600 x 3600 x 1000) mm				
3.2.1.1	Bekisting	331,00	m2	314.919,88	104.238.480,28
3.2.1.2	Penulangan	27.251,16	kg	19.608,60	534.357.095,98
3.2.1.3	Pengecoran	298,08	m³	1.061.610,00	316.444.708,80
3.2.2	Pile Cap tipe PC2 (2700 x 2700 x 1000) mm				
3.2.2.1	Bekisting	313,00	m2	314.919,88	98.569.922,44
3.2.2.2	Penulangan	23.154,83	kg	19.608,60	454.033.799,54
3.2.2.3	Pengecoran	211,41	m³	1.061.610,00	224.434.970,10
4	PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI LG3				3.383.759.550,55
4.1	Balok B1-L3				
4.1.1	Bekisting	394,21	m2	282.634,00	111.417.149,14
4.1.2	Pembesian	15.192,75	kg	19.608,60	297.908.557,65
4.1.3	Beton Ready Mix f'c 30 Mpa	60,59	m³	1.098.816,41	66.577.286,21
4.2	Balok B2-L3				
4.2.1	Bekisting	398,02	m2	282.634,00	112.493.984,68
4.2.2	Pembesian	10.398,90	kg	19.608,60	203.907.870,54
4.2.3	Beton Ready Mix f'c 30 Mpa	60,08	m³	1.098.816,41	66.016.889,84
4.3	Balok BC1-L3				
4.3.1	Bekisting	2,62	m2	282.634,00	740.501,08
4.3.2	Pembesian	118,04	kg	19.608,60	2.314.599,14
4.3.3	Beton Ready Mix f'c 30 Mpa	0,41	m³	1.098.816,41	450.514,73
4.4	Balok BA1-L3				
4.4.1	Bekisting	939,28	m2	282.634,00	265.472.463,52
4.4.2	Pembesian	11.875,23	kg	19.608,60	232.856.634,98
4.4.3	Beton Ready Mix f'c 30 Mpa	75,62	m³	1.098.816,41	83.092.496,83
4.5	Balok BL-L3				
4.5.1	Bekisting	24,99	m2	282.634,00	7.063.023,66
4.5.2	Pembesian	511,84	kg	19.608,60	10.036.465,82
4.5.3	Beton Ready Mix f'c 30 Mpa	2,04	m³	1.098.816,41	2.241.585,47
4.6	Pelat Lantai S1-L3				
4.6.1	Bekisting	1.558,00	m2	277.750,00	432.734.500,00
4.6.2	Pembesian	35.385,11	kg	19.608,60	693.852.467,95
4.6.3	Beton Ready Mix f'c 30 Mpa	233,65	m³	1.098.816,41	256.738.453,92

4.7	Kolom K1-L3				
4.7.1	Bekisting	139,50	m2	275.539,00	38.437.690,50
4.7.2	Pembesian	1.595,83	kg	19.608,60	31.291.992,14
4.7.3	Beton Ready Mix f'c 30 Mpa	26,18	m ³	1.098.816,41	28.767.013,58
4.8	Kolom K2-L3				
4.8.1	Bekisting	155,00	m2	275.539,00	42.708.545,00
4.8.2	Pembesian	1.632,69	kg	19.608,60	32.014.765,13
4.8.3	Beton Ready Mix f'c 30 Mpa	29,03	m ³	1.098.816,41	31.898.640,35
4.9	Kolom K3-L3				
4.9.1	Bekisting	354,20	m2	275.539,00	97.595.913,80
4.9.2	Pembesian	3.448,12	kg	19.608,60	67.612.805,83
4.9.3	Beton Ready Mix f'c 30 Mpa	60,67	m ³	1.098.816,41	66.665.191,52
4.10	Kolom K4-L3				
4.10.1	Bekisting	140,000	m2	275.539,000	38.575.460,00
4.10.2	Pembesian	1.833,300	kg	19.608,600	35.948.446,38
4.10.3	Beton Ready Mix f'c 30 Mpa	23,960	m ³	1.098.816,409	26.327.641,15
5	PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI LG2				3.443.056.856,47
5.1	Balok B1-L2				
5.1.1	Bekisting	409,19	m2	282.634,00	115.651.006,46
5.1.2	Pembesian	8.490,97	kg	19.608,60	166.496.034,34
5.1.3	Beton Ready Mix f'c 30 Mpa	49,00	m ³	1.098.816,41	53.842.004,03
5.2	Balok B2-L2				
5.2.1	Bekisting	488,05	m2	282.634,00	137.939.523,70
5.2.2	Pembesian	9.171,82	kg	19.608,60	179.846.549,65

