

BAB IV

ANALISA KOMPARATIF

4.1 Umum

Besar distribusi tekanan tanah lateral pada dinding penahan tanah menurut teori Rankine dan Coulomb dibedakan oleh nilai koefisien tekanan tanah aktif dan pasif. Perbedaan nilai koefisien ini disebabkan oleh asumsi teori yang berbeda. Untuk melihat perbedaan asumsi kedua teori dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.1 Perbedaan Teori Rankine dan Coulomb

Parameter	Coulomb	Rankine
-Jenis Tanah	Isotropis dan Homogen	Isotropis dan Homogen
-Perukaan Runtuh	Rata	Rata
-Gesekan antara dinding dan tanah	Ada	Tidak ada
-Deformasi Horizontal	Ada	Ada

Perbedaan dari kedua teori ini ada pada sudut gesek antara dinding dan tanah. Perbedaan ini menyebabkan nilai tekanan lateral tanah berbeda, karena berbedanya koefisien tekanan tanah. Mengenai perbedaan koefisien tekanan tanah dari kedua teori dapat dilihat pada tabel berikut.

4.2 Nilai Koefisien Tekanan Tanah Aktif dan Pasif Menurut Teori Coulomb

Nilai koefisien tekanan tanah menurut Coulomb didapat dari rumus berikut,

$$K_a = \frac{\sin^2(\alpha + \phi)}{\sin^2 \alpha \cdot \sin(\alpha - \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \beta)}{\sin(\alpha - \delta) \cdot \sin(\alpha + \beta)}} \right]^2}$$

untuk nilai koefisien tekanan tanah aktif dan dari rumus

$$K_p = \frac{\sin^2(\alpha - \phi)}{\sin^2 \alpha \cdot \sin(\alpha + \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi + \beta)}{\sin(\alpha + \delta) \cdot \sin(\alpha + \beta)}} \right]^2}$$

didapat nilai koefisien tekanan tanah pasif. Dibawah ini diberikan nilai koefisien tekanan tanah menurut Coulomb.

Tabel 4.2 Nilai Koefisien Tekanan Tanah Aktif Coulomb

		$\alpha=90^\circ$				$\beta=0^\circ$		
δ	ϕ	10	15	20	25	30	35	40
0		0,704	0,588	0,490	0,405	0,333	0,270	0,217
5		0,662	0,555	0,464	0,386	0,318	0,260	0,209
10		0,634	0,632	0,446	0,372	0,308	0,252	0,204
15		0,617	0,517	0,434	0,363	0,301	0,247	0,201
20		0,606	0,508	0,426	0,357	0,297	0,245	0,119
25		0,603	0,504	0,423	0,355	0,295	0,244	0,199
30		0,606	0,505	0,424	0,336	0,297	0,245	0,201
		$\alpha=90^\circ$				$\beta=10^\circ$		
0		0,969	0,703	0,569	0,462	0,373	0,299	0,237
5		0,937	0,679	0,546	0,443	0,359	0,289	0,230
10		0,984	0,663	0,531	0,430	0,349	0,281	0,224
15		1,004	0,666	0,521	0,422	0,343	0,277	0,221
20		1,032	0,653	0,517	0,418	0,340	0,274	0,220
25		1,070	0,658	0,518	0,418	0,339	0,275	0,220
30		1,119	0,669	0,524	0,422	0,343	0,277	0,223
		$\alpha=90^\circ$				$\beta=20^\circ$		
0	-	-	-	0,833	0,572	0,441	0,343	0,266
5	-	-	-	0,886	0,557	0,428	0,333	0,258
10	-	-	-	0,896	0,549	0,419	0,326	0,253
15	-	-	-	0,914	0,545	0,415	0,322	0,251
20	-	-	-	0,939	0,546	0,414	0,321	0,250

25	-	-	0,974	0,553	0,417	0,323	0,251
30	-	-	0,019	0,564	0,423	0,328	0,255

	$\alpha=90^\circ$			$\beta=30^\circ$			
0	-	-	-	-	0,750	0,436	0,318
5	-	-	-	-	0,753	0,428	0,311
10	-	-	-	-	0,762	0,423	0,306
15	-	-	-	-	0,776	0,422	0,305
20	-	-	-	-	0,798	0,425	0,305
25	-	-	-	-	0,828	0,431	0,309
30	-	-	-	-	0,866	0,442	0,315

	$\alpha=80^\circ$			$\beta=0^\circ$			
0	0,757	0,652	0,559	0,478	0,407	0,343	0,287
5	0,720	0,622	0,536	0,460	0,393	0,333	0,280
10	0,699	0,603	0,521	0,448	0,384	0,326	0,275
15	0,687	0,592	0,511	0,441	0,378	0,323	0,273
20	0,684	0,588	0,508	0,438	0,377	0,322	0,273
25	0,689	0,591	0,509	0,440	0,379	0,325	0,276
30	0,702	0,599	0,517	0,446	0,385	0,330	0,281

	$\alpha=80^\circ$			$\beta=10^\circ$			
0	1,046	0,784	0,654	0,549	0,461	0,384	0,318
5	1,067	0,766	0,636	0,533	0,448	0,374	0,311
10	1,097	0,758	0,625	0,524	0,440	0,368	0,307
15	1,138	0,759	0,622	0,520	0,437	0,366	0,305
20	1,191	0,768	0,625	0,521	0,438	0,367	0,306
25	1,259	0,785	0,634	0,527	0,443	0,371	0,311
30	1,346	0,811	0,650	0,539	0,452	0,379	0,317

