

- **Permodelan Struktur Bored pile**

Perhitungan *bore pile* dibuat dengan bantuan *software* SAP2000, dimensi yang diinput sesuai dengan rencana dimensi *bore pile* yaitu diameter 100 cm dan panjang 20 m. Beban yang dimasukkan pada permodelan *bore pile* adalah nilai reaksi terbesar dari permodelan struktur *pile cap*.

Sedangkan untuk tumpuan digunakan model tumpuan *spring* untuk memodelkan tumpuan *bore pile* pada tanah. k_{sv} merupakan *modulus of subgrade* tanah, didapat dari data tanah sebesar $117,50 \text{ kg/cm}^3$. Angka ini dikalikan dengan luas penampang / luas keliling *bore pile* lalu diinput sebagai kekakuan tumpuan pegas (*spring stiffness*).

- **Perhitungan Efisiensi Bore Pile**

- Pile Cap 1

$$Eff = 1 - \frac{\theta}{90} \left[\frac{(n-1)m + (m-1)n}{(m \times n)} \right]$$

$$Eff = 1 - \frac{26,57}{90} \left[\frac{(1-1)2 + (2-1)1}{(2 \times 1)} \right]$$

$$Eff = 85,24 \%$$

- Pile Cap 2

$$Eff = 1 - \frac{\theta}{90} \left[\frac{(n-1)m + (m-1)n}{(m \times n)} \right]$$

$$Eff = 1 - \frac{26,57}{90} \left[\frac{(2-1)2 + (2-1)2}{(2 \times 2)} \right]$$

$$Eff = 70,48 \%$$

- Pile Cap 3

$$Eff = 1 - \frac{\theta}{90} \left[\frac{(n-1)m + (m-1)n}{(m \times n)} \right]$$

$$Eff = 1 - \frac{26,57}{90} \left[\frac{(3-1)2 + (2-1)3}{(3 \times 2)} \right]$$

$$Eff = 65,56 \%$$

➤ Pile Cap 4

$$Eff = 1 - \frac{\theta}{90} \left[\frac{(n-1)m + (m-1)n}{(m \times n)} \right]$$

$$Eff = 1 - \frac{26,57}{90} \left[\frac{(3-1)3 + (3-1)3}{(3 \times 3)} \right]$$

$$Eff = 60,64 \%$$

➤ Pile Cap 5

$$Eff = 1 - \frac{\theta}{90} \left[\frac{(n-1)m + (m-1)n}{(m \times n)} \right]$$

$$Eff = 1 - \frac{18,43}{90} \left[\frac{(4-1)5 + (5-1)4}{(4 \times 5)} \right]$$

$$Eff = 68,26 \%$$

4.4.2 Perhitungan Pile Cap

Pile cap berfungsi untuk menyalurkan beban dari kolom-kolom pada struktur atas ke pondasi *bore pile*. Reaksi tumpuan dari permodelan struktur gedung utama digunakan sebagai beban dalam perhitungan *pile cap*, sedangkan output reaksi perletakannya digunakan untuk mendesain tulangan *bore pile*.

- **Rencana Tebal dan Dimensi Pile Cap**

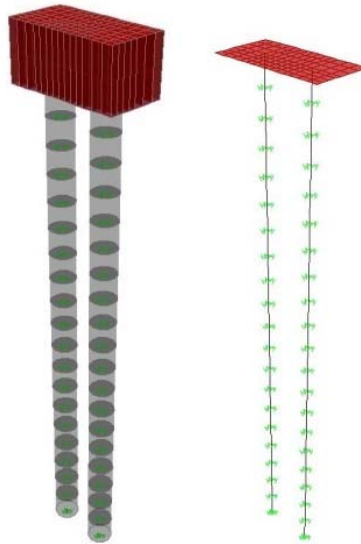
Agar tidak terjadi penurunan yang berbeda-beda pada pondasi *bore pile*, digunakan *pile cap*. *Pile cap* direncanakan untuk menyalurkan gaya aksial dari kolom kepada *bored pile*. Ada lima tipe *pile cap* yang digunakan pada struktur gedung ini.

Tabel 4.9. Tipe dan dimensi Pile Cap

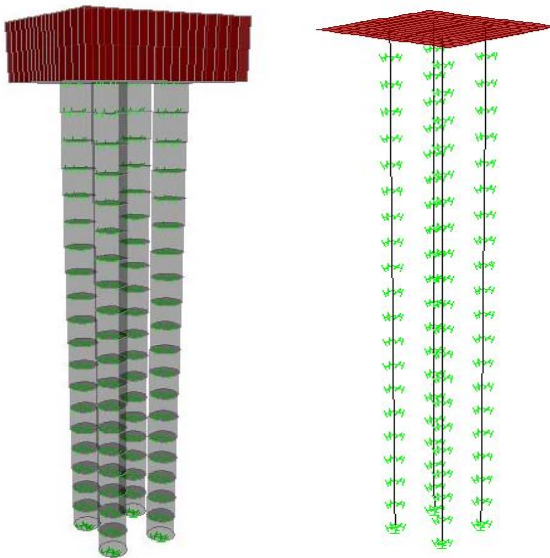
Tipe Pile Cap	Jumlah Tiang	Tebal (m)	Lebar (m)	Panjang (m)	Luas (m ²)
Pile Cap – 1	2	2	2	4	8
Pile Cap – 2	4	2	4	4	16
Pile Cap – 3	6	2	4	6	24
Pile Cap – 4	8	2	6	6	36
Pile Cap – 5	20	2.5	14	16	224

- **Permodelan Struktur Pile cap**

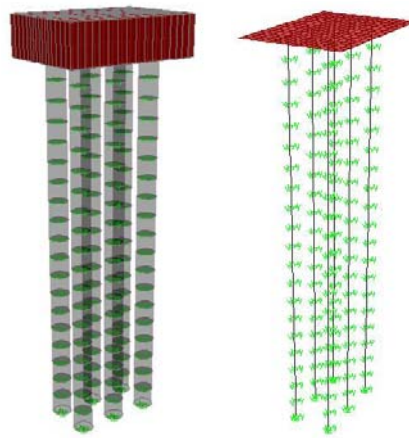
Pondasi pile cap dimodelkan sebagai berikut :



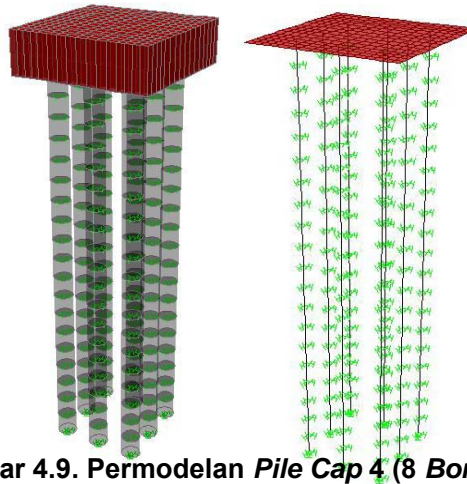
Gambar 4.6. Permodelan *Pile Cap 1 (2 Bore Pile)*



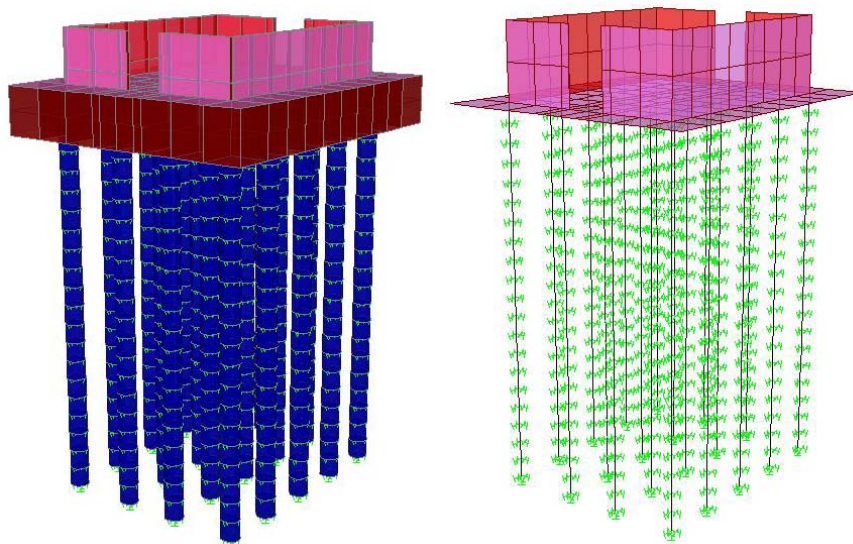
Gambar 4.7. Permodelan *Pile Cap 2 (4 Bore Pile)*



Gambar 4.8. Permodelan *Pile Cap 3 (6 Bore Pile)*



Gambar 4.9. Permodelan *Pile Cap 4 (8 Bore Pile)*



Gambar 4.10. Permodelan *Pile Cap 4 (20 Bore Pile)*

Perhitungan luas tulangan *pile cap* yang dibutuhkan menggunakan bantuan *software* SAP2000. *Pile cap* dimodelkan sebagai balok dengan tebal 2 m, dan lebar 1 m yang menggunakan tumpuan jepit di salah satu ujungnya.