5.2.3	Beton Ready Mix f'c 30 Mpa	58,09	m ³	1.098.816,41	63.830.245,19
5.3	Balok B3-L2				
5.3.1	Bekisting	94,26	m2	282.634,00	26.641.080,84
5.3.2	Pembesian	1.508,69	kg	19.608,60	29.583.298,73
5.3.3	Beton Ready Mix f'c 30 Mpa	13,77	m ³	1.098.816,41	15.130.701,95
5.4	Balok B4-L2				
5.4.1	Bekisting	213,48	m2	282.634,00	60.336.706,32
5.4.2	Pembesian	3.679,09	kg	19.608,60	72.141.804,17
5.4.3	Beton Ready Mix f'c 30 Mpa	24,97	m ³	1.098.816,41	27.437.445,73
5.5	Balok B5-L2				
5.5.1	Bekisting	9,63	m2	282.634,00	2.721.765,42
5.5.2	Pembesian	255,11	kg	19.608,60	5.002.349,95
5.5.3	Beton Ready Mix f'c 30 Mpa	1,22	m ³	1.098.816,41	1.340.556,02
5.6	Balok B6-L2				
5.6.1	Bekisting	4,56	m2	282.634,00	1.288.811,04
5.6.2	Pembesian	324,58	kg	19.608,60	6.364.559,39
5.6.3	Beton Ready Mix f'c 30 Mpa	0,37	m ³	1.098.816,41	406.562,07
5.7	Balok B7-L2				
5.7.1	Bekisting	3,02	m2	282.634,00	853.554,68
5.7.2	Pembesian	1,23	kg	19.608,60	24.118,58
5.7.3	Beton Ready Mix f'c 30 Mpa	0,83	m ³	1.098.816,41	912.017,62
5.8	Balok B8-L2				
5.8.1	Bekisting	2,15	m2	282.634,00	607.663,10
5.8.2	Pembesian	38,67	kg	19.608,60	758.264,56
5.8.3	Beton Ready Mix f'c 30 Mpa	0,17	m ³	1.098.816,41	186.798,79
5.9	Balok B9-L2				
5.9.1	Bekisting	613,45	m2	282.634,00	173.381.827,30
5.9.2	Pembesian	10.905,37	kg	19.608,60	213.839.038,18
5.9.3	Beton Ready Mix f'c 30 Mpa	50,50	m ³	1.098.816,41	55.490.228,64
5.10	Balok B10-L2				
5.10.1	Bekisting	6,56	m2	282.634,00	1.854.079,04
5.10.2	Pembesian	119,46	kg	19.608,60	2.342.443,36
5.10.3	Beton Ready Mix f'c 30 Mpa	0,49	m ³	1.098.816,41	538.420,04
5.11	Balok B11-L2				
5.11.1	Bekisting	64,21	m2	282.634,00	18.147.929,14
5.11.2	Pembesian	994,45	kg	19.608,60	19.499.772,27
5.11.3	Beton Ready Mix f'c 30 Mpa	4,58	m ³	1.098.816,41	5.032.579,15
5.12	Pelat Lantai S2-L2				
5.12.1	Bekisting	2.039,00	m2	277.750,00	566.332.250,00
5.12.2	Pembesian	25.181,56	kg	19.608,60	493.775.137,42
5.12.3	Beton Ready Mix f'c 30 Mpa	265,10	m ³	1.098.816,41	291.296.229,97