	$\alpha=80^\circ$			$\beta=20^\circ$			
0	-	-	1,015	0,684	0,545	0,444	0,360
5	-	-	1,035	0,676	0,538	0,436	0,354
10	-	-	1,064	0,674	0,534	0,432	0,351
15	-	-	1,103	0,679	0,535	0,432	0,350
20	-	-	1,155	0,690	0,540	0,436	0,354
25	-	-	1,221	0,708	0,551	0,443	0,360
30	-	-	1,305	0,734	0,568	0,456	0,370

	$\alpha=80^\circ$			$\beta=30^\circ$			
0	-	-	-	-	0,925	0,566	0,433
5	-	-	-	-	0,943	0,563	0,428
10	-	-	-	-	0,968	0,564	0,427

15	-	-	-	-	1.005	0.570	0.430
20	-	-	-	-	1.051	0.582	0.437
25	-	-	-	-	1.111	0.600	0.447
30	-	-	-	-	1.188	0.624	0.463

Tabel 4.2 Nilai Koefisien Tekanan Tanah Pasif Coulomb

		$\alpha = 90^\circ$				$\beta = 0^\circ$		
$\delta \backslash \phi$		10	15	20	25	30	35	40
0		1.420	1.698	2.040	2.464	3.000	3.690	4.599
5		1.569	1.901	2.313	2.833	3.505	4.391	5.593
10		1.730	2.131	2.635	3.285	4.143	5.309	6.946
15		1.914	2.403	3.029	3.855	4.976	6.555	8.872
20		2.130	2.735	3.525	4.596	6.105	8.324	11.771
25		2.392	3.151	4.170	5.599	7.704	10.980	16.473
30		2.726	3.691	5.036	7.013	10.095	15.273	24.932

		$\alpha = 80^\circ$				$\beta = 0^\circ$		
$\delta \backslash \phi$		10	15	20	25	30	35	40
0		1.362	1.582	1.843	2.156	2.535	3.002	3.586
5		1.479	1.737	2.045	2.418	2.879	3.456	4.194
10		1.599	1.905	2.273	2.725	3.292	4.017	4.996
15		1.732	2.096	2.534	3.094	3.802	4.730	5.981
20		1.882	2.321	2.861	3.549	4.450	5.666	7.363
25		2.060	2.590	3.257	4.127	5.298	6.937	9.329
30		2.274	2.923	3.759	4.881	6.449	8.742	12.286

4.3 Nilai Koefisien Tekanan Tanah Aktif dan Pasif Menurut Rankine.

Nilai Koefisien tekanan tanah aktif didapat dari rumus,

$$K_a = \cos\beta \frac{\cos\beta - \sqrt{(\cos^2\beta - \cos^2\phi)}}{\cos\beta + \sqrt{(\cos^2\beta - \cos^2\phi)}}$$

dan nilai koefisien tekanan tanah pasif didapat dari rumus

$$K_p = \cos\beta \frac{\cos\beta + \sqrt{(\cos^2\beta - \cos^2\phi)}}{\cos\beta - \sqrt{(\cos^2\beta - \cos^2\phi)}}$$

Untuk mengetahui nilainya dapat dilihat dari tabel berikut.

Tabel 4.3 Nilai Koefisien Tekanan Tanah Aktif Rankine

ϕ \ β	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
0	1,0000	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	0,8397	0,9962	-	-	-	-	-	-	-	-
10	0,7041	0,7350	0,9848	-	-	-	-	-	-	-
15	0,5887	0,6046	0,6636	0,9659	-	-	-	-	-	-
20	0,4903	0,4996	0,5312	0,6028	0,9396	-	-	-	-	-
25	0,4059	0,4117	0,4309	0,4695	0,5649	0,9063	-	-	-	-
30	0,3333	0,3372	0,3495	0,3729	0,4142	0,4936	0,8660	-	-	-
35	0,2709	0,2736	0,2817	0,2968	0,3216	0,3631	0,4416	0,8191	-	-
40	0,2174	0,2192	0,2247	0,2346	0,2504	0,2750	0,3150	0,3906	0,4766	-
45	0,1715	0,1728	0,1765	0,1831	0,1934	0,2087	0,2321	0,2695	0,3404	0,7071

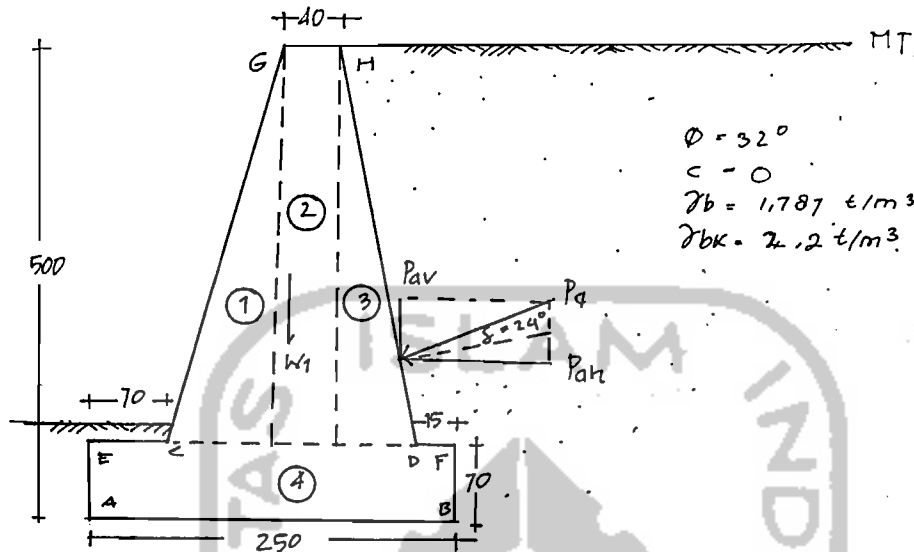
Tabel 4.4 Nilai Koefisien Tekanan Tanah Pasif Rankine

