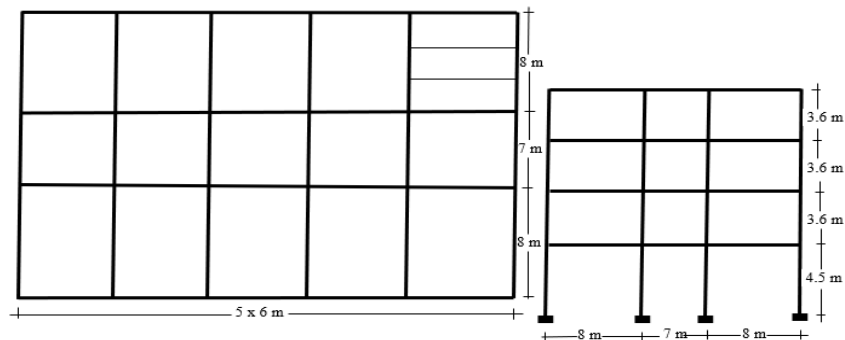


BAB II

PRAKTIK PERANCANGAN BANGUNAN GEDUNG

2.1 Deskripsi Umum

- Bangunan perkantoran 3 lantai (4 lantai termasuk atap)
- Tinggi lantai 1 = 4,5 m, tinggi lantai tipikal = 3,6 m
- Rencana lokasi pembangunan : Medan diatas tanah yang lunak
- Balok anak dirancang sebagai balok dengan tumpuan sederhana
- Lantai terdiri dari pelat beton bertulang satu arah
- Dinding luar berbahan bata ringan/hebel
- Partisi dalam Gedung berbahan gypsum
- Gaya gaya dalam diperoleh dengan bantuan program SAP 2000
- Atap berbentuk datar dengan bahan beton bertulang



Gambar 2.1 Denah Pelat Lantai dan Potongan Melintang Gedung

2.2 Perancangan Pelat Lantai

Dihitung berdasarkan Ketebalan Pelat Minimum Satu Arah untuk Beton Non Prategang tercantum dalam SNI-2847-2019 Tabel 7.3.1.1.

Tabel 2.1 – Pelat Lantai

Pelat Lantai		
Satu ujung Menerus		
2700/24	112,5	mm
Kedua ujung Menerus		
2600/28	92,857	mm

Ketebalan pelat yang diambil adalah 112,5 mm dengan pembulatan keatas menjadi 113 mm.

Reduksi Beban Hidup

Dihitung dengan mengacu pada Reduksi Beban Hidup Merata pada pasal 4 ayat 7 alinea ke-2 RSNI2-1727-2018. Nilai K_{LL} (Faktor Elemen Beban Hidup) mengacu pada Tabel 2.2 Reduksi Beban hidup

Tabel 2.2 – Reduksi Beban Hidup

K_{LL} (Balok Interior)	2
A_T	15,9 m ²
L_0	2,4 m ²
$A_T \times K_{LL}$	31,8 m ² ≤ 37,16 m ²
L	2,34 m ² ≥ 0,4 L_0

$$L = L_0 \left(0,25 + \frac{4,57}{\sqrt{K_{LL} A_T}} \right)$$

Berdasarkan hasil perhitungan nilai L diatas maka beban hidup tidak boleh direduksi.

Kombinasi Pembebanan (Lantai)

Dihitung dengan mengacu pada Rumus Kombinasi Pembebanan tercantum dalam RSNI2-1727-2018 Tabel 5.3.1