Item	Material	Unit	Volume	Price	Value
5.13	Kolom K1-L2				
5.13.1	Bekisting	m ²	111,60	275.539,00	30.750.152,40
5.13.2	Pembesian	kg	4.369,89	19.608,60	85.687.425,05
5.13.3	Beton Ready Mix f'c 30 Mpa	m ³	20,82	1.098.816,41	22.877.357,63
5.15	Kolom K3-L2				
5.15.1	Bekisting	m ²	268,80	275.539,00	74.064.883,20
5.15.2	Pembesian	kg	11.736,17	19.608,60	230.129.863,06
5.15.3	Beton Ready Mix f'c 30 Mpa	m ³	45,66	1.098.816,41	50.171.957,23
5.16	Kolom K4-L2				
5.16.1	Bekisting	m ²	112,00	275.539,00	30.860.368,00
5.16.2	Pembesian	kg	4.421,43	19.608,60	86.698.052,30
5.16.3	Beton Ready Mix f'c 30 Mpa	m ³	19,06	1.098.816,41	20.943.440,75
6	PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI LG1				3.689.259.534,37
6.1	Balok B1-L1				
6.1.1	Bekisting	m ²	483,48	282.634,00	136.647.886,32
6.1.2	Pembesian	kg	11.442,07	19.608,60	224.362.973,80
6.1.3	Beton Ready Mix f'c 30 Mpa	m ³	55,73	1.098.816,41	61.237.038,46
6.2	Balok B2-L1				
6.2.1	Bekisting	m ²	406,45	282.634,00	114.876.589,30
6.2.2	Pembesian	kg	8.314,68	19.608,60	163.039.234,25
6.2.3	Beton Ready Mix f'c 30 Mpa	m ³	47,87	1.098.816,41	52.600.341,49
6.3	Balok B3-L1				
6.3.1	Bekisting	m ²	125,99	282.634,00	35.609.057,66
6.3.2	Pembesian	kg	2.061,16	19.608,60	40.416.461,98
6.3.3	Beton Ready Mix f'c 30 Mpa	m ³	14,59	1.098.816,41	16.031.731,40
6.4	Balok B4-L1				
6.4.1	Bekisting	m ²	213,48	282.634,00	60.336.706,32
6.4.2	Pembesian	kg	3.677,46	19.608,60	72.109.842,16
6.4.3	Beton Ready Mix f'c 30 Mpa	m ³	24,09	1.098.816,41	26.470.487,29
6.5	Balok B5-L1				
6.5.1	Bekisting	m ²	29,70	282.634,00	8.394.229,80
6.5.2	Pembesian	kg	422,76	19.608,60	8.289.731,74
6.5.3	Beton Ready Mix f'c 30 Mpa	m ³	3,63	1.098.816,41	3.988.703,56
6.6	Balok BCI-L1				
6.6.1	Bekisting	m ²	6,58	282.634,00	1.859.731,72
6.6.2	Pembesian	kg	152,75	19.608,60	2.995.213,65
6.6.3	Beton Ready Mix f'c 30 Mpa	m ³	0,80	1.098.816,41	879.053,13
6.7	Balok BCA-L1				
6.7.1	Bekisting	m ²	2,15	282.634,00	607.663,10
6.7.2	Pembesian	kg	37,81	19.608,60	741.401,17
6.7.3	Beton Ready Mix f'c 30 Mpa	m ³	0,16	1.098.816,41	175.810,63
6.8	Balok BA1-L1				
6.8.1	Bekisting	m ²	682,70	282.634,00	192.954.231,80
6.8.2	Pembesian	kg	12.142,67	19.608,60	238.100.758,96