ϕ \ β	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
0	1,0000	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	1,1910	0,9962	-	-	-	-	-	-	-	-
10	1,4203	1,3490	0,9848	-	-	-	-	-	-	-
15	1,6984	1,6415	1,4615	0,9659	-	-	-	-	-	-
20	2,0396	1,9864	1,8257	1,5478	0,9397	-	-	-	-	-
25	2,4639	2,4103	2,2506	1,9874	1,6145	0,9063	-	-	-	-
30	3,0000	2,9431	2,7748	2,5017	2,1320	1,6641	0,8660	-	-	-
35	3,6902	3,6274	3,4422	3,1436	2,7454	2,2620	1,6982	0,8192	-	-
40	4,5989	4,5272	4,3161	3,9766	3,5262	2,9867	2,3802	1,7177	0,7660	-
45	5,8284	5,7440	5,4948	5,0948	4,5653	3,9341	3,2321	2,4894	1,7237	0,7071

4.4 Aplikasi Teori Coulomb.

Aplikasi teori ini dibagi menjadi dua yaitu pada tanah non kohesif dan tanah kohesif berlapis. Data tanah diambil dari laboratorium Mekanika Tanah Universitas Islam Indonesia.

4.4.1 Aplikasi Teori Coulomb Pada Tanah Non Kohesif.



Data:

ϕ°	$c \text{ (t/m}^2\text{)}$	$\tau_{tnh} \text{ (t/m}^3\text{)}$	$\tau_{bk} \text{ (t/m}^3\text{)}$	δ°	$\phi' = \phi$
32	0	1,787	2,20	24	0,6248

-Langkah 1:

Mencari nilai koefisien tekanan tanah aktif, dari hasil interpolasi pada tabel 4.1 didapat

$$K_a = 0,3558$$

$$\begin{aligned}
 P_{ah} &= 0,5 \cdot H^2 \cdot K_a \cdot \tau_{tnh} \cdot \cos 34^\circ \\
 &= 0,5 \cdot 5^2 \cdot 0,3558 \cdot 1,787 \cdot \cos 34^\circ \\
 &= 6,588 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{av} &= 0,5 \cdot H^2 \cdot K_a \cdot \tau_{tnh} \cdot \sin 34^\circ \\
 &= 0,5 \cdot 5^2 \cdot 0,3558 \cdot 1,787 \cdot \sin 34^\circ \\
 &= 4,444 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

-Langkah 2:

Cek stabilitas dinding.

a) Cek geser pada dasar dinding :

Dari rumus (2-1) didapat,

$$FS = \frac{V \cdot \tan \phi' + P_{ph} + c' \cdot B}{P_{ah}} \geq 1,5$$

$$P_{ph} = 0, \quad c' = 0, \quad B = 2,5 \text{ m}$$

$$V = W_1 + P_v \text{ Coulomb}$$

$$= (6,05 \cdot 2,2) + 4,444$$

$$= 17,754 \text{ ton}$$

$$\tan \phi' = \tan(32^\circ) = 0,6248$$

$$FS = \frac{17,754 \times 0,6248}{6,588} = 1,6870 > 1,5 \quad (\text{Konstruksi aman})$$

b) Cek guling :

Dari rumus (2-2) didapat,

$$FS = \frac{\text{Jumlah momen yang menahan}}{\text{Jumlah momen guling}} \geq 1,5$$

$$\Sigma M_{penahan} = \Sigma M_{bangunan} + \Sigma M_{gaya \text{ vertikal ke bawah}}$$

$$\text{Luas bangunan dinding} = A_1 + A_2 + A_3 + A_4$$

$$= (0,5 \cdot 0,45 \cdot 4,3) + (0,4 \cdot 4,3) \\ + (0,5 \cdot 0,75 \cdot 4,3) + (0,7 \cdot 2,5)$$

$$= 6,05 \text{ m}^2$$

Mencari titik berat bangunan dari AE:

$$x = \frac{0,9675 \cdot 1 + 1,72 \cdot 1,35 + 1,6125 \cdot 1,8 + 1,75 \cdot 1,25}{6,05}$$

$$= 1,385 \text{ m} \quad (\text{dari AE})$$

Jarak Pv Coulomb dari AE = 2,1795m

$$\begin{aligned}\Sigma \text{Penahan} &= (6,05 \cdot 2,2) \cdot 1,385 + (4,444 \cdot 2,1795) \\ &= 28,1200 \text{ tm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma \text{Maktif} &= \text{Pah} \cdot 1/3 H \\ &= 6,588 \cdot 1,667 = 10,932 \text{ tm}\end{aligned}$$

$$FS = \frac{28,1200}{10,932} = 2,5723 > 1,5 \quad (\text{konstruksi aman})$$

c) *Cek geser pada badan :*

$$FS = \frac{V \operatorname{tg} \phi}{\text{Pah}} > 1,5$$

Luas yang diperhitungkan hanya pada CDGH,

$$A = 4,4075 \text{ m}^2, \text{ berat } V = 4,4075 \cdot 2,2 = 9,6965 \text{ ton}$$

$$\operatorname{tg} \phi = 1, \text{ Pah} = 6,588 \text{ ton}$$

$$FS = \frac{9,6965}{6,588} = 1,47 \approx 1,5 \quad (\text{konstruksi aman})$$

d) *Cek desak badan :*

Luas yang diperhitungkan hanya pada CDGH,

mencari titik berat bagian CDGH:

$$\begin{aligned}x &= \frac{(0,5 \cdot 0,45 \cdot 4,3 \cdot 0,3) + (0,4 \cdot 4,3 \cdot 0,65) + (0,5 \cdot 0,75 \cdot 4,3 \cdot 1)}{4,4075} \\ &= 0,740 \text{ m}\end{aligned}$$

kemudian dicari eksentrisitas (e) :

$$\begin{aligned}e &= 0,5 \cdot B' - x \\ &= 0,5 \cdot 1,65 - 0,740 \\ &= 0,085 \text{ m}\end{aligned}$$