Lalu, momen dari hasil analisis ditempatkan di ujung yang lain sebagai beban terpusat, untuk menciptakan momen sebesar yang terjadi pada *pile cap*. Dari pemodelan struktur seperti itu, dapat diperoleh luas tulangan yang dibutuhkan pada *pile cap*.

- **Input beban pada perhitungan *Pile Cap***

Gaya yang diinput untuk perhitungan tulangan *pile cap* yaitu :

Tabel 4.10. Input beban untuk perhitungan tulangan *Pile Cap* 1, 2, 3, 4

Tipe Pile Cap	F1 (Ton)	F2 (Ton)	F3 (Ton)	M1 (Ton.m)	M2 (Ton.m)	M3 (Ton.m)
Pile Cap – 1	6.592	14.202	1495.34	30.292	10.558	0.22
Pile Cap – 2	26.02	16.60	2273.55	35.05	29.53	0.22
Pile Cap – 3	71.45	45.62	3536.92	24.82	42.75	0.07
Pile Cap – 4	-135.51	145.82	4698.94	42.52	1685.08	17.24

Sedangkan untuk perhitungan *pile cap* 5 beban yang diinput adalah reaksi tumpuan dari model *corewall* besarnya beban adalah sebagai berikut :

Tabel 4.11. Input beban untuk perhitungan tulangan *Pile Cap* 5

Titik (No. Joint)	F1 (Ton)	F2 (Ton)	F3 (Ton)	M1 (Ton.m)	M2 (Ton.m)	M3 (Ton.m)
10	63.32	61.71	479.60	1.07	1.57	0.00
11	0.71	13.45	705.79	2.53	0.77	0.01
12	1.01	16.75	892.71	3.48	1.04	0.00
13	0.71	13.45	705.79	2.53	0.77	-0.01
14	63.32	-48.48	479.60	1.07	1.57	0.04
16	18.60	0.44	623.89	0.46	3.91	0.00
17	18.60	0.44	623.89	0.46	3.91	0.00
18	18.60	0.45	606.71	0.46	3.91	0.00
19	18.60	0.45	606.71	0.46	3.91	0.00
21	12.40	0.30	392.79	0.31	2.53	0.00
22	12.40	0.30	392.79	0.31	2.53	0.00
24	18.60	0.45	571.67	0.46	3.91	0.00
25	18.60	0.45	571.67	0.46	3.91	0.00
26	18.60	0.45	554.50	0.47	3.91	0.00
27	18.60	0.45	554.50	0.47	3.91	0.00

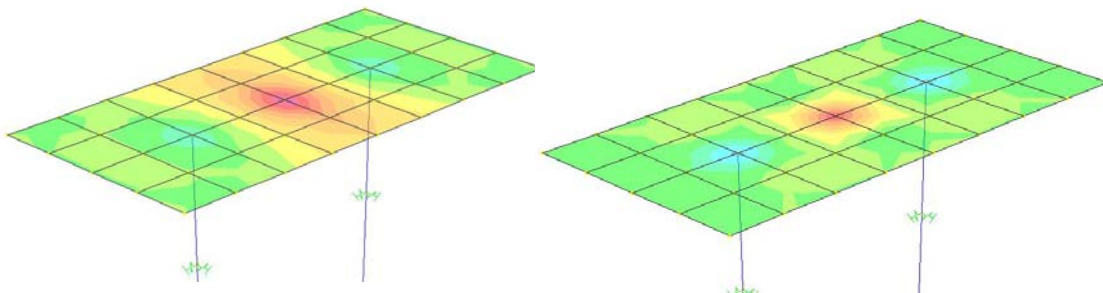
32	-38.82	52.59	393.57	1.10	1.57	0.00
33	0.60	-4.34	444.05	2.53	0.63	0.00
34	0.22	-55.20	235.38	0.57	0.29	0.02
35	0.22	67.28	235.38	1.75	0.29	-0.02
36	0.60	23.45	444.05	1.82	0.63	0.00
37	-38.82	-40.17	393.57	1.10	1.57	0.04

• **Perhitungan Tulangan *Pile Cap***

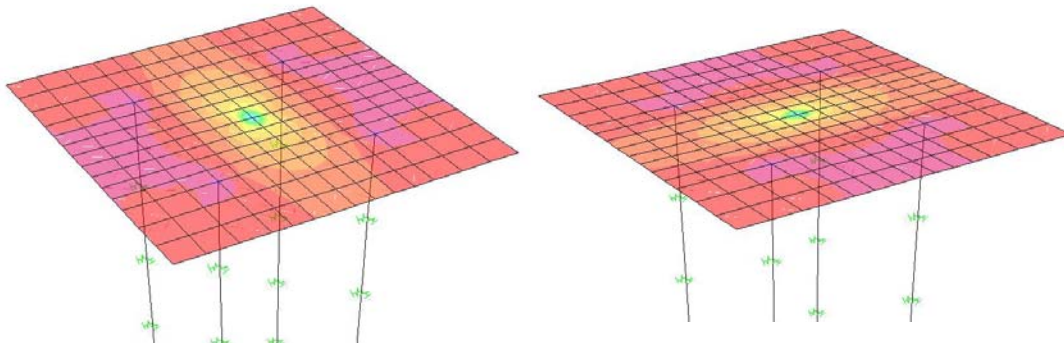
Dari hasil analisis diperoleh besarnya momen pada masing-masing *pile cap* sebagai berikut :

Tabel 4.12. Momen yang terjadi pada *Pile Cap*

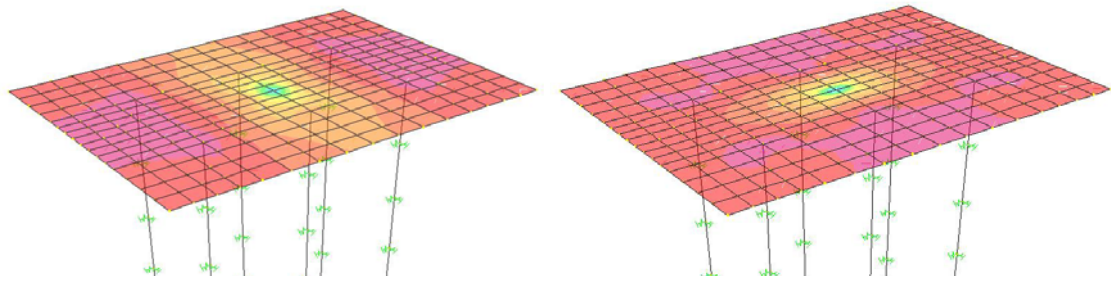
Tipe <i>Pile Cap</i>	M11 Maks (Ton.m/m)	M11 Min (Ton.m/m)	M22 Maks (Ton.m/m)	M22 Min (Ton.m/m)
Pile Cap – 1	244	505	129	230
Pile Cap – 2	974	157	989	171
Pile Cap – 3	1383	233	1325	172
Pile Cap – 4	1800	915	2430	296
Pile Cap – 5	438	162	480	112



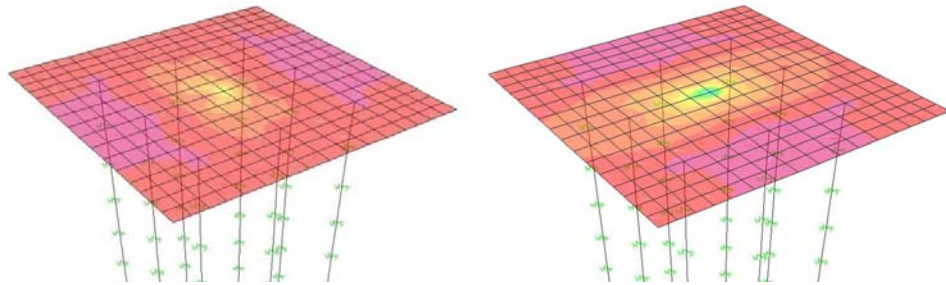
Gambar 4.11. Momen arah 1-1 dan 2-2 pada *Pile Cap* 1 (2 Bore Pile)