6.8.3	Beton Ready Mix f'c 30 Mpa	m ³	52,25	1.098.816,41	57.413.157,36
6.9	Balok BA2-L1				
6.9.1	Bekisting	m ²	7,66	282.634,00	2.164.976,44
6.9.2	Pembesian	kg	129,61	19.608,60	2.541.470,65
6.9.3	Beton Ready Mix f'c 30 Mpa	m ³	0,46	1.098.816,41	505.455,55
6.10	Balok BL-L1				
6.10.1	Bekisting	m ²	64,76	282.634,00	18.303.377,84
6.10.2	Pembesian	kg	812,35	19.608,60	15.929.046,21
6.10.3	Beton Ready Mix f'c 30 Mpa	m ³	4,68	1.098.816,41	5.142.460,79
6.11	Pelat Lantai S2-L1				
6.11.1	Bekisting	m ²	2.242,00	277.750,00	622.715.500,00
6.11.2	Pembesian	kg	27.681,73	19.608,60	542.799.970,88
6.11.3	Beton Ready Mix f'c 30 Mpa	m ³	291,47	1.098.816,41	320.272.018,67
6.12	Kolom K1-L1				
6.12.1	Bekisting	m ²	111,60	275.539,00	30.750.152,40
6.12.2	Pembesian	kg	3.466,35	19.608,60	67.970.270,61
6.12.3	Beton Ready Mix f'c 30 Mpa	m ³	20,82	1.098.816,41	22.877.357,63
6.13	Kolom K2-L1				
6.13.1	Bekisting	m ²	111,60	275.539,00	30.750.152,40
6.13.2	Pembesian	kg	3.683,93	19.608,60	72.236.709,80
6.13.3	Beton Ready Mix f'c 30 Mpa	m ³	20,64	1.098.816,41	22.679.570,68
6.14	Kolom K3-L1				
6.14.1	Bekisting	m ²	268,80	275.539,00	74.064.883,20
6.14.2	Pembesian	kg	7.815,23	19.608,60	153.245.718,98
6.14.3	Beton Ready Mix f'c 30 Mpa	m ³	45,48	1.098.816,41	49.974.170,27
6.15	Kolom K4-L1				
6.15.1	Bekisting	m ²	112,00	275.539,00	30.860.368,00
6.15.2	Pembesian	kg	3.192,64	19.608,60	62.603.200,70
6.15.3	Beton Ready Mix f'c 30 Mpa	m ³	18,87	1.098.816,41	20.734.665,63

7	PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI GF				3.888.358.084,10
7.1	Balok B1-GF				
7.1.1	Bekisting	340,66	m2	282.634,00	96.282.098,44
7.1.2	Pembesian	7.602,24	kg	19.608,60	149.069.283,26
7.1.3	Beton Ready Mix f'c 30 Mpa	39,74	m³	1.098.816,41	43.666.964,09
7.2	Balok B2-GF				
7.2.1	Bekisting	518,47	m2	282.634,00	146.537.249,98
7.2.2	Pembesian	8.998,15	kg	19.608,60	176.441.124,09
7.2.3	Beton Ready Mix f'c 30 Mpa	61,81	m³	1.098.816,41	67.917.842,23
7.3	Balok B3-GF				
7.3.1	Bekisting	56,51	m2	282.634,00	15.971.647,34
7.3.2	Pembesian	1.123,31	kg	19.608,60	22.026.536,47
7.3.3	Beton Ready Mix f'c 30 Mpa	6,80	m³	1.098.816,41	7.471.951,58