Setelah (e) didapat lalu kuat desaknya dapat dihitung :

$$q_{1,2} = V/B' \cdot (1 \pm 6e/B')$$

$$q_1 = \frac{4,4.2,2}{1,65} \left(1 + \frac{6.0,085}{1,65}\right)$$

$$= 7,6931 < 10 \quad (\text{konstruksi aman})$$

$$q_2 = \frac{4,4.2,2}{1,65} \left(1 - \frac{6.0,085}{1,65}\right)$$

$$= 4.0602 < 10 \quad (\text{konstruksi aman})$$

e) Chek Tegangan Ijin Tanah

$$\sigma_{ult} = c.Nc + \tau.Df.Nq + 0,5.\tau.B.Nr$$

Dengan cara interpolasi dari tabel koefisien daya dukung tanah Terzaghi $\phi = 32^\circ$ didapat (pada lampiran)

$$Nq = 30,06$$

$$Nr = 29,6$$

Nc bisa dihitung dengan rumus:

$$Nc = c.tg\phi.(a^2/(2.\cos^2(45+\phi/2))-1)$$

$$a = c(3/4.\pi-\phi/2).tg\phi$$

dimana :

c = Kohesi tanah (t/m^2)

ϕ = Sudut gesek dalam tanah

Dalam kasus ini $Nc = 0$

$$\sigma_{ult} = 0.Nc + 1,787.4,3.30,06 + 0,5.1,787.2,5.29,6$$

$$= 297,1030 \text{ t/m}^2$$

$$q_{ijin} = \frac{297,1030}{3}$$

$$q_{ijin} = 99,0340 \text{ t/m}^2$$

Langkah selanjutnya mencari titik berat akibat berat bangunan dan gaya vertikal Coulomb terhadap AE:

$$x = \frac{(13,31 \cdot 2,22 \cdot 1,385) + (4,444 \times 2,1795)}{(13,31 + 4,444)} = 1,5839 \text{ m}$$

Didapat eksentrisitasnya (e) :

$$\begin{aligned} e &= 2,5/2 - 1,5839 \\ &= 0,33 \text{ m} \end{aligned}$$

Menghitung tegangan tanah yang terjadi :

$$q_{1,2} = V/B(1 \pm 6e/B)$$

$$V = W_1 + P_{av} \text{ Coulomb}$$

$$= 13,31 + 4,444$$

$$= 17,754 \text{ t/m}$$

$$q_1 = \frac{17,754}{2,5} \left(1 + \frac{6 \times 0,33}{2,5}\right)$$

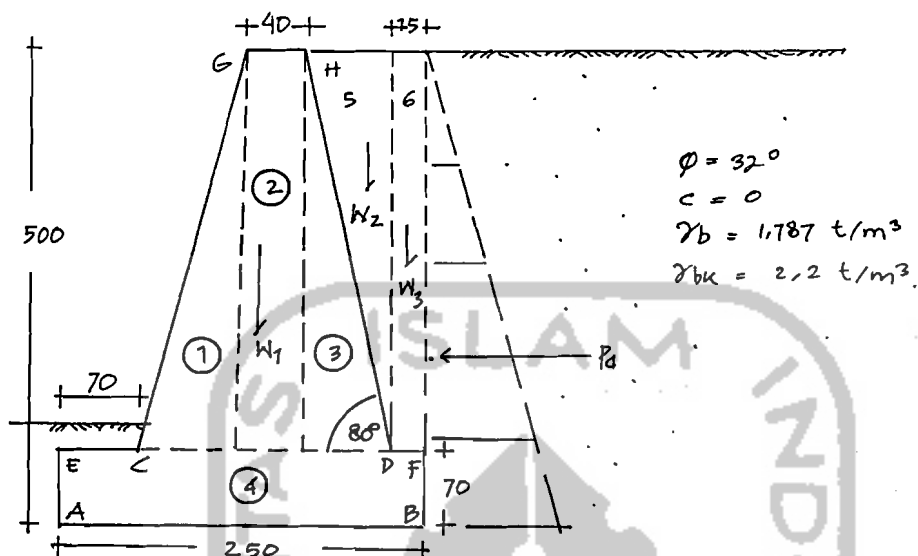
$$= 12,7925 \text{ t/m}^2 < 99,034 \text{ t/m}^2 \text{ (konstruksi aman)}$$

$$q_2 = \frac{17,754}{2,5} \left(1 - \frac{6 \times 0,33}{2,5}\right)$$

$$= 1,4110 \text{ t/m}^2 < 99,0340 \text{ t/m}^2 \text{ (konstruksi aman)}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan bahwa konstruksi aman terhadap gaya yang bekerja dan tegangan tanah yang terjadi tidak melebihi tegangan ijin tanah.

4.4.2. Aplikasi Teori Rankine Pada Tanah Non Kohesif.



Data:

ϕ°	$c \text{ (t/m}^2\text{)}$	$\tau_{tnh} \text{ (t/m}^3\text{)}$	$\tau_{bk} \text{ (t/m}^3\text{)}$	δ°	$\phi' = \phi^\circ$
32	0	1,787	2,20	24	32°

-Langkah 1 :
Analog pada teori Coulomb didapat K_a :

$$K_a = \tan^2(45 - \phi/2)$$

$$= 0,3073$$

$$P_a = 0,5 \tau_{tnh} \cdot K_a \cdot H^2$$

$$= 0,5 \cdot 1,787 \cdot 0,3073 \cdot 5^2$$

$$= 6,864 \text{ t/m'}$$

-Langkah 2 :

Cek stabilitas dinding

a) Cek geser pada dasar dinding :