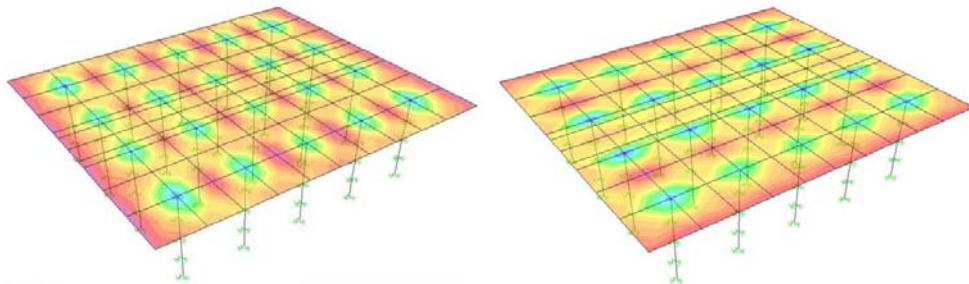
Gambar 4.12. Momen arah 1-1 dan 2-2 pada *Pile Cap* 2 (4 Bore Pile)



Gambar 4.13. Momen arah 1-1 dan 2-2 pada *Pile Cap 3 (6 Bore Pile)*



Gambar 4.14. Momen arah 1-1 dan 2-2 pada *Pile Cap 4 (8 Bore Pile)*



Gambar 4.15. Momen arah 1-1 dan 2-2 pada *Pile Cap 5 (20 Bore Pile)*

Luas tulangan *pile cap* yang dibutuhkan dan tulangan yang terpasang adalah sebagai berikut :

Tabel 4.13. Luas Tulangan yang dibutuhkan pada *Pile Cap*

Tipe Pile Cap	M11 Bawah (mm ²)	M11 Atas (mm ²)	M22 Bawah (mm ²)	M22 Atas (mm ²)
Pile Cap – 1	2344,27	4882,88	1235,96	2209,02
Pile Cap – 2	8394,93	1749,54	8522,73	1908,60
Pile Cap – 3	12119,30	2600,06	11582,30	1915,01
Pile Cap – 4	14582,00	2670,70	14318,70	2312,71
Pile Cap – 5	9479,80	4548,79	10434,40	3130,03

Tabel 4.14. Tulangan yang dipasang pada *Pile Cap*

Tipe Pile Cap	M11 Bawah (mm ²)	M11 Atas (mm ²)	M22 Bawah (mm ²)	M22 Atas (mm ²)
Pile Cap – 1	3D25-100	2D25-100	3D25-100	2D25-100
Pile Cap – 2	3D25-100	2D25-100	3D25-100	2D25-100
Pile Cap – 3	3D25-100	2D25-100	3D25-100	2D25-100
Pile Cap – 4	3D25-100	2D25-100	3D25-100	2D25-100
Pile Cap – 5	3D25-100	2D25-100	3D25-100	2D25-100

- **Perhitungan Tulangan *Bore Pile***

Dari hasil analisis dan desain diperoleh besarnya luas tulangan *bore pile* yang dibutuhkan sebagai berikut :

$$\text{Luas Tulangan Longitudinal} = 7854 \text{ mm}^2$$

$$\text{Diameter Tul. Longitudinal} = D22 \text{ (} A_s = 380,13 \text{ mm}^2 \text{)}$$

$$\text{Jumlah Tul. Longitudinal} = 7854 \text{ mm}^2 / 380,13 \text{ mm}^2 = 20,66 \approx 22$$

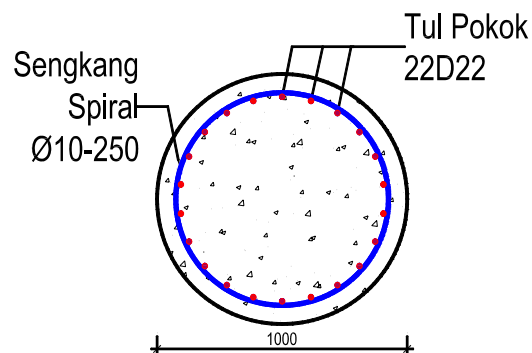
$$\text{Tulangan Longitudinal yang dipasang } \mathbf{22D22} \text{ (} A_s = 8362,92 \text{ mm}^2 \text{)}$$

$$\text{Luas Tulangan Geser} = 0 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$\text{Diameter Tul. Geser} = \varnothing 10 \text{ (} A = 78,5 \text{ mm}^2 \text{)}$$

$$\text{Tul. Geser Dipasang} = \mathbf{\varnothing 10-250} \text{ Tul. spiral praktis (} A_s = 314 \text{ mm}^2 \text{)}$$

Gambar Penulangan *Bore Pile* adalah sebagai berikut :



Gambar 4.16. Penulangan *Bore Pile* (d = 1 m, L = 20 m)

4.4 PERHITUNGAN PELAT LANTAI

Pelat lantai dihitung menggunakan bantuan *software* SAP2000. Hasil dari analisis merupakan momen yang terjadi pada pelat lantai dan digunakan untuk menghitung penulangan pelat lantai.

$$\begin{aligned} A_s S22(+) &= 17,28 \text{ kg/cm}^2 \times (25 \text{ cm} \times 1 \text{ cm}) / (0,8 \times 4000 \text{ kg/cm}^2) \\ &= 0,135 \text{ cm}^2/\text{cm} = 1350 \text{ mm}^2/\text{m} \end{aligned}$$

Dipasang tulangan 2D32-250 ($A_s = 6432 \text{ mm}^2$)

- Tegangan aksial tekan ditahan oleh kuat tekan nominal beton, dan sisanya didukung oleh tulangan.

$$A_s = \frac{(P - (\phi \times f_c)) \times (A_c)}{\phi \times f_y} \text{ dimana } \phi \text{ tekan} = 0,6$$

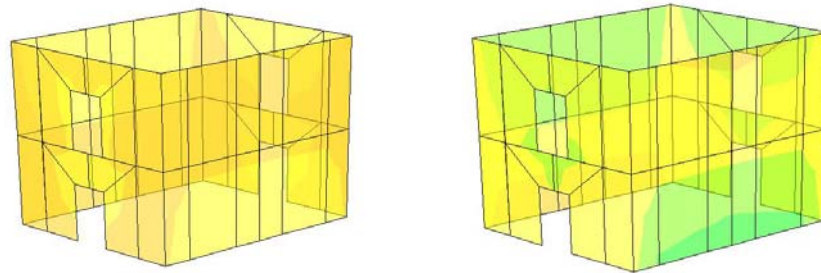
$$A_s S22 (-) = \frac{(370,19 - (0,6 \times 373,5)) \times (25 \times 1)}{0,6 \times 4000} = 1,52 \text{ cm}^2/\text{cm} = 15218 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Dipasang tulangan 2D32-100 ($A_s = 16084 \text{ mm}^2$)

Karena $S11(-) < (0,6 \times 249)$

Beton dianggap masih kuat menahan tegangan tekan arah S11

Maka dipasang tulangan praktis (D13-250)



Gambar 4.18. Tegangan normal arah (S11) dan (S22) pada Dinding Geser

Hasil perhitungan tulangan untuk tebal dinding geser lainnya dapat dilihat pada tabel 4.20 berikut :

Tabel 4.20. Tulangan terpasang pada dinding geser

Tebal mm	As11 mm ² /m	As22 Lap Mm ² /m	As22 Tum mm ² /m	Tul Arah 11 D16	Tul 22 Lap D32	Tul 22 Tum D32
250	2219.53	1350.00	15217.71	D16-125	D32-250	D32-100
200	1723.75	1510.00	10673.33	D16-150	D32-250	D32-150
150	1209.84	2673.75	1088.75	D16-250	D32-250	D32-250