7.4	Balok B4-GF				
7.4.1	Bekisting	362,71	m2	282.634,00	102.514.178,14
7.4.2	Pembesian	6.433,91	kg	19.608,60	126.159.967,63
7.4.3	Beton Ready Mix f'c 30 Mpa	42,95	m³	1.098.816,41	47.194.164,76
7.5	Balok B5-GF				
7.5.1	Bekisting	29,70	m2	282.634,00	8.394.229,80
7.5.2	Pembesian	597,81	kg	19.608,60	11.722.217,17
7.5.3	Beton Ready Mix f'c 30 Mpa	3,90	m³	1.098.816,41	4.285.383,99
7.6	Balok BC1-GF				
7.6.1	Bekisting	6,57	m2	282.634,00	1.856.905,38
7.6.2	Pembesian	152,75	kg	19.608,60	2.995.213,65
7.6.3	Beton Ready Mix f'c 30 Mpa	0,83	m³	1.098.816,41	912.017,62
7.7	Balok BCA-GF				
7.7.1	Bekisting	2,15	m2	282.634,00	607.663,10
7.7.2	Pembesian	37,81	kg	19.608,60	741.401,17
7.7.3	Beton Ready Mix f'c 30 Mpa	0,17	m³	1.098.816,41	186.798,79
7.8	Balok BA1-GF				
7.8.1	Bekisting	668,95	m2	282.634,00	189.068.014,30
7.8.2	Pembesian	11.901,37	kg	19.608,60	233.369.203,78
7.8.3	Beton Ready Mix f'c 30 Mpa	55,04	m³	1.098.816,41	60.478.855,14
7.9	Balok BA2-GF				
7.9.1	Bekisting	7,67	m2	282.634,00	2.167.802,78
7.9.2	Pembesian	129,61	kg	19.608,60	2.541.470,65
7.9.3	Beton Ready Mix f'c 30 Mpa	0,59	m³	1.098.816,41	648.301,68
7.10	Balok BL-GF				
7.10.1	Bekisting	44,13	m2	282.634,00	12.472.638,42
7.10.2	Pembesian	622,04	kg	19.608,60	12.197.333,54
7.10.3	Beton Ready Mix f'c 30 Mpa	2,66	m³	1.098.816,41	2.922.851,65
7.11	Pelat Lantai S2-GF	0,00			
7.11.1	Bekisting	693,00	m2	277.750,00	192.480.750,00
7.11.2	Pembesian	8.607,48	kg	19.608,60	168.780.632,33
7.11.3	Beton Ready Mix f'c 30 Mpa	90,13	m³	1.098.816,41	99.036.322,93
7.12	Pelat Lantai S3-GF				
7.12.1	Bekisting	1.553,00	m2	277.750,00	431.345.750,00
7.12.2	Pembesian	25.754,71	kg	19.608,60	505.013.806,51
7.12.3	Beton Ready Mix f'c 30 Mpa	232,99	m³	1.098.816,41	256.013.235,09
7.13	Kolom K1-GF				
7.13.1	Bekisting	111,60	m2	275.539,00	30.750.152,40
7.13.2	Pembesian	3.466,35	kg	19.608,60	67.970.270,61
7.13.3	Beton Ready Mix f'c 30 Mpa	20,82	m³	1.098.816,41	22.877.357,63
7.14	Kolom K2-GF				
7.14.1	Bekisting	124,00	m2	275.539,00	34.166.836,00
7.14.2	Pembesian	3.519,16	kg	19.608,60	69.005.800,78