$$1,2 W_D + 1,6 W_L$$

Berat Jenis Beton Bertulang : 23,5 kN/m²

$$W_D : 23,5 \cdot 113 \times 10^{-3} + 1,4 = 4,056 \text{ kN/m}^2$$

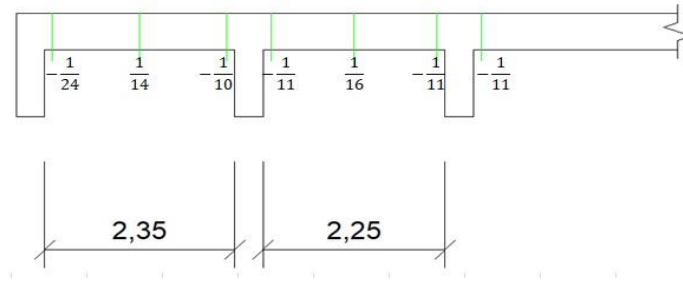
$$W_L : 2,4 \text{ kN/m}^2$$

$$W_u : 1,2 \times 4,056 + 1,6 \times 2,4 = 8,707 \text{ kN/m}^2$$

Momen Maksimum

Dihitung dengan mengacu pada Metode Analisis tercantum dalam SNI-

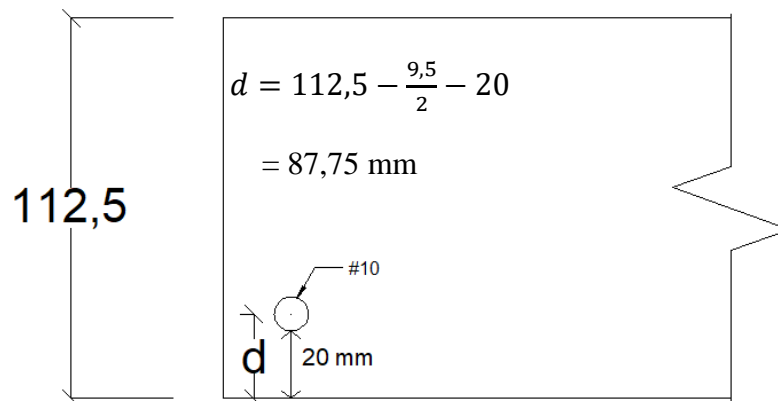
$$2847-2013 \text{ Pasal 8 ayat 3. } M_u = \frac{8,707 \cdot 2,35^2}{10} = 4,8 \text{ kNm}$$



Gambar 2.2 Momen pada Bentang 8 m

Penulangan

Gambar 2.3 Posisi Tulangan No.10



$$\frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{4,8}{0,9 \times 1 \times 0,08775^2} = 692,6351 \frac{kN}{m^2} = 0,693 N/mm^2$$

Diambil ρ min = 0,0033

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0,0033 \times 1000 \times 87,75 = 289,575 \text{ mm}^2/m$$

Jarak antar tulangan = 200 mm

$$A = 355 > 289,575$$

Tulangan Susut

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0,0018 \times 1000 \times 87,75 = 157,95 \text{ mm}^2/m$$

Jarak antar tulangan = 300 mm

$$A = 237 > 157,95$$

2.3 Perancangan Balok Anak

Ukuran balok anak ditaksir berdasarkan estimasi ukuran balok yang umum digunakan dalam konstruksi.

Tinggi (est.) : 400 mm

Lebar (est.) : 350 mm

Jarak antar balok terbesar	: 2,7 m
Tebal pelat (hf)	: 113 mm
Berat lantai	: 0,113 x 23,5
	= 2,656 kN/m ²
SIDL lantai	: 1,4 kN/m ²
Partisi (est.)	: 1,2 kN/m ²
	+ _____
Total Dead Load (DL)	: 5,256 kN/m ²

Berat Sendiri Balok Anak (*Self Load*)

(Tinggi – hf) x Lebar x BJ Beton Bertulang x 10⁻⁶

$$(400-113) \times 350 \times 23,5 \times 10^{-6} = 2,361 \text{ kN/m}$$

$W_D = \text{Total DL} \times \text{Jarak antar balok terbesar} + \text{Self Load}$