4.8 PERHITUNGAN DINDING BASEMENT

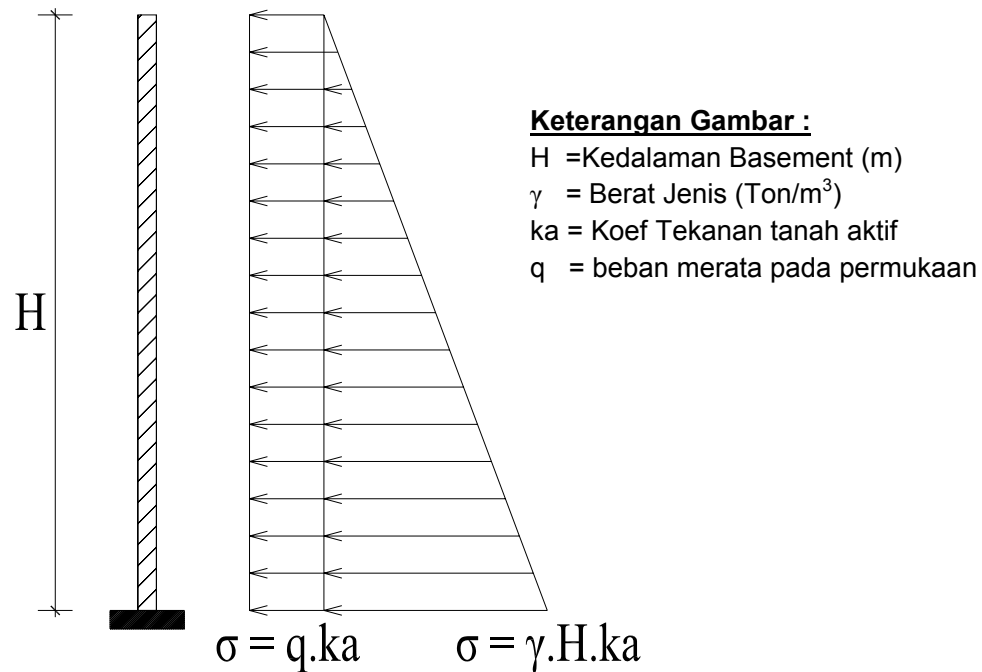
Untuk perhitungan tulangan, dinding basement dimodelkan sebagai dinding dengan beban tekanan tanah + tekanan air dengan bantuan *software* SAP2000. Hasil dari analisis berupa momen yang digunakan untuk menentukan penulangan dinding basement.

4.8.1 Penentuan Tebal Dinding Basement

Berdasarkan “Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Gedung” (SNI 03 -1728-2002 pasal 16.5(3)), *Ketebalan dinding luar ruang bawah tanah dan dinding pondasi tidak boleh kurang daripada 190 mm.* Jadi, tebal dinding basement diambil sebesar $t = 250 \text{ mm}$

4.8.2 Pembebanan pada Dinding Basement

Beban yang bekerja pada dinding basement berupa tekanan tanah + tekanan air. Beban tersebut dapat dilihat pada gambar 4.12.



Gambar 4.19. Diagram Tegangan Tekanan Tanah pada Dinding Basement

- **Perhitungan Tekanan Tanah**

Tekanan tanah aktif yang akan terjadi di belakang dinding basement sebesar $E_d = \frac{1}{2} \times \gamma_n \times H^2 \times K_a$.

Data tanah:

$H = 8,00 \text{ m}$ (kedalaman total lantai basement)

$h_1 = 4,00 \text{ m}$

$\gamma_n = 1,55 \text{ t}/\text{m}^2$

$c = 0,116 \text{ kg}/\text{cm}^2$

$\phi = 12^\circ$

Perhitungan nilai K_a :

$$K_a = \operatorname{tg}^2 (45 - \Phi/2) = \operatorname{tg}^2 (45 - 12/2) = 0,6557$$

Dimana :

K_a = koefisien tekanan tanah aktif

Φ = sudut geser tanah

Pada $Z = 0$ m

$$\sigma_1 = \gamma_1 * H_1 * K_a = 1,55 \times 0 \times 0,6557 = 0 \text{ kg/m}^2$$

Pada $Z = 8$ m

$$\begin{aligned} \sigma_2 &= (\gamma_1 * H_1 * K_a) + (\gamma^{sat} * H_2 * K_a) \\ &= 0 + (0,55 \times 10^3 \times 8 \times 0,6557) = 2885,3 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

- **Perhitungan Tekanan Air**

Tegangan yang disebabkan oleh air pori :

$$\sigma_{air} = \gamma^w * H_2 = 1000 * 4 = 4000 \text{ kg/m}^2$$

- **Perhitungan Tekanan Tanah akibat Beban Merata**

Menurut Peraturan Pembebanan untuk Bangunan, beban untuk lantai parkir diambil sebesar $q = 400 \text{ kg/m}^2$.

Tegangan yang disebabkan oleh beban merata:

$$\sigma = q \times K_a = 400 \times 0,6557 = 262,28 \text{ kg/m}^2$$

4.8.3 Analisis Dinding Basement

Untuk perhitungan dinding basement mempunyai prinsip yang sama dengan penulangan dinding biasa. Momen yang terjadi akibat beban tekanan tanah dihitung dengan memodelkan struktur dinding basement sebagai pelat per meter panjang yang menerima beban segitiga akibat tekanan total (tanah+air).

Pada *software* SAP2000, beban tekanan total (tanah+air) yang berbentuk segitiga tersebut dilimpahkan merata ke pelat yang dijepit di sisi bawah elemen dinding basement. Bagian atas dinding basement juga terjepit, pada kedalaman 0 m dan -4 m dari permukaan tanah karena pada elevasi tersebut dinding terkekang oleh pelat lantai basement dari gedung.

Cara – cara analisis struktur basement dengan *software* SAP2000 yaitu :

- 1) Membuat model struktur basement.

Struktur dinding basement dianggap sebagai elemen shell dengan ketebalan 25 cm. Tumpuan jepit diletakkan di sisi bawah struktur sebagai permodelan dari pondasi rakit. Dimensi dari dinding dimodelkan sedalam 8 m.

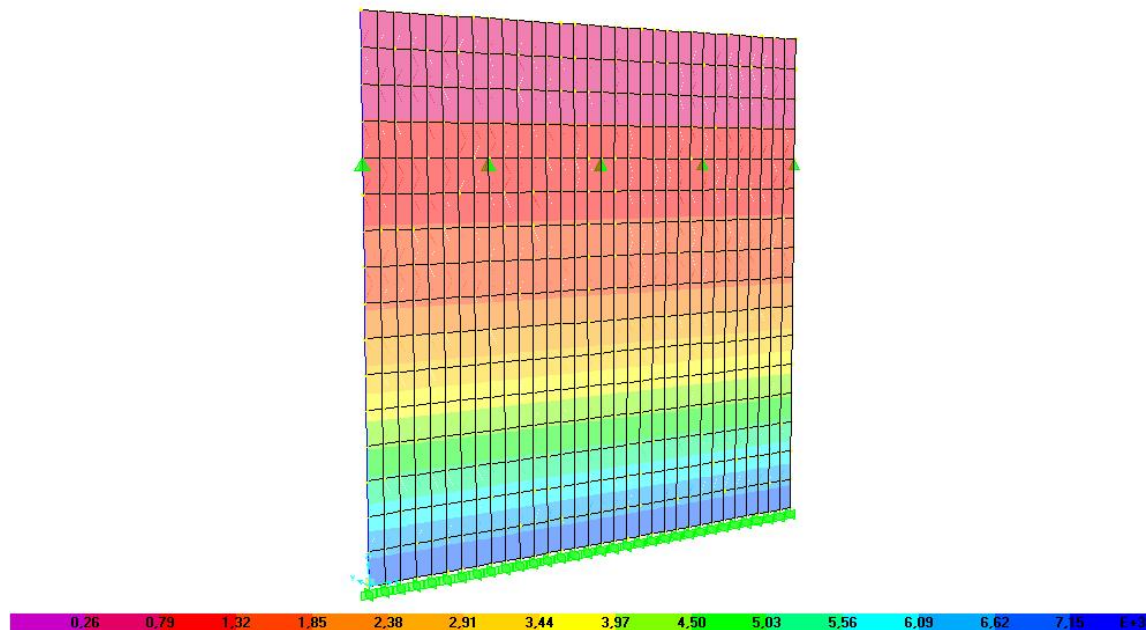
Pada elevasi 0 m dan -4 m dari permukaan tanah asli dinding basement diberi tumpuan sendi pada model SAP2000. Hal ini berfungsi sebagai permodelan pertemuan antara dinding basement dan pelat lantai basement.