7.14.3	Beton Ready Mix f'c 30 Mpa	23,08	m³	1.098.816,41	25.360.682,72
7.15	Kolom K3-GF				
7.15.1	Bekisting	44,80	m2	275.539,00	12.344.147,20
7.15.2	Pembesian	1.213,50	kg	19.608,60	
7.15.3	Beton Ready Mix f'c 30 Mpa	7,60	m³	1.098.816,41	8.351.004,71
7.16	Kolom K5-GF				
7.16.1	Bekisting	288,00	m2	275.539,00	79.355.232,00
7.16.2	Pembesian	14.820,05	kg	19.608,60	290.600.432,43
7.16.3	Beton Ready Mix f'c 30 Mpa	41,94	m³	1.098.816,41	46.084.360,19

7.10.3	Beton Ready Mix f'c 30 Mpa	71,37	m ³	1.098.816,41	78.087.300,19
8	PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI 1				3.184.431.618,62
8.1	Balok B6-1				
8.1.1	Bekisting	1.182,69	m ²	282.634,00	334.268.405,46
8.1.2	Pembesian	26.672,39	kg	19.608,60	523.008.226,55
8.1.3	Beton Ready Mix f'c 30 Mpa	104,60	m ³	1.098.816,41	114.936.196,36
8.2	Balok BC1-1				
8.2.1	Bekisting	2,16	m ²	282.634,00	610.489,44
8.2.2	Pembesian	152,75	kg	19.608,60	2.995.213,65
8.2.3	Beton Ready Mix f'c 30 Mpa	0,82	m ³	1.098.816,41	901.029,46
8.3	Balok BCA-1				
8.3.1	Bekisting	2,21	m ²	282.634,00	624.621,14
8.3.2	Pembesian	37,81	kg	19.608,60	741.401,17
8.3.3	Beton Ready Mix f'c 30 Mpa	0,17	m ³	1.098.816,41	186.798,79
8.4	Balok BA1-1				
8.4.1	Bekisting	319,37	m ²	282.634,00	90.264.820,58
8.4.2	Pembesian	97,96	kg	19.608,60	1.920.858,46
8.4.3	Beton Ready Mix f'c 30 Mpa	24,56	m ³	1.098.816,41	26.986.931,00
8.5	Balok BA2-1				
8.5.1	Bekisting	7,77	m ²	282.634,00	2.196.066,18
8.5.2	Pembesian	129,31	kg	19.608,60	2.535.588,07
8.5.3	Beton Ready Mix f'c 30 Mpa	0,46	m ³	1.098.816,41	505.455,55
8.6	Balok BA3-1				
8.6.1	Bekisting	370,88	m ²	282.634,00	104.823.297,92
8.6.2	Pembesian	6.781,47	kg	19.608,60	132.975.132,64
8.6.3	Beton Ready Mix f'c 30 Mpa	28,49	m ³	1.098.816,41	31.305.279,49
8.7	Balok BL-1				
8.7.1	Bekisting	44,29	m ²	282.634,00	12.517.859,86
8.7.2	Pembesian	514,75	kg	19.608,60	10.093.526,85
8.7.3	Beton Ready Mix f'c 30 Mpa	3,34	m ³	1.098.816,41	3.670.046,81
8.8	Pelat Lantai S2-1				
8.8.1	Bekisting	2.278,00	m ²	277.750,00	632.714.500,00
8.8.2	Pembesian	28.040,95	kg	19.608,60	549.843.772,17
8.8.3	Beton Ready Mix f'c 30 Mpa	296,19	m ³	1.098.816,41	325.458.432,12
8.9	Kolom K5-1				
8.9.1	Bekisting	9,60	m ²	275.539,00	2.645.174,40
8.9.2	Pembesian	141,68	kg	19.608,60	2.778.146,45
8.9.3	Beton Ready Mix f'c 30 Mpa	1,44	m ³	1.098.816,41	1.582.295,63
8.10	Kolom K6-1				
8.10.1	Bekisting	139,20	m ²	275.539,00	38.355.028,80
8.10.2	Pembesian	10.417,06	kg	19.608,60	204.263.962,72
8.10.3	Beton Ready Mix f'c 30 Mpa	26,14	m ³	1.098.816,41	28.723.060,93
9	PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI 2				596.689.050,23
9.1	Balok B6-2				
9.1.1	Bekisting	244,25	m ²	282.634,00	69.033.354,50
9.1.2	Pembesian	5.963,23	kg	19.608,60	116.930.591,78
9.1.3	Beton Ready Mix f'c 30 Mpa	25,12	m ³	1.098.816,41	27.602.268,19
9.2	Balok BC1-2				
9.2.1	Bekisting	4,55	m ²	282.634,00	1.285.984,70
9.2.2	Pembesian	118,04	kg	19.608,60	2.314.599,14
9.2.3	Beton Ready Mix f'c 30 Mpa	0,71	m ³	1.098.816,41	780.159,65
9.3	Balok BCA-2				
9.3.1	Bekisting	2,21	m ²	282.634,00	624.621,14
9.3.2	Pembesian	37,81	kg	19.608,60	741.401,17
9.3.3	Beton Ready Mix f'c 30 Mpa	0,18	m ³	1.098.816,41	197.786,95
9.4	Balok BA1-2				
9.4.1	Bekisting	125,87	m ²	282.634,00	35.575.141,58
9.4.2	Pembesian	2.175,87	kg	19.608,60	42.665.764,48
9.4.3	Beton Ready Mix f'c 30 Mpa	10,52	m ³	1.098.816,41	11.559.548,62
9.5	Balok BL-2				
9.5.1	Bekisting	21,83	m ²	282.634,00	6.169.900,22
9.5.2	Pembesian	328,45	kg	19.608,60	6.440.444,67
9.5.3	Beton Ready Mix f'c 30 Mpa	1,77	m ³	1.098.816,41	1.944.905,04
9.6	Pelat Lantai S4-2				
9.6.1	Bekisting	407,00	m ²	277.750,00	113.044.250,00
9.6.2	Pembesian	5.411,51	kg	19.608,60	106.112.134,99
9.6.3	Beton Ready Mix f'c 30 Mpa	48,84	m ³	1.098.816,41	53.666.193,41
TOTAL HARGA					Rp 22.328.611.180,65

(Sumber : Analisis Pribadi)