$$= 5,256 \times 2,7 + 2,361 = 16,550 \text{ kN/m}$$

$W_L = \text{LL Ruang Kantor} \times \text{Jarak antar balok terbesar}$

$$= 2,4 \times 2,7 = 6,480 \text{ kN/m}$$

$W_u = 1,2W_D + 1,6W_L$

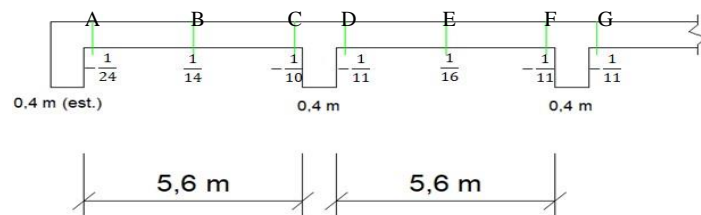
$$= 1,2 \times 16,550 + 1,6 \times 6,480$$

$$= 30,229 \text{ kN/m}$$

Tulangan Tumpuan

Perhitungan dilakukan dengan mengacu pada tabel dimensi dan ketentuan

nilai variabel dari buku Jack McCormac, SNI-2847-2013, dan SNI-28472019.



Gambar 2.4 Potongan Memanjang Bentang 6 meter Tepi

Momen di titik C

$$M_u = \frac{W_u \cdot L_m^2}{10} = \frac{30,229 \cdot 5,6^2}{10} = 94,797 \text{ kNm}$$

- Dicoba tulangan #19 ($\varnothing 19,1$ mm)

$$\text{Luas} = 284 \text{ mm}^2$$

$$d = 350,45 \text{ mm}$$

$$\frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{94,797}{0,9 \times 0,35 \times 0,35045^2} = 2450,3714 \text{ kN/m}^2 = 2,450 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = 0,00605 > 0,0033$$

$$A = \rho \cdot b \cdot d = 0,00605 \times 350 \times 350,45 = 742,0779 \text{ mm}^2$$

Banyak tulangan = $A_s / \text{Luas} = 742,0779 / 284 = 2,61$ buah ≈ 3 buah tulangan

$$A_s \text{ tulangan} = 3 \times 284 \text{ mm}^2 = 852 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{852 \times 420}{0,85 \times 21 \times 350} = 57,2773 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 0,85$$

$$c = a / \beta_1 = 57,2773 / 0,85 = 67,385 \text{ mm}$$

$$\epsilon_t = d - c / c \times 0,003 = 350,45 - 67,385 / 67,385 \times 0,003 = 0,0126 > \frac{f_y}{E_s} = \frac{420}{200.000} = 0,0021$$

$$\epsilon_t > 0,005$$

- Dicoba tulangan #16 ($\varnothing 15,9$ mm) Luas = 199 mm²

$$d = 352,05 \text{ mm}$$

$$\frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{94,797}{0,9 \times 0,35 \times 0,35205^2} = 2428,1490 \text{ kN/m}^2 = 2,450 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = 0,00624 > 0,0033$$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0,00624 \times 350 \times 352,05 = 768,8772 \text{ mm}^2/m$$

Banyak tulangan = $A_s / \text{Luas} = 768,8772 / 199 = 3,86$ buah ≈ 4 buah

tulangan

$$A_s \text{ tulangan} = 4 \times 199 \text{ mm}^2 = 796 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{796 \times 420}{0,85 \times 21 \times 350} = 53,5126 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 0,85$$

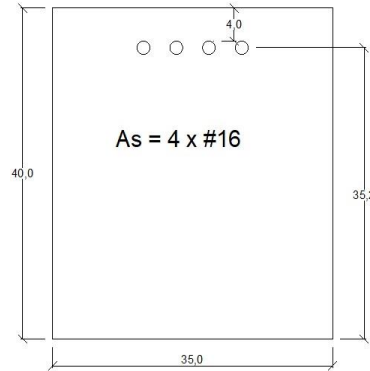
$$c = a / \beta_1 = 53,5126 / 0,85 = 62,956 \text{ mm}$$

$$\epsilon_t = \frac{d - c}{c} \times 0,003 = \frac{352,05 - 62,956}{62,956} \times 0,003 = 0,0138 > 0,0021 \text{ Jadi, } \epsilon_t > 0,005$$

Tulangan Tumpuan Balok Anak.