2) Memasukkan karakteristik material beton

Struktur dinding basement direncanakan dengan menggunakan material beton bertulang dengan mutu beton $f'c = 24,9$ MPa (K-300) dan mutu tulangan ulir $Fy = 400$ MPa

3) Memasukkan beban ke model struktur dinding basement

Berat sendiri dinding basement akan dihitung otomatis pada SAP2000 sedangkan beban tekanan tanah dan tekanan air di masukkan kedalam model dinding basement sebagai beban luar. Besarnya beban tekanan tanah dan tekanan air dapat dilihat pada gambar berikut :

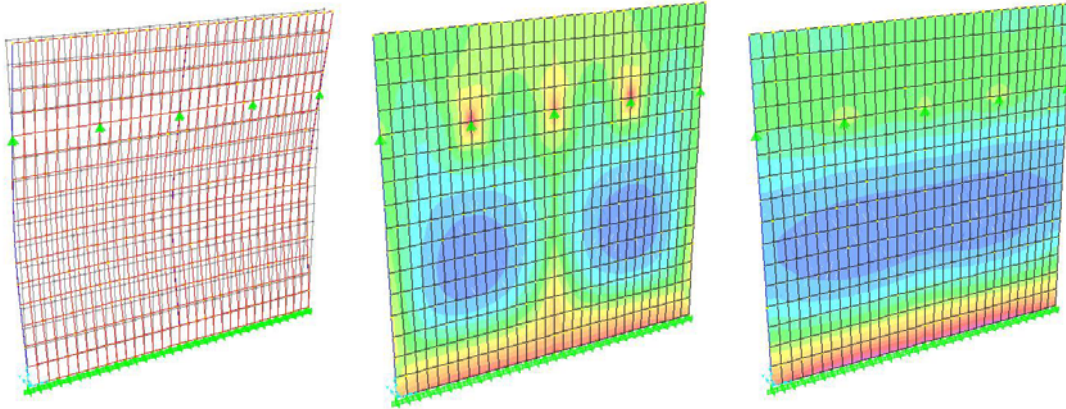


Gambar 4.20 Besar tekanan tanah dan tekanan air pada dinding basement

4) Deformasi dan gaya dalam dinding basement

Dari hasil analisis *software* SAP2000 diperoleh besarnya gaya-gaya dalam dan deformasi struktur sebagai berikut :

- Deformasi Horizontal Terbesar = 3,5 mm
- Moment arah 1-1 maksimum = 1716,71 kg.m
- Moment arah 1-1 minimum = -2851,92 kg.m
- Moment arah 2-2 maksimum = 4537,02 kg.m
- Moment arah 2-2 minimum = 11724,71 kg.m



Gambar 4.21 Deformasi dan Momen arah 1-1 dan 2-2 pada dinding basement

4.8.4 Perhitungan Tulangan Dinding Basement

Perhitungan luas tulangan yang dibutuhkan pada dinding basement menggunakan bantuan dari *software* SAP2000. Dinding basement dimodelkan sebagai balok dengan tebal 25 cm, dan lebar 1 m yang menggunakan tumpuan jepit di salah satu ujungnya. Lalu, momen hasil analisis ditempatkan diujung yang lain sebagai beban terpusat, untuk menciptakan momen sebesar yang direncanakan. Dari pemodelan struktur seperti itu, dapat diperoleh luas tulangan yang dibutuhkan.

- Tulangan Horizontal (arah 1-1)

$$\text{Moment arah 1-1 maksimum} = 1716,71 \text{ kg.m/m}$$

$$\text{Moment arah 1-1 minimum} = -2851,92 \text{ kg.m/m}$$

$$\text{As dibutuhkan untuk M1-1 maks} = 462,74 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Direncanakan tulangan dengan diameter 13 mm.

$$\text{Luas satu tulangan} = A_{s1} = 1/4 \times \pi \times d^2 = 1/4 \times \pi \times 13^2 = 132,73 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan yang dibutuhkan} = 462,74 \text{ mm}^2 / 132,73 \text{ mm}^2 = 4$$

$$\text{Jarak antar tulangan} = 1000/4 = 250 \text{ mm}$$

Sehingga tulangan yang dipakai adalah D13-250 ($A_s = 530,92 \text{ mm}^2$)

$$\text{As dibutuhkan untuk M1-1 min} = 777,90 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Direncanakan tulangan dengan diameter 13 mm.

Luas satu tulangan = $As_1 = 1/4 \times \pi \times d^2 = 1/4 \times \pi \times 13^2 = 132,73 \text{ mm}^2$

Jumlah tulangan yang dibutuhkan = $777,90 \text{ mm}^2 / 132,73 \text{ mm}^2 = 6$

Jarak antar tulangan = $1000/6 = 166.67 \text{ mm}$

Sehingga tulangan yang dipakai adalah D13-150 ($As = 884,87 \text{ mm}^2$)

- Tulangan Vertikal (arah 2-2)

Momen arah 2-2 maksimum = $4537,02 \text{ kg.m/m}$

Momen arah 2-2 minimum = $11724,71 \text{ kg.m/m}$

As dibutuhkan untuk M2-2 maks = $945,4 \text{ mm}^2/\text{m}$

Direncanakan tulangan dengan diameter 13 mm

Luas satu tulangan = $As_1 = 1/4 \times \pi \times d^2 = 1/4 \times \pi \times 13^2 = 132,73 \text{ mm}^2$

Jumlah tulangan yang dibutuhkan = $945,4 \text{ mm}^2 / 132,73 \text{ mm}^2 = 8$

Jarak antar tulangan = $1000/8 = 125 \text{ mm}$

Sehingga tulangan yang dipakai adalah D13-125 ($As = 1061,84 \text{ mm}^2$)

As dibutuhkan untuk M2-2 min = $2682,17 \text{ mm}^2/\text{m}$

Direncanakan tulangan dengan diameter 19 mm.

Luas satu tulangan = $As_1 = 1/4 \times \pi \times d^2 = 1/4 \times \pi \times 19^2 = 283,528 \text{ mm}^2$

Jumlah tulangan yang dibutuhkan = $2682,17 \text{ mm}^2 / 283,528 \text{ mm}^2 = 10$

Jarak antar tulangan = $1000/10 = 100 \text{ mm}$

Sehingga tulangan yang dipakai adalah D19-100 ($As = 2835,28 \text{ mm}^2$)

4.9 PERHITUNGAN RAMP PARKIR

Pelat lantai ramp parkir dihitung menggunakan bantuan dari *software* SAP2000. Hasil dari analisis merupakan momen yang terjadi pada pelat ramp parkir dan digunakan untuk menentukan penulangan pelat ramp parkir.

4.9.1 Penentuan Tebal Pelat Ramp Parkir

Berdasarkan buku "Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Gedung" (SNI03-1728-2002 pasal 16.5(3)), *ketebalan pelat yang biasa digunakan 125-250 mm*. Jadi, tebal pelat ramp parkir diambil sebesar $t = 250 \text{ mm}$.

4.9.2 Pembebanan pada Pelat Ramp

Beban yang bekerja pada pelat ramp berupa beban mati dan beban hidup. Menurut Tata Cara Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah Dan Gedung (SNI 03-1727-1989), beban mati direncanakan sebesar 100 kg/m^2 dan beban hidup sebesar 400 kg/m^2 (Beban lantai gedung parkir). Kombinasi

pembebanan yang dipakai adalah 120% beban mati ditambah 160% beban hidup.

$$W_t = 1.2 DL + 1.6 LL$$

Dimana :

DL = Beban mati (berat sendiri) struktur.

LL = Beban hidup total (beban berguna).