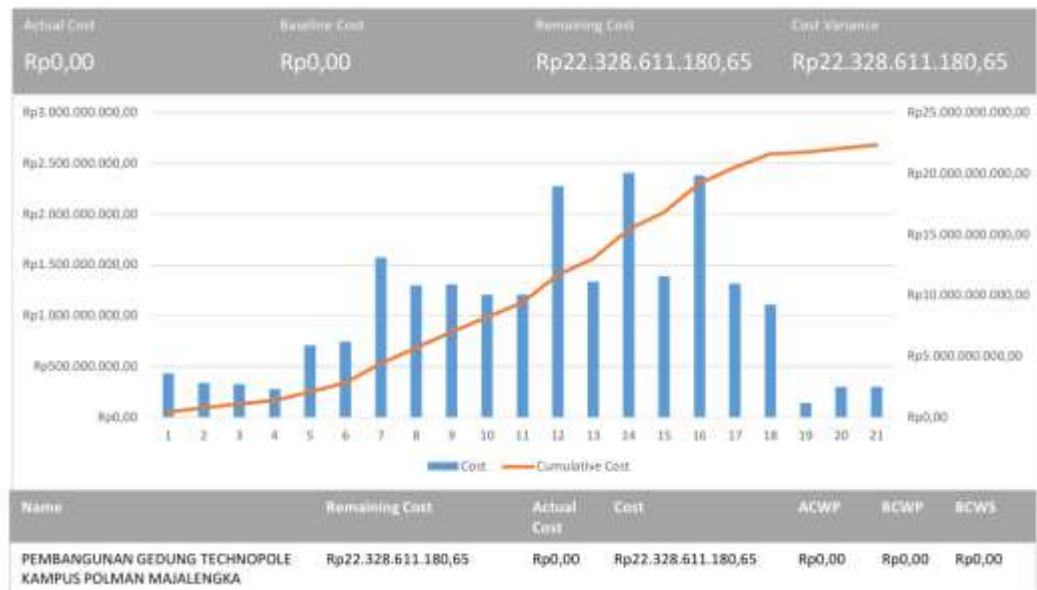
Tabel 4. 37 Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya

NO	URAIAN	JUMLAH HARGA
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
A	PEKERJAAN PERSIAPAN	169.160.285,42
B	PEKERJAAN TANAH	215.336.869,74
C	PEKERJAAN STRUKTUR BAWAH	
C.1	PEKERJAAN PONDASI	2.026.480.354,01
C.2	PEKERJAAN PILECAP	1.732.078.977,13
D	PEKERJAAN STRUKTUR ATAS	
D.1	PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI LG3	3.383.759.550,55
D.2	PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI LG2	3.443.056.856,47
D.3	PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI LG1	3.689.259.534,37
D.4	PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI GF	3.888.358.084,10
D.5	PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI 1	3.184.431.618,62
D.6	PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI 2	596.689.050,23
	JUMLAH	22.328.611.180,65
	PPN 12%	2.679.433.341,68
	TOTAL	25.008.044.522,33
	DIBULATKAN	25.008.044.000,00

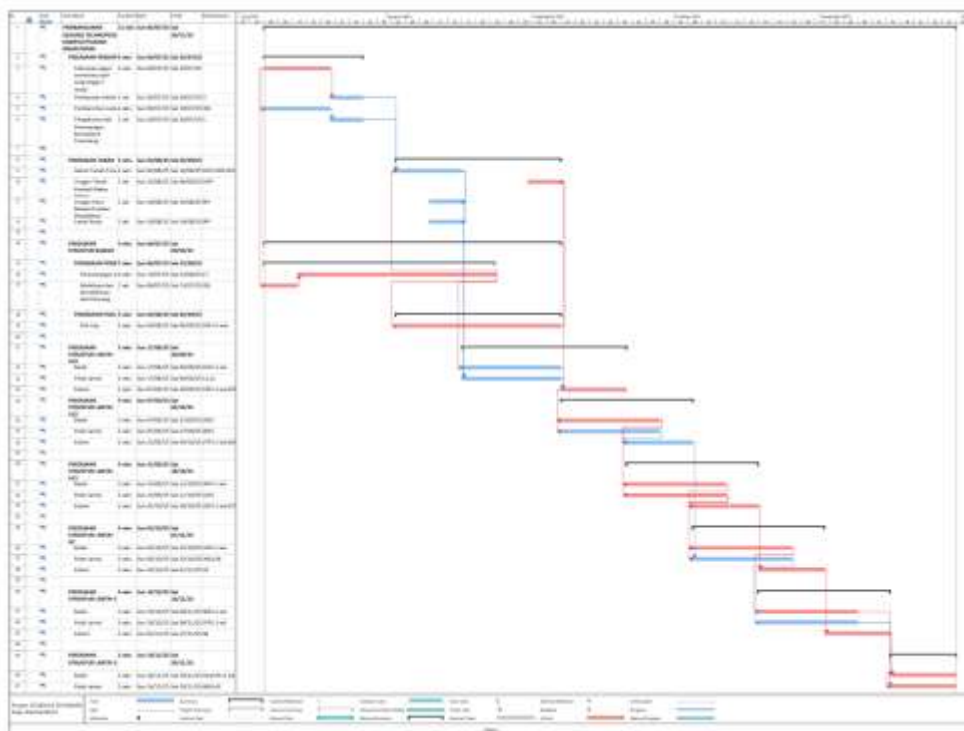
(Sumber : Analisis Pribadi)