Jarak antar tulangan = 250 mm

$$A = 796 > 768,8772$$



Gambar 2.5 Sketsa Tulangan Tumpuan

Tulangan Lapangan

$$\text{Momen di B} = \frac{W_u \times Lm^2}{14} = 67,712 \text{ kNm}$$

Asumsikan Balok bekerja sebagai Balok T dengan kontribusi tulangan dari pelat lantai diabaikan

$$\text{Lengan } z : 0,9d = 316,8 \text{ mm}$$

$$d - \frac{hf}{2} = 295,5 \text{ mm}$$

$$M = A_s \times f_y \times z$$

$$\frac{M_u}{\phi} = \frac{67,712}{0,9} = 76,235 \text{ kNm}$$

$$A_s \text{ sementara} = \frac{76,235 \times 10^6}{420 \times 316,8} = 565.442 \text{ mm}^2$$

Hitung nilai a & z :

$$0,85 \cdot f'_c \cdot A_c = A_s \cdot f_y$$

$$0,85 \cdot 21 \cdot A_c = 565,442 \cdot 420$$

$$A_c = 13304,509 < hf \times b = 169500 \text{ mm}$$

A_c aman digunakan

$$a = A_c / b = 13304,509 / 1500 = 8,870 \text{ mm}$$

$$z = d - \frac{a}{2} = 347,615 \text{ mm}$$

Revisi A_s : nilai z 348,008 mm mendekati nilai z sebelumnya (347,615 mm). Jadi, revisi dihentikan.

$$A_c = 12125,100 \text{ mm}^2 < hf \times b = 169500 \text{ mm}^2$$

Revisi A_s :

$$b = 16h_f + b_w = 2158 \text{ mm}$$

$$b = \frac{l}{4} = 1500 \text{ mm}$$

Gaya Desak Beton berada di dalam Pelat Lantai

$$A_s = \frac{75,235 \times 10^6}{420 \times 348,008} = 514,735 \text{ mm}^2$$

Jumlah Tulangan minimum :

$$A_{s \min} = \frac{\sqrt{f'_c}}{4f_y} \times b_w \times d = 336,103 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \min} = \frac{1,4}{f_y} \times b_w \times d = 410,725 \text{ mm}^2$$

Jadi, $A_{s \min} < A_s$

Nilai c , ϵ_t , dan Φ

$$\beta_1 = 0,85$$

$$c = a / \beta_1 = 9,510 \text{ mm}$$

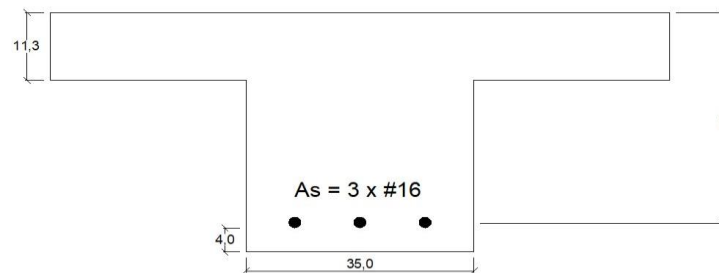
$$\epsilon_t = \frac{d-c}{c} \times 0,003 = \frac{352,05-9,510}{9,510} \times 0,003 = 0,108 > 0,005$$

$$\Phi = 0,9$$

Dicoba tulangan #16 ($\varnothing 15,9 \text{ mm}$)

$$\text{Luas} = 199 \text{ mm}^2$$

$$\text{Banyak tulangan (n)} = 514,735 / 199 = 2,59 \approx 3 \text{ buah tulangan}$$



Gambar 2.6 Sketsa Tulangan Lapangan

2.4 Perancangan Balok Induk

Sebagai catatan, untuk menyingkat waktu perhitungan maka beban merata (P_D dan P_L) dijadikan beban ideal terpusat.