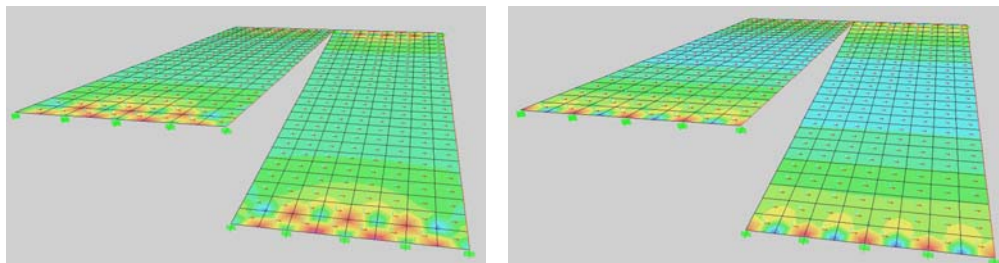
4.9.3 Karakteristik Material Beton

Struktur pelat ramp parkir direncanakan dengan menggunakan material beton bertulang dengan mutu beton $f'_c = 24,9$ MPa (K-300) dan mutu tulangan ulir $F_y = 400$ MPa

4.9.4 Analisis dan Desain Penulangan Pelat Ramp

Dari hasil analisis diperoleh besarnya gaya-gaya dalam dan deformasi struktur sebagai berikut :

- Momen arah 1-1 maksimum = 682,957 kg.m/m
- Momen arah 1-1 minimum = 8824,699 kg.m/m
- Momen arah 2-2 maksimum = 9292,671 kg.m/m
- Momen arah 2-2 minimum = 19102,39 kg.m/m



Gambar 4.22 Momen arah 1-1 dan 2-2 Pada Ramp Parkir

4.9.5 Perhitungan Tulangan Pelat Ramp

Perhitungan luas tulangan yang dibutuhkan menggunakan bantuan dari *software* SAP2000. Pelat ramp dimodelkan sebagai balok dengan tebal 25 cm, dan lebar 1 m yang menggunakan tumpuan jepit di salah satu ujungnya. Lalu, momen hasil analisis ditempatkan di ujung yang lain sebagai beban terpusat, untuk menghasilkan momen sesuai dengan yang direncanakan. Dari pemodelan struktur seperti itu, dapat diperoleh luas tulangan yang dibutuhkan.

- Tulangan Horizontal (arah 1-1)

Moment arah 1-1 maksimum = 682,957 kg.m

Moment arah 1-1 minimum = -8824,699 kg.m

- As dibutuhkan untuk M1-1 maks = 272,3 mm²/m
Direncanakan tulangan dengan diameter 22 mm.
Luas satu tulangan = $As_1 = 1/4 \times \pi \times 22^2 = 380,133 \text{ mm}^2$
Jumlah tulangan dibutuhkan < Luas satu tulangan D22
Sehingga tulangan yang dipakai adalah D22-125
(As = 3041,06 mm²)
- As dibutuhkan untuk M1-1 min = 2809,00 mm²/m
Direncanakan tulangan dengan diameter 22 mm.
Luas satu tulangan = $As_1 = 1/4 \times \pi \times 22^2 = 380,133 \text{ mm}^2$
Jumlah tulangan dibutuhkan = $2809,00 \text{ mm}^2 / 380,133 \text{ mm}^2 = 7,4$
Jarak antar tulangan = $1000 / 7,4 = 135,33 \text{ mm}$
Sehingga tulangan dipakai adalah D22 – 125
(As = 3041,06 mm²)

- Tulangan Vertikal (arah 2-2)

Moment arah 2-2 maksimum = 9292,671 kg.m

Moment arah 2-2 minimum = -19102,39 kg.m

- As dibutuhkan untuk M2-2 maks = 2969,78 mm²/m
Direncanakan tulangan dengan diameter 32 mm.
Luas satu tulangan = $As_1 = 1/4 \times \pi \times 32^2 = 804,25 \text{ mm}^2$
Jumlah tulangan dibutuhkan = $2969,78 \text{ mm}^2 / 804,25 \text{ mm}^2 = 3,69$
Jarak antar tulangan = $1000 / 3,69 = 270 \text{ mm}$
Sehingga tulangan yang dipakai adalah D32-250
(As = 3217 mm²)
- As dibutuhkan untuk M2-2 min = 6734,93 mm²/m
Direncanakan tulangan dengan diameter 32 mm.
Luas satu tulangan = $As_1 = 1/4 \times \pi \times 32^2 = 804,25 \text{ mm}^2$
Jumlah tulangan dibutuhkan = $6734,93 \text{ mm}^2 / 804,25 \text{ mm}^2 = 8,4$
Jarak antar tulangan = $1000 / 8,4 = 119,4 \text{ mm}$
Sehingga tulangan yang dipakai adalah D32-100
(As = 8042,5 mm²)

4.10 PERHITUNGAN TANGGA

Permodelan Tangga dihitung menggunakan bantuan dari *software* SAP2000. Hasil dari analisis merupakan tegangan dan momen yang terjadi pada pelat lantai tangga dan digunakan untuk menentukan penulangan pelat.

4.10.1 Pembebanan pada pelat lantai tangga

Beban yang bekerja pada pelat lantai tangga berupa beban mati dan beban hidup. Menurut Tata Cara Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah Dan Gedung (SNI 03-1727-1989), beban mati direncanakan sebesar 100 kg/m^2 dan beban hidup sebesar 250 kg/m^2 (Beban hidup tangga). Kombinasi pembebanan yang dipakai adalah 120% beban mati ditambah 160% beban hidup.

$$W_t = 1.2 \text{ DL} + 1.6 \text{ LL}$$

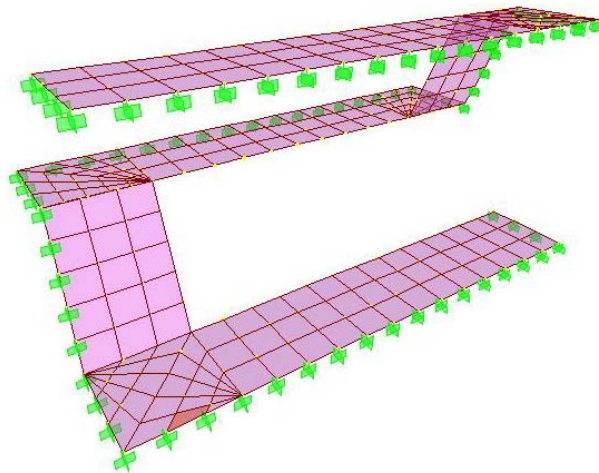
Dimana :

DL = Beban mati (berat sendiri) struktur.

LL = Beban hidup total (beban berguna).

4.10.2 Permodelan Struktur Tangga

Permodelan struktur tangga adalah sebagai berikut :



Gambar 4.23 Permodelan Struktur Tangga

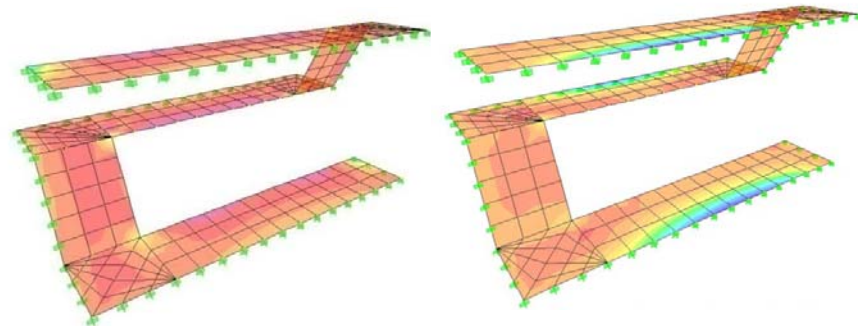
4.10.3 Perhitungan Tulangan Tangga

Perhitungan luas tulangan yang dibutuhkan menggunakan bantuan dari *software* SAP2000. Pelat lantai dimodelkan sebagai balok dengan tebal 25 cm, dan lebar 1 m yang menggunakan tumpuan jepit di salah satu ujungnya. Lalu, gaya – gaya dalam hasil analisis ditempatkan di ujung

yang lain sebagai beban terpusat. Dari pemodelan struktur seperti itu, dapat diperoleh luas tulangan yang dibutuhkan.

Momen diperoleh dari hasil analisis SAP2000, yaitu:

Moment arah 1-1 maksimum	= 1019 kg.m
Moment arah 1-1 minimum	= 239 kg.m
Moment arah 2-2 maksimum	= 879 kg.m
Moment arah 2-2 minimum	= 316 kg.m



Gambar 4.24 Momen arah 1-1 dan 2-2 Pada Tangga

▪ Tulangan Horizontal (arah 1-1)

Moment arah 1-1 maksimum = 1019 kg.m

Moment arah 1-1 minimum = 239 kg.m

➤ As dibutuhkan untuk M1-1 maks = $676,16 \text{ mm}^2/\text{m}$

Direncanakan tulangan dengan diameter 10 mm.

Luas satu tulangan = $As_1 = 1/4 \times \pi \times 10^2 = 78,54 \text{ mm}^2$

Jumlah tulangan dibutuhkan = $676,16 \text{ mm}^2 / 78,54 \text{ mm}^2 = 8,6$

Jarak antar tulangan = $1000 / 8,6 = 116,16 \text{ mm}$

Sehingga tulangan yang dipakai adalah $\emptyset 10 - 100$

(As = $785,4 \text{ mm}^2$)

➤ As dibutuhkan untuk M1-1 min = $204,11 \text{ mm}^2/\text{m}$

Direncanakan tulangan dengan diameter 10 mm.