4.8 Penjadwalan

Setelah didapatkan perhitungan Rencana Anggaran Biaya, maka dapat digunakan untuk penyusunan penjadwalan dalam proyek. Penjadwalan proyek ini dibuat menggunakan *Microsoft Project*, yang akan digunakan sebagai acuan keberjalanannya suatu pekerjaan. Pembangunan Gedung Technopole ini dijadwalkan dengan total durasi 21 minggu.

Gambar 4. 41 *Cash flow*

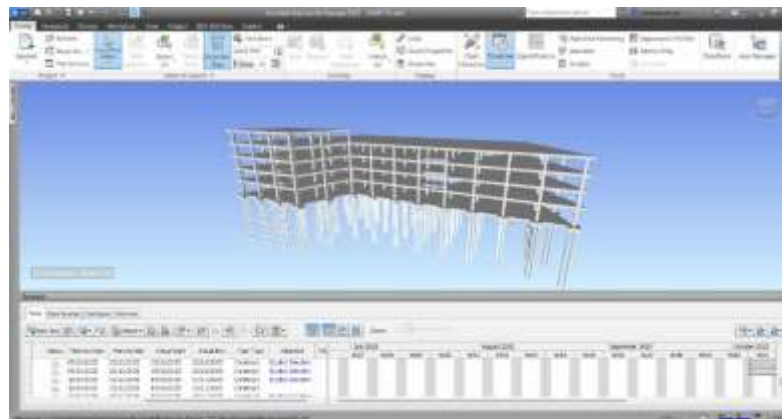
(Sumber : Analisis Pribadi)

Gambar 4. 42 *Gantt Chart*

(Sumber : Analisis Pribadi)

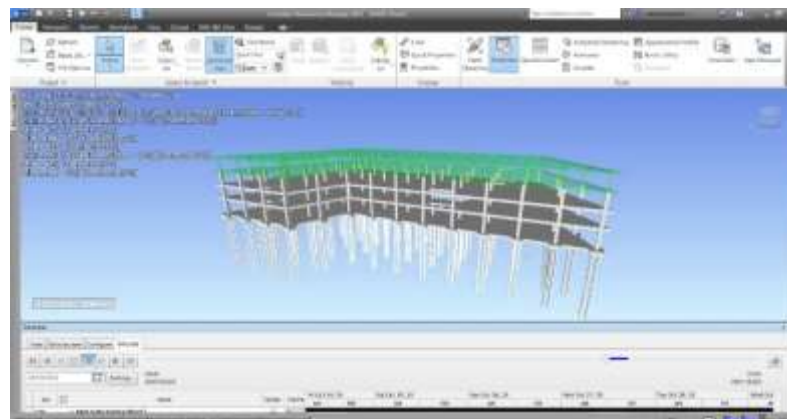
4.9 Integrasi BIM 5D

Integrasi BIM 5D merupakan penggabungan dari hasil penjadwalan proyek (4D) dan rencana anggaran biaya (5D) ke dalam pemodelan 3D struktur. Dari hasil integrasi ini akan didapatkan *output* visualisasi durasi pekerjaan dan pengeluaran proyek dari awal dimulainya pekerjaan hingga selesai pekerjaan proyek. Data yang dibutuhkan untuk membuat simulasi dengan *software Autodesk Naviswork* diantaranya adalah permodelan 3D *Autodesk Revit*, time schedule dari *Microsoft Project*, dan rencana anggaran biaya dari *Microsoft Excel*. Berikut merupakan hasil dari integrasi BIM 5D menggunakan *Autodesk Naviswork*.



Gambar 4. 43 Simulasi 5D

(Sumber : Analisis Pribadi)



Gambar 4. 44 *Timeline* Pekerjaan

(Sumber : Analisis Pribadi)