2.4.1 Rangka Melintang

Taksiran dimensi balok induk melintang

$$\text{Tinggi} = 1/10 \text{ bentang} = 600 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar (} b_w \text{)} = 2/3 \text{ tinggi} = 400 \text{ mm}$$

Berat sendiri balok induk (W_s)

$$(\text{Tinggi} - hf) \times \text{Lebar} \times \text{BJ Beton Bertulang} \times 10^{-6}$$

$$(600 - 113) \times 400 \times 23,5 \times 10^{-6} = 4,578 \text{ kN/m}$$

Rangka Melintang (Tengah)

Beban Mati (Pelat Lantai + SIDL + Partisi + Balok Anak) (W_D) =
16,55 kN/m (untuk bentang 8 m) Bentang 8 m

$$P_D = 16,55 \times (6/2 + 6/2) = 99,303 \text{ kN}$$

$$P_L = 2,4 \times 2,7 \times (6/2 + 6/2) = 38,88 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban Mati Total} &= P_D + W_s \times \text{Bentang} \\ &= 99,303 + 4,578 \times 2,7 \\ &= 111,663 \text{ kN} \end{aligned}$$

Bentang 7 m

Beban Mati (Pelat Lantai + SIDL + Partisi + Balok Anak) (W_D) =
14,974 kN/m (untuk bentang 7 m)

$$\begin{aligned} \text{Beban Mati Total} &= 89,843 + 4,578 \times 2,4 \\ &= 100,829 \text{ kN} \end{aligned}$$

Rangka Melintang (Tepi)

Dalam rencana pembangunan akan dibuat dinding penuh berbahan hebel setinggi 3 meter.

$$\begin{aligned} \text{Berat dinding} &= \text{Kuat Tekan Hebel} \times \text{Tinggi Dinding} / 100 \\ &= 40 \times 3 / 100 = 1,2 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat keseluruhan } (W_D) &= \text{Berat sendiri Balok} + \text{Berat dinding} \\ &= 4,578 + 1,2 = 5,778 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Bentang 8 m

$$P_D = 16,55 \times (6/2) = 49,651 \text{ kN}$$

$$P_L = 2,4 \times 2,7 \times (6/2) = 19,44 \text{ kN}$$

$$\text{Beban Mati Total} = 49,651 + 4,578 \times 2,7 = 65,251 \text{ kN}$$

Bentang 7 m

$$P_D = 14,974 \times (6/2) = 44,921 \text{ kN}$$

$$P_L = 2,4 \times 2,4 \times (6/2 + 6/2) = 17,28 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban Mati Total} &= 44,921 + 4,578 \times 2,4 \\ &= 58,788 \text{ kN} \end{aligned}$$

2.4.2 Rangka Memanjang

Taksiran dimensi balok induk memanjang

$$\text{Tinggi} = 500 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar (b}_w) = 4/5 \text{ tinggi} = 400 \text{ mm}$$

Berat sendiri balok induk (W_s)

$$(\text{Tinggi} - hf) \times \text{Lebar} \times \text{BJ Beton Bertulang} \times 10^{-6}$$

$$(500 - 113) \times 400 \times 23,5 \times 10^{-6} = 3,638 \text{ kN/m}$$

Rangka Memanjang (Tengah)

$$\text{Beban Pelat Lantai} = 4,056 \times (2,3/2 + 2,7/2) = 10,139 \text{ kN/m}$$

$$W_D = 10,139 + 3,638 = 13,777 \text{ kN/m} \quad P_D = 13,777 \times 6 = 82,659 \text{ kN}$$

$$W_L = 2,4 \times (2,3/2 + 2,7/2) = 6 \text{ kN/m} \quad P_L = 6 \times 6 = 36 \text{ kN}$$

2.4.3 Rangka Memanjang (Tepi)

$$\text{Beban dinding} = 40 \times 1,5 / 100 = 0,6 \text{ kN/m}$$

$$\text{Beban Pelat Lantai} = 4,056 \times 2,7/2 = 5,475 \text{ kN/m}$$

$$W_D = 0,6 + 5,475 + 3,638 = 9,713 \text{ kN/m} \quad P_D = 9,713 \times 6 = 58,276 \text{ kN}$$

$$W_L = 2,4 \times 2,7/2 = 3,24 \text{ kN/m} \quad P_L = 3,24 \times 6 = 19,44 \text{ kN}$$