Luas satu tulangan = $As_1 = 1/4 \times \pi \times 10^2 = 78,54 \text{ mm}^2$

Jumlah tulangan dibutuhkan = $204,11 \text{ mm}^2 / 78,54 \text{ mm}^2 = 2,6$

Jarak antar tulangan = $1000 / 2,6 = 384,62 \text{ mm}$

Sehingga tulangan yang dipakai adalah $\emptyset 10 - 250$

(As = $314,16 \text{ mm}^2$)

- Tulangan Vertikal (arah 2-2)

Moment arah 2-2 maksimum = 879 kg.m

Moment arah 2-2 minimum = 316 kg.m

- As dibutuhkan untuk M2-2 maks = 673,78 mm²/m
 Direncanakan tulangan dengan diameter 10 mm.
 Luas satu tulangan = $A_{s1} = 1/4 \times \pi \times 10^2 = 78,54 \text{ mm}^2$
 Jumlah tulangan yang dibutuhkan = $879 \text{ mm}^2 / 78,54 \text{ mm}^2 = 11,19$
 Jarak antar tulangan = $1000 / 11,19 = 89,96 \text{ mm}$
 Sehingga tulangan yang dipakai adalah Ø10 - 100
 (As = 785,4 mm²)
- As dibutuhkan untuk M2-2 min = 270,76 mm²/m
 Direncanakan tulangan dengan diameter 10 mm.
 Luas satu tulangan = $A_{s1} = 1/4 \times \pi \times 10^2 = 78,54 \text{ mm}^2$
 Jumlah tulangan dibutuhkan = $270,76 \text{ mm}^2 / 78,54 \text{ mm}^2 = 3,4$
 Jarak antar tulangan = $1000 / 3,4 = 290 \text{ mm}$
 Sehingga tulangan yang dipakai adalah Ø10 - 250
 (As = 314,16 mm²)

4.11 PERHITUNGAN DROP PANEL

Drop panel memiliki fungsi utama untuk mengurangi tegangan geser di sekitar kolom. Setelah dilakukan pengujian terhadap tegangan geser pons pada pelat di sekitar kolom, ternyata hasilnya melebihi syarat tegangan geser pons. Agar struktur tidak mengalami retak akibat geser pons, maka dipasang drop panel setebal 1 m.

4.11.1 Perhitungan Tulangan Drop Panel

Tulangan minimum pada drop panel dihitung menggunakan rumus:

$$A_{sb} = \frac{0.5w \times l_2 \times l_n}{0.87 \times f_y}$$

w = beban yang bekerja pada drop panel

$$= 1,2 \times 100 + 1,6 \times 250 = 520 \text{ kg/m}^2$$

$$A_{sb} = \frac{0.5 \times 520 \times 1,5 \times 1,5}{0.87 \times 4000} = 0,1817 \text{ cm}^2 / \text{cm}$$

Tulangan yang digunakan = diameter 1,6 cm (As = 2,1 cm²)

Luas tulangan = 0,1817 cm²/cm x 100 cm/m = 18,17 cm²/m

Jumlah tulangan minimum yang dipasang = $18,17 / 2,1 = 8,65$

Gaya dalam pada drop panel diperoleh dari SAP2000 :

M11 (minimum) = -57,7 ton.m/m

M22 (minimum) = -95,88 ton.m/m

- As dibutuhkan untuk M1-1 minimum = 2050 mm²/m
 Direncanakan tulangan dengan diameter 16 mm.
 Luas satu tulangan = $As_1 = 1/4 \times \pi \times 16^2 = 200,96 \text{ mm}^2$
 Jumlah tul yang dibutuhkan = $2050 \text{ mm}^2 / 200,96 \text{ mm}^2 = 10,2$
 Jarak antar tulangan = $1000 / 10,2 = 98 \text{ mm}$
 Tulangan yang dipakai adalah 2D16–100 ($As = 4102 \text{ mm}^2$)
- As dibutuhkan untuk M2-2 minimum = 3419 mm²/m
 Direncanakan tulangan dengan diameter 16 mm.
 Luas satu tulangan = $As_1 = 1/4 \times \pi \times 16^2 = 200,96 \text{ mm}^2$
 Jumlah tulangan yang dibutuhkan = $3419 \text{ mm}^2 / 200,96 \text{ mm}^2 = 17$
 Jarak antar tulangan = $1000 / 17 = 58 \text{ mm}$
 Sehingga tulangan yang dipakai adalah 2D16 - 100
 ($As = 4102 \text{ mm}^2$)

4.11.2 Perhitungan Kapasitas Drop Panel

Kapasitas drop panel dihitung menggunakan rumus untuk menghitung kapasitas balok. Drop panel diubah menjadi balok ekuivalen dengan lebar 3 m dan tinggi 1 m, menggunakan perhitungan jalur kolom. Perhitungan ini dilakukan untuk memastikan konsep *strong column weak beam*, dimana kapasitas dari balok, atau dalam hal ini merupakan kapasitas dari drop panel, harus lebih kecil dari kapasitas kolom.

$$d = 1000 - 50 - (2 \times 16) = 918 \text{ mm}$$

$$d' = 82 \text{ mm}$$

$$As = (1/4 \times \pi \times d^2) \times 60 = (1/4 \times \pi \times 16^2) \times 60 = 12057,6 \text{ mm}^2$$

$$As' = (1/4 \times \pi \times d^2) \times 30 = (1/4 \times \pi \times 16^2) \times 30 = 6028,8 \text{ mm}^2$$

$$\rho = \frac{As}{b \times d} = \frac{120,576}{300 \times 91,8} = 0,0004$$

$$\rho' = \frac{As'}{b \times d} = \frac{60,288}{300 \times 91,8} = 0,0002$$

ρ_{\max} untuk tulangan single

$$\rho_{\max} = 0,75 \frac{0,85 \times 24,9}{400} \times \frac{600}{600 + 400} = 0,0265$$

Tulangan Tarik

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= \rho_{\max} \text{ tulangan single} + \rho' \\ &= 0,0265 + 0,0002 \\ &= 0,0267\end{aligned}$$

ρ_{\min} agar tulangan tekan mencapai batas.

$$\rho_{\min} = 0,75 \frac{0,85 \times 24,9}{400} \times \frac{600}{600 + 400} \times \frac{82}{918} = 0,0028$$

Untuk menghitung momen kapasitas, perhitungan momen dibagi menjadi:

$$M_1 = A_s' \times f_y \times (d - d') = 60,288 \times 4000 \times (91,8 - 8,2) = 20160307,2 \text{ kgcm}$$

$$M_1 = 201,6 \text{ ton.m}$$

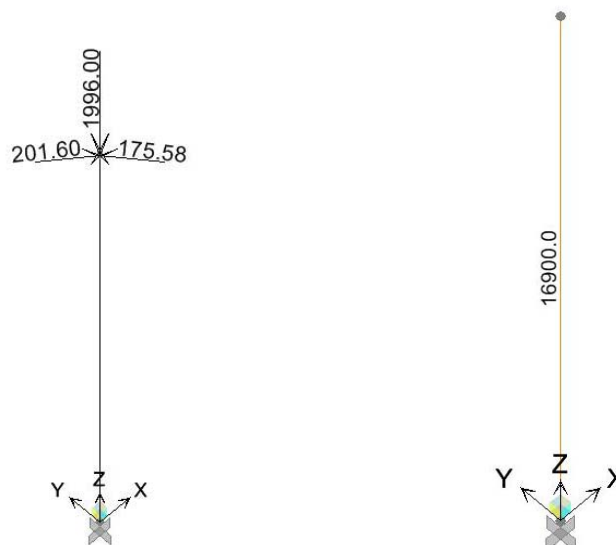
$$a = \frac{[(A_s - A_s') \times f_y]}{0,85 \times f'c \times b} = \frac{(120,576 - 60,288) \times 4000}{0,85 \times 249 \times 300} = 3,798 \text{ cm}$$

$$M_2 = (A_s - A_s') \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right) = 60,288 \times 4000 \times \left(91,8 - \frac{3,798}{2}\right) = 17558277,12 \text{ kgcm}$$

$$M_2 = 175,582 \text{ ton.m}$$

$$M_{\text{total}} = M_1 + M_2 = 201,6 + 175,6 = 377,2 \text{ ton.m}$$

Momen diatas dimasukkan kedalam permodelan kolom berdimensi 130 cm x 130 cm dengan beban sebagai berikut :



(Satuan Beban = Ton.m)

(Satuan luas tulangan = mm²)

Gambar 4.25 Permodelan perhitungan diagram interaksi Kolom

Dari hasil analisis berdasarkan beban dan momen kapasitas drop panel diperoleh luas tulangan kolom sebesar 16900 mm² (1% luas penampang kolom), maka dapat disimpulkan bahwa kolom memiliki kapasitas yang lebih besar dari kapasitas drop panel, sesuai dengan prinsip *strong column weak beam*.