Dari rumus (2-1) didapat,

$$FS = \frac{V \cdot \tan \phi + P_{ph} + c' \cdot B}{Pa} \geq 1,5$$

$$\begin{aligned} V &= W_1 + W_2 \\ &= 13,31 + 4,0342 = 17,3442 \text{ t} \end{aligned}$$

$$P_{ph} = 0, \quad c' = 0, \quad B = 2,5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} FS &= \frac{17,3442 \cdot \tan (32^\circ)}{6,864} \\ &= \frac{10,8378}{6,864} \\ &= 1,5789 > 1,5 \quad (\text{Konstruksi aman}) \end{aligned}$$

b) Cek guling :

Dari rumus (2-2) didapat :

$$FS = \frac{\text{Jumlah momen yang menahan}}{\text{Jumlah momen guling}} \geq 1,5$$

$$\Sigma M_{penahan} = \Sigma M_{bangunan} + \Sigma M_{gaya \text{ vertikal ke bawah}}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas bangunan dinding} &= A_1 + A_2 + A_3 + A_4 \\ &= (0,5 \cdot 0,45 \cdot 4,3) + (0,4 \cdot 4,3) \\ &\quad + (0,5 \cdot 0,75 \cdot 4,3) + (0,7 \cdot 2,5) \\ &= 6,05 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Berat dinding } W_1 = 6,05 \cdot 2,2 = 13,31 \text{ t}$$

Mencari titik berat bangunan dari AE:

$$x = \frac{0,9675 \cdot 1 + 1,72 \cdot 1,35 + 1,6125 \cdot 1,8 + 1,75 \cdot 1,25}{6,05}$$

$$= 1,385 \text{ m} \quad (\text{dari AE})$$

-Luas tanah diatas telapak :

$$A_5 = 0,5 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 0,75 = 1,6125 \text{ m}^2$$

$$A_6 = 0,15 \cdot 4 \cdot 3 = 0,645 \text{ m}^2$$

-Berat tanah diatas telapak :

$$W2 = 1,6125 \cdot 1,787 = 2,8815 \text{ t}$$

$$W3 = 0,645 \cdot 1,787 = 1,1526 \text{ t}$$

-Jarak W2 dan W3 terhadap AE masing-masing :

$$x1 = 2,0 \text{ m dan } x2 = 2,425 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} -\Sigma \text{penahan} &= (6,05 \cdot 2,2 \cdot 1,385) + (2,8815 \cdot 2 + 1,1526 \cdot 2,425) \\ &= 26,9922 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} -\Sigma \text{Maktif} &= 1/3 \cdot H \cdot Pa \\ &= 1/3 \cdot 5 \cdot 6,864 \\ &= 11,4402 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$FS = \frac{\Sigma \text{penahan}}{\Sigma \text{Maktif}} = \frac{26,9922}{11,4402} = 2,3594 > 1,5$$

Konstruksi aman.

c) Cek geser pada badan :

$$FS = \frac{V \cdot \text{tg} \phi}{Pa} \geq 1,5$$

Luas yang diperhitungkan hanya CDGH,

$$A = 4,4075 \text{ m}^2, \text{ berat } V = 4,075 \cdot 2,2 = 9,6965 \text{ ton}$$

$$\text{tg } \phi = 1, Pa = 6,588 \text{ ton}$$

$$FS = \frac{9,6965 \cdot 1}{6,864} = 1,4126 < 1,5 \text{ (tidak aman)}$$

d) Cek desak badan :

Luas yang diperhitungkan hanya pada CDGH,

mencari titik berat bagian CDGH:

$$x = \frac{(0,5 \cdot 0,45 \cdot 4,3 \cdot 0,3) + (0,4 \cdot 4,3 \cdot 0,65) + (0,5 \cdot 0,75 \cdot 4,3 \cdot 1)}{4,4075}$$

$$= 0,740 \text{ m}$$

kemudian dicari eksentrisitas (e) :

$$\begin{aligned} e &= 0,5 \cdot B' - x \\ &= 0,5 \cdot 1,65 - 0,740 \\ &= 0,085 \text{ m} \end{aligned}$$

Setelah (e) didapat lalu kuat desaknya dapat dihitung :

$$q_{12} = V/B' \cdot (1 \pm 6e/B')$$

$$\begin{aligned} q_1 &= \frac{4,4075 \cdot 2,2}{1,65} \left(1 + \frac{6 \cdot 0,085}{1,65} \right) \\ &= 7,6931 < 10 \quad (\text{konstruksi aman}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_2 &= \frac{4,4075 \cdot 2,2}{1,65} \left(1 - \frac{6 \cdot 0,085}{1,65} \right) \\ &= 4,0602 \text{ t} < 10 \quad (\text{konstruksi aman}) \end{aligned}$$

e) *Chek Tegangan Ijin Tanah*

$$\sigma_{ult} = c \cdot N_c + \tau \cdot D_f \cdot N_q + 0,5 \cdot \tau \cdot B \cdot N_\tau$$

Dengan cara interpolasi dari tabel koefisien daya dukung tanah Terzaghi $\phi = 32^\circ$ didapat (pada lampiran)

$$N_q = 30,06$$

$$N_\tau = 29,6$$

N_c bisa dihitung dengan rumus:

$$N_c = c \cdot \text{tg} \phi \cdot \left(\frac{a^2}{(2 \cdot \cos^2 (45 + \phi/2)) - 1} \right)$$

$$a = c \cdot \left(\frac{3}{4} \cdot \pi - \phi/2 \right) \cdot \text{tg} \phi$$

dimana :

$$c = \text{Kohesi tanah (t/m}^2\text{)}$$

$$\phi = \text{Sudut gesek dalam tanah}$$

Dalam kasus ini $N_c = 0$

$$\begin{aligned} \sigma_{ult} &= 0 \cdot N_c + 1,787 \cdot 4,3 \cdot 30,06 + 0,5 \cdot 1,787 \cdot 2,5 \cdot 29,6 \\ &= 297,1030 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$q_{\text{ijin}} = \frac{297,1030}{3}$$

$$q_{\text{ijin}} = 99,0340 \text{ t/m}^2$$

Langkah selanjutnya mencari titik berat akibat berat bangunan dan gaya vertikal tanah :

$$x = \frac{\Sigma M_{\text{penahan}}}{W_1 + W_2 + W_3} = \frac{26,9922}{13,31 + 2,8815 + 1,1526} = 1,5563 \text{ m}$$