2.5 Perancangan Kolom

Tabel 2.3 Tabel Perhitungan Beban Kolom pada Atap

Beban Kolom pada Atap							
Kolom	Pembebanan		Luas (A_T) (m ²)	DL (kN/m ²)	PD (kN)	LL (kN/m ²)	PL (kN)
	Lebar (m)	Panjang (m)					
Kolom Tepi Memanjang							
Pelat + SIDL + Partisi	6	4	24	5,256	126,132	0,96	23,04
Berat Sendiri							
Balok Anak		6		2,361	14,163		

Balok Induk							
-Melintang		4		4,578	18,311		
-Memanjang		6		3,638	21,827		
Kolom		1,8		8,46	15,228		
Dinding hebel (1,5 m)		6		0,4	2,4		
Total					198,061		23,04
Kolom Sudut							
Pelat + SIDL + Partisi	3	4	12	5,256	63,066	0,96	11,52
Berat Sendiri							
Balok Anak		3		2,361	7,082		
Balok Induk							
-Melintang		4		4,578	18,311		
-Memanjang		3		3,638	10,913		
Kolom		1,8		8,46	15,228		
Dinding hebel (3 m)		4		0,4	1,6		
Dinding hebel (1,5 m)		3		0,4	1,2		
Total					117,400		11,52
Kolom Tengah							
Pelat + SIDL + Partisi	6	7,5	45	5,256	236,498	0,96	43,2
Berat Sendiri							
Balok Anak		6		2,361	14,163		
Balok Induk							
-Melintang		7,5		4,578	34,334		
-Memanjang		6		3,638	21,827		
Kolom		1,8		8,46	15,228		
Total					322,049		43,2
Kolom Tepi Melintang							
Pelat + SIDL + Partisi	3	7,5	22,5	5,256	118,249	0,96	21,6
Berat Sendiri							
Balok Anak		6		2,361	14,163		
Balok Induk							
-Melintang		7,5		4,578	34,334		

-Memanjang		6		3,638	21,827		
Kolom		1,8		8,46	15,228		
Dinding hebel (3 m)		7,5		0,4	3		
Total					206,801		21,6

Tabel 2.4 Tabel Perhitungan Beban Kolom per Lantai

Beban Kolom per Lantai							
Kolom	Pembebanan		Luas (A _r) (m ²)	DL (kN/m ²)	PD (kN)	LL (kN/m ²)	PL (kN)
	Lebar (m)	Panjang (m)					
Lantai 1							
Kolom Tepi Memanjang	6	4	24	5,256	126,132	1,246	29,91109
Balok Anak, Balok Induk, Kolom, Dinding hebel (1,5 m)				198,061	72,829		
Total					198,961		29,91109
Kolom Sudut	3	4	12	5,256	63,066	1,514	18,168
Balok Anak, Balok Induk, Kolom, Dinding hebel (1,5 m), Dinding hebel (3 m)				117,400	55,234		
Total					118,300		18,168
Kolom Tengah	6	7,5	45	5,256	236,498	1,072	48,23944
Balok Anak, Balok Induk, Kolom				322,049	86,452		
Total					322,949		48,23944
Kolom Tepi Melintang	3	7,5	22,5	5,256	118,249	1,267	28,51855
Balok Anak, Balok Induk, Kolom, Dinding hebel (3 m)				206,801	89,452		
Total					207,701		28,51855
Lantai 2							
Kolom Tepi Memanjang	6	4	24	5,256	126,132	1,392	33,39713