4.12 PERHITUNGAN GESER PONS

4.12.1 Perhitungan Geser Pons pada Drop Panel

Contoh perhitungan geser pons untuk drop panel setebal 1 m. Besarnya gaya geser pons tidak boleh melebihi dari ketiga nilai berikut :

$$1. V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta c}\right) \frac{\sqrt{f'c} \times b_o \times d}{6} = \left(1 + \frac{2}{1000/1000}\right) \frac{\sqrt{24,9} \times (4 \times 1250) \times 918}{6} = 2357,8 \text{ Ton}$$

$$2. V_c = \left(\frac{\alpha s \times d}{b_o} + 2\right) \frac{\sqrt{f'c} \times b_o \times d}{12} = \left(\frac{40 \times 918}{4 \times 1250} + 2\right) \frac{\sqrt{24,9} \times (4 \times 1250) \times 918}{12} = 2091 \text{ Ton}$$

$$3. V_c = \frac{1}{3} \sqrt{f'c} b_o \times d = \frac{\sqrt{24,9} \times (4 \times 1250) \times 918}{3} = 2100,18 \text{ Ton}$$

Keterangan Gambar :

H = ketebalan drop panel

D = Tinggi Efektif

Bo = Keliling Geser Efektif

P = Gaya tekan pada kolom

Gambar 4.26 Perhitungan Geser Pons

Gaya geser pons yang terjadi adalah :

$$V_u = 1769 \text{ Ton} > 2091 \text{ Ton (Aman)}$$

Hasil perhitungan geser pons untuk drop panel lainnya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.21 Perhitungan Geser Pons pada Drop Panel

Kolom	Bo	d	Vc Izin	Vc Terjadi	Tebal	Keterangan
(mm ²)	(mm)	(mm)	(Ton)	(Ton)	(mm)	
1300x1300	9200	939	2539	1996	1000	Aman
1200x1200	8800	939	2154	1996	1000	Aman
1100x1100	8400	939	2123	1851	1000	Aman
1000x1000	8000	939	2091	1769	1000	Aman
900x900	7200	839	1673	1447	1000	Aman
800x800	6200	689	1145	1143	750	Aman
700x700	5600	639	977	859	750	Aman
600x600	5200	639	956	859	750	Aman
500x500	3200	439	437	342	500	Aman

4.12.2 Perhitungan Geser Pons pada *Pile Cap*

Perhitungan geser pons pada pile cap dihitung sebagai berikut :

$$V_c \text{ Terjadi} = 4698,93 \text{ ton}$$

Vc Izin diambil dari nilai terkecil berdasarkan persamaan di bawah ini :

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta c}\right) \frac{\sqrt{f'c} \times b_o \times d}{6} = \left(1 + \frac{2}{1300/1300}\right) \frac{\sqrt{33,2} \times (4 \times 3300) \times 1880}{6} = 68451 \text{ Ton}$$

$$V_c = \left(\frac{\alpha s \times d}{b_o} + 2\right) \frac{\sqrt{f'c} \times b_o \times d}{12} = \left(\frac{40 \times 1880}{4 \times 3300} + 2\right) \frac{\sqrt{33,2} \times (4 \times 3300) \times 1880}{12} = 91000 \text{ Ton}$$

$$V_c = \frac{1}{3} \sqrt{f'c} b_o \times d = \frac{\sqrt{33,2} \times (4 \times 3300) \times 1880}{3} = 47662 \text{ Ton}$$

$$V_c \text{ terjadi} = 4698,93 \text{ Ton} < V_c \text{ Izin} = 47662 \text{ Ton (Aman)}$$

4.13 PERHITUNGAN PELAT BASEMENT

Pelat basement dihitung menggunakan bantuan *software* SAP2000. Hasil dari analisis merupakan momen yang terjadi pada pelat basement dan digunakan untuk menghitung penulangan pelat basement.

4.13.1 Penentuan Tebal Pelat Basement

Tebal pelat basement diambil sebesar 1 m.

4.13.2 Pembebanan pada pelat basement

Beban yang bekerja pada pelat basement berupa beban mati dan beban hidup. Menurut Tata Cara Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah Dan Gedung (SNI 03-1727-1989), beban mati direncanakan sebesar 100 kg/m^2 dan beban hidup sebesar 250 kg/m^2 (untuk lantai perkantoran) dan 400 kg/m^2 (untuk lantai parkir). Kombinasi pembebanan yang dipakai adalah 120% beban mati ditambah 160% beban hidup.

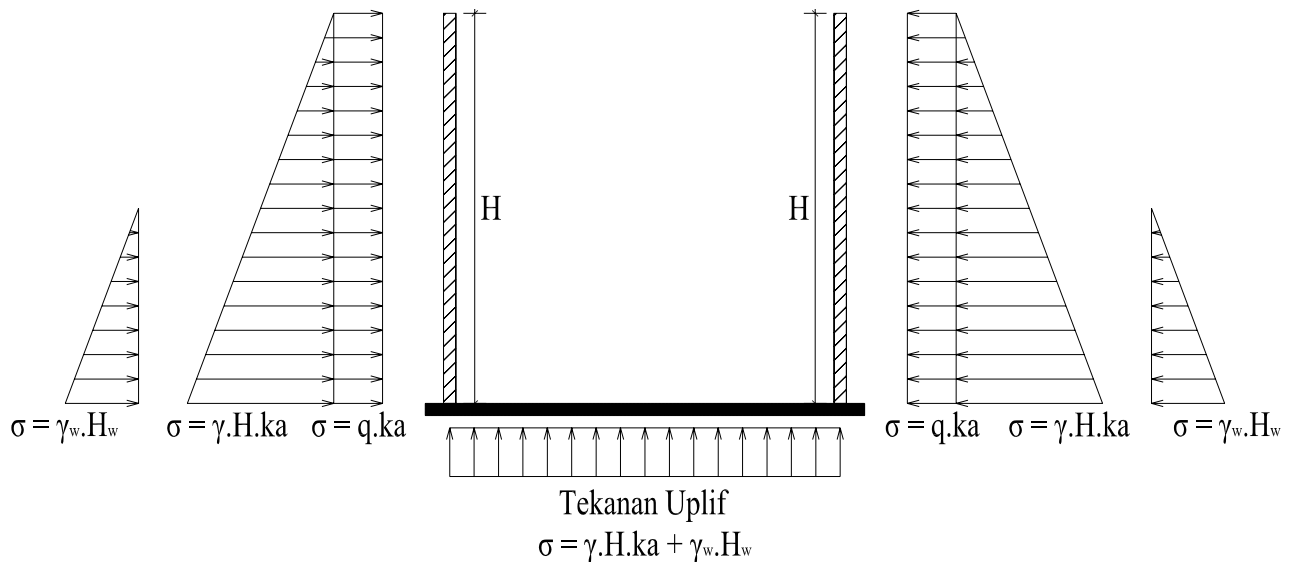
$$W_t = 1.2 \text{ DL} + 1.6 \text{ LL}$$

Dimana : DL = Beban mati (berat sendiri) struktur.

LL = Beban hidup total (beban berguna).

Selain itu, dimasukkan beban akibat tekanan air tanah. Tekanan akibat air tanah dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\sigma = \gamma \times h = 1 \text{ ton/m}^3 \times 4 \text{ m} = 4 \text{ ton/m}^2$$



Keterangan Gambar :

H = Kedalaman Tanah Basement (m)

γ = Berat Jenis Tanah (Ton/m^3)

ka = Koef Tekanan tanah aktif

q = beban merata pada permukaan

γ_w = Berat Jenis Air (Ton/m^3)

H_w = Kedalaman Tanah Basement (m)

Gambar 4.27 Permodelan diagram tegangan tanah pada plat basement