Didapat eksentrisitasnya (e) :

$$\begin{aligned} e &= 2,5/2 - 1,5563 \\ &= 0,3063 \text{ m} \end{aligned}$$

Menghitung tegangan tanah yang terjadi :

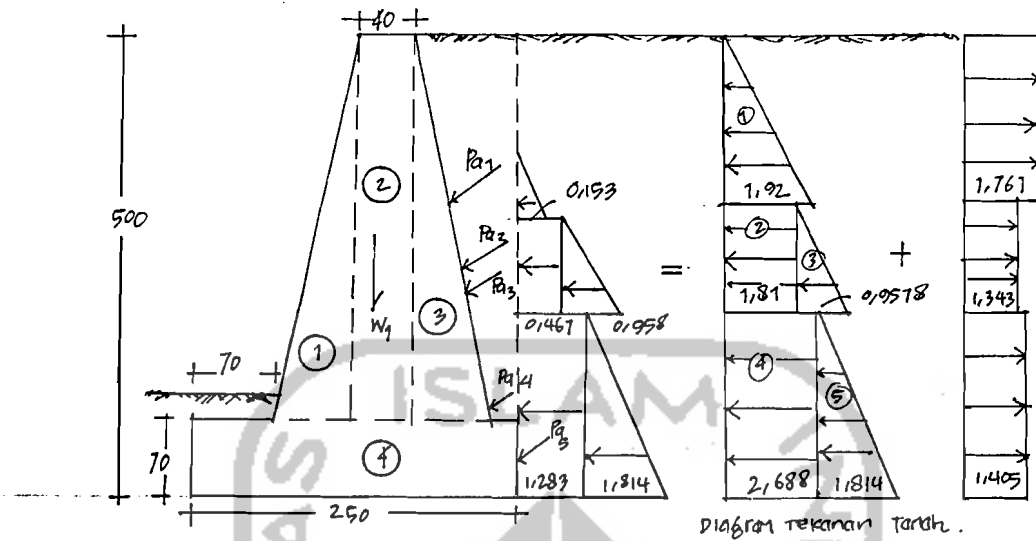
$$q_{12} = V/B(1 \pm 6e/B)$$

$$\begin{aligned} q_1 &= \frac{17,3442}{2,5} \left(1 + \frac{6 \times 0,3063}{2,5} \right) \\ &= 12,0372 \text{ t/m}^2 < q_{\text{ijin}} \quad (\text{Konstruksi aman}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_2 &= \frac{17,3442}{2,5} \left(1 - \frac{6 \times 0,3063}{2,5} \right) \\ &= 1,8382 \text{ t/m}^2 < q_{\text{ijin}} \quad (\text{Konstruksi Aman}) \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan bahwa konstruksi aman terhadap gaya yang bekerja dan tegangan tanah yang terjadi tidak melebihi tegangan ijin tanah.

4.4.3 Aplikasi Teori Coulomb Pada Tanah Kohesif Berlapis.



Data :

No	Lapisan tnh	ϕ°	$\tau_b(t/m^3)$	$c(t/m^2)$	K_a
1	Lapisan 1	20	1,89	1,24	0,5079
2	Lapisan 2	22	2,00	0,97	0,4789
3	Lapisan 3	23	1,95	1,03	0,4651

-Langkah 1 :

Mencari nilai tekanan tanah lateral horizontal dan vertikal.

Lapisan tnh	No.diagram	$P_a(t/m^2)$	$P_a(t/m')$
Lapisan 1	1	$1,89 \times 0,5079 \times 2 = 1,92$ $2 \times 1,24 \times 0,5079 = -1,767$	$P_{a1} \quad 0,5 \times 0,159 \times (1,92 - 1,767) = 0,467$
Lapisan 2	2	$1,89 \times 0,4789 \times 2 = 1,81$	$P_{a2} \quad (1,81 - 1,343) \times 1 = 0,467$
	3	$2 \times 0,4789 \times 1 = 0,9578$ $2 \times 0,97 \times 0,4789 = -1,343$	$P_{a3} \quad 0,5 \times 1 \times 0,9578 = 0,479$
Lapisan 3	4	$1,89 \times 0,4651 \times 2 = 1,758$	$P_{a4} \quad [(1,758 + 0,930) - 1,405] \times 2 = 2,566$
	5	$2 \times 0,4651 \times 1 = 0,930$ $1,95 \times 0,4651 \times 2 = 1,814$ $2 \times 1,03 \times 0,4651 = -1,405$	$P_{a5} \quad 0,5 \times 1,814 \times 2 = 1,814$

No	Ph=Paxcos34°t	Pv=Paxsin34°t	Jarak Y m	Jarak X m	Mph=PahxY(t/m)	MPv=PavxX(t/m)
1	Ph1 0,011	Pv1 0,0061	3,053	1,935	0,0336	0,0118
2	Ph2 0,404	Pv2 0,2340	2,500	2,033	1,0100	0,4760
3	Ph3 0,415	Pv3 0,2395	2,333	2,062	0,9682	0,4940
4	Ph4 2,222	Pv4 1,2830	0,500	2,297	1,1110	2,9470
5	Ph5 1,571	Pv5 0,9070	0,667	2,473	1,0474	2,1360
ΣPh = 4,6230		ΣPv = 2,6696		ΣMph = 4,1707		ΣMPv = 3,9288