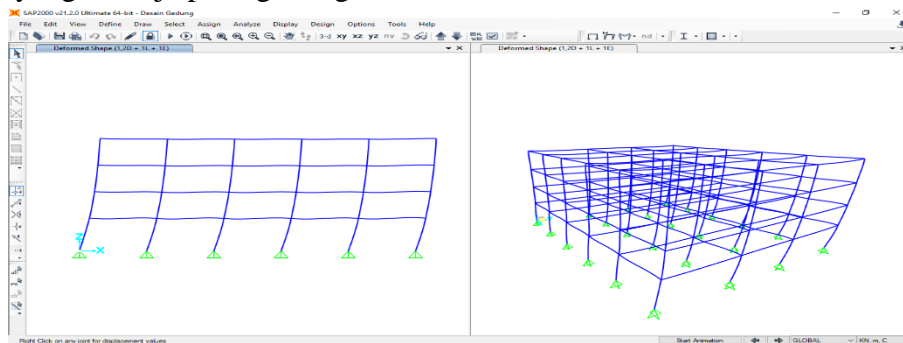
Balok Anak, Balok Induk, Kolom, Dinding hebel (1,5 m)				198,061	72,649		
Total					198,781		33,39713
Kolom Sudut	3	4	12	5,256	63,066	1,719	20,633
Balok Anak, Balok Induk, Kolom, Dinding hebel (1,5 m), Dinding hebel (3 m)				117,400	55,054		
Total					118,120		20,633
Kolom Tengah	6	7,5	45	5,256	236,498	1,178	53,0129
Balok Anak, Balok Induk, Kolom				322,049	86,272		
Total					322,769		53,0129
Kolom Tepi Melintang	3	7,5	22,5	5,256	118,249	1,418	31,8939
Balok Anak, Balok Induk, Kolom, Dinding hebel (3 m)				206,801	89,272		
Total					207,521		31,8939

Lantai 3							
Kolom Tepi Memanjang	6	4	24	5,256	126,132	1,719	41,266
Balok Anak, Balok Induk, Kolom, Dinding hebel (1,5 m)				198,061	72,649		
Total					198,781		41,266
Kolom Sudut	3	4	12	5,256	63,066	2,183	26,19713
Balok Anak, Balok Induk, Kolom, Dinding hebel (1,5 m), Dinding hebel (3 m)				117,400	55,054		
Total					118,120		26,19713
Kolom Tengah	6	7,5	45	5,256	236,498	1,418	63,78779

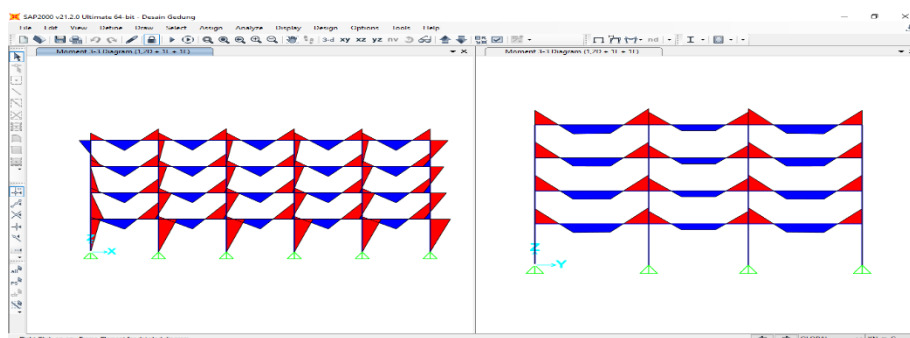
Balok Anak, Balok Induk, Kolom				322,049	86,272		
Total					322,769		63,78779
Kolom Tepi Melintang	3	7,5	22,5	5,256	118,249	1,756	39,5129
Balok Anak, Balok Induk, Kolom, Dinding hebel (3 m)				206,801	89,272		
Total					207,521		39,5129

2.6 Pemodelan

Pemodelan struktur dilakukan dengan menggunakan aplikasi SAP2000. Model yang dibuat merupakan gambar struktural gedung secara keseluruhan dan gaya yang bekerja pada gedung.



Gambar 2.7 Model Struktur Setelah Kombinasi Pembebanan



2.8 Diagram Momen Pembebanan Kombinasi