-Langkah 2 :

Cek stabilitas dinding.

a) Cek guling :

Dari rumus (2-2) didapat,

$$FS = \frac{\text{Jumlah momen yang menahan}}{\text{Jumlah momen guling}} \geq 1,5$$

$\Sigma M_{penahan} = \Sigma M_{bangunan} + \Sigma M_{gaya \text{ vertikal ke bawah}}$

Luas bangunan dinding = $A_1 + A_2 + A_3 + A_4$

$$\begin{aligned} &= (0,5 \cdot 0,45 \cdot 4,3) + (0,4 \cdot 4,3) \\ &\quad + (0,5 \cdot 0,75 \cdot 4,3) + (0,7 \cdot 2,5) \\ &= 6,05 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Mencari titik berat bangunan dari AE:

$$x = \frac{0,9675 \cdot 1 + 1,72 \cdot 1,35 + 1,6125 \cdot 1,8 + 1,75 \cdot 1,25}{6,05}$$

$$= 1,385 \text{ m (dari AE)}$$

Berat bangunan = $A \times B_j$

$$= 6,05 \times 2,2$$

$$= 13,31 \text{ t/m'}$$

$\Sigma M_{penahan} = \Sigma M_{bs} + \Sigma M_{pv}$

$$= (13,31 \cdot 1,385) + 3,9288$$

$$= 22,3628 \text{ tm}$$

$$\Sigma M_{guling} = \Sigma M_{ph} = 4,1707 \text{ tm}$$

$$FS = 22,3628 / 4,1707 = 5,362 > 2 \text{ (konstruksi aman)}$$

b) Cek Geser :

Dari rumus (2-1) didapat :

$$FS = \frac{V \cdot \text{tg}\phi' + P_{ph} + c' \cdot B}{P_{ah}} \geq 1,5$$

$$\begin{aligned} V \text{ total} &= V \text{ berat bangunan} + \text{ gaya vertikal Coulomb} \\ &= 13,31 + 2,6696 = 15,9796 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c' &= 0,75 \text{ c} \\ &= 0,75 \times 1,03 = 0,7725 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$P_{ph} = 0$$

$$\begin{aligned} FS_{\text{geser}} &= \frac{V \text{ tg}\phi + c' \cdot B}{P_{ah}} = \frac{13,31 \text{ tg}23^\circ + 0,7725 \times 2,5}{4,623} \\ &= 2,02 > 2 \text{ (konstruksi aman)} \end{aligned}$$

c) Cek geser pada badan :

Luas yang ditinjau hanya bagian CDGH (trapesium) saja.

$$\begin{aligned} A \text{ trapesium} &= (0,5 \times 0,45 \times 4,3) + (0,4 \times 4,30) + (0,5 \times 0,75 \times 4,3) \\ &= 4,3 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat bangunan} &= 4,3 \times 2,2 \\ &= 9,46 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\text{tg}\phi = 1, \text{ Pah} = 0,011 + 0,404 + 0,415 + 2,222 = 3,052 \text{ t}$$

$$FS = \frac{V \text{ tg}\phi}{P_{ah}} = \frac{9,46 \times 1}{3,052} = 3,1 > 1,5$$

Konstruksi aman tidak pecah.



d) *Chek tegangan desak pada badan :*

Mencari titik berat bangunan trapesium :

$$x = \frac{(0,45 \times 0,5 \times 4,3 \times 0,3) + (0,4 \times 4,3 \times 0,65) + (0,5 \times 0,75 \times 4,3 \times 1)}{4,3}$$

$$= 0,74 \text{ m}$$

$$e = (\text{Alas trapesium} / 2) - 0,74$$

$$= 0,8 - 0,74 = 0,06 \text{ m}$$

$$q_1 = V/B (1+6e/B)$$

$$q_1 = 9,46/1,6 [1+(6 \times 0,06/1,6)]$$

$$= 7,24 \text{ t/m}^2 < 10 \text{ t/m}^2$$

$$q_2 = V/B(1-6e/B)$$

$$= 9,46/1,6 [1-(6 \times 0,06/1,6)]$$

$$= 4,582 \text{ t/m}^2 < 10 \text{ t/m}^2$$

Konstruksi aman tidak terjadi tarik pada badan.

e) *Chek daya dukung ijin tanah :*

$$\sigma_{ult} = c.Nc + \tau.Df.Nq + 0,5.\tau.B.Nr$$

$$= (0,773 \times 22,14) + (1,89 \times 2 \times 7,43 + 2 \times 1 \times 9,538 + 1,95 \times 2 \times 10,592)$$

$$+ (0,5 \times 2,5 \times 1,95 \times 7,36)$$

$$= 123,513 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_{ijin} = \sigma_{ult}/3$$

$$= 41,171 \text{ t/m}^2$$

$$q_1 = V/B(1+6e/B)$$

$$= 15,9796/2,5 [1+(6 \times 0,283/2,5)]$$

$$= 10,733 \text{ t/m}^2 < 41,171 \text{ t/m}^2$$

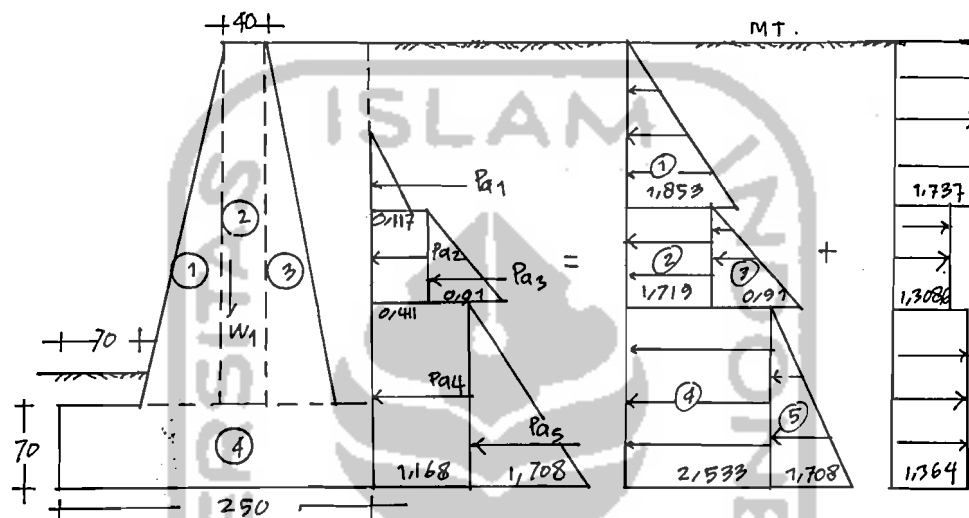
$$q_2 = V/B(1-6e/B)$$

$$= 15,9796/2,5 [1-(6 \times 0,283/2,5)]$$

$$= 2,051 \text{ t/m}^2 < 41,171 \text{ t/m}^2$$

Secara keseluruhan dimensi yang ada aman terhadap gaya lateral dengan menggunakan teori Coulomb. Dengan dimensi yang sama akan dicoba dengan menggunakan teori Rankine.

4.4.4 Aplikasi Teori Rankine Pada tanah Kohesif berlapis.



Data :

No	Lapisan tnh	ϕ°	τ_b (t/m ³)	c (t/m ²)	K_a
1	Lapisan 1	20	1,89	1,24	0,4903
2	Lapisan 2	22	2,00	0,97	0,4550
3	Lapisan 3	23	1,95	1,03	0,4381

Lapisan tnh	No.diagram	P_a (t/m ²)	P_a (t/m')
Lapisan 1	1	$1,89 \times 0,4903 \times 2 = 1,853$ $2 \times 1,24 \times 0,4903 = -1,7365$	$P_{a1} \quad 0,5 \times 0,130 \times (1,853 - 1,7365) = 0,008$
Lapisan 2	2	$1,89 \times 0,4550 \times 2 = 1,7199$	$P_{a2} \quad (1,7199 - 1,3086) \times 1 = 0,4113$
	3	$2 \times 0,4550 \times 1 = 0,9100$ $2 \times 0,97 \times 0,4550 = -1,3086$	$P_{a3} \quad 0,5 \times 1 \times 0,9100 = 0,4550$
Lapisan 3	4	$1,89 \times 0,4381 \times 2 = 1,6560$	$P_{a4} \quad [(1,6560 + 0,876) - 1,364] \times 2 = 2,337$
	5	$2 \times 0,4381 \times 1 = 0,8762$ $1,95 \times 0,4381 \times 2 = 1,7081$ $2 \times 1,03 \times 0,4381 = -1,3635$	$P_{a5} \quad 0,5 \times 1,709 \times 2 = 1,7086$

-Langkah 2 :

Cek stabilitas dinding.

a) Cek guling :

Dari rumus (2-2) didapat,

$$FS = \frac{\text{Jumlah momen yang menahan}}{\text{Jumlah momen guling}} \geq 1,5$$

$\Sigma M_{\text{penahan}} = \Sigma M_{\text{bangunan}} + \Sigma M_{\text{ gaya vertikal ke bawah}}$

$$\begin{aligned} \text{Luas bangunan dinding} &= A1 + A2 + A3 + A4 \\ &= (0,5 \cdot 0,45 \cdot 4,3) + (0,4 \cdot 4,3) \\ &\quad + (0,5 \cdot 0,75 \cdot 4,3) + (0,7 \cdot 2,5) \\ &= 6,05 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Mencari titik berat bangunan dari AE:

$$x = \frac{0,9675 \cdot 1 + 1,72 \cdot 1,35 + 1,6125 \cdot 1,8 + 1,75 \cdot 1,25}{6,05}$$

$$= 1,385 \text{ m (dari AE)}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat bangunan} &= A \times B_j \\ &= 6,05 \times 2,2 \\ &= 13,31 \text{ t/m} \end{aligned}$$

No	Pp(Brt tanah)	Pp(Brt bangun)		Jarak c.m	Jarak d.m	MW2 = W x c(t/m)	MW1 = W1 x d(t/m)
1	W2 0,6615			1,783		1,1797	
2	W3 2,0790			2,175		4,5218	
3	W4 0,1800	W1	13,3100	2,020	1,3850	0,3636	18,4344
4	W5 1,0000			2,330		2,3300	
5	W6 0,6825			2,313		1,5789	
6	W7 0,5850			2,375		0,1389	
$\Sigma W2 = 5,1880$		$\Sigma W1 = 13,3100$				$\Sigma MW1 = 9,1129$	$\Sigma MW2 = 18,4344$
$\Sigma MWt = \Sigma MW1 + \Sigma MW2 = 27,5473$							

-Mencari momen guling:

No.	P_a	Lengan y (m)	$M=P_a \cdot y$ (tm)
1	0,0076	2,1186	0,0231
2	0,4113	2,2330	1,0283
3	0,4550	2,2620	1,0617
4	2,3374	2,4970	2,3374
5	1,7086	0,6667	1,1391
			$\Sigma Ma=5,5895$

$$\Sigma M_{\text{guling}} = \Sigma Ma = 5,5895 \text{ tm}$$

$$\Sigma M_{\text{penahan}} = \Sigma Mw = 27,5473 \text{ tm}$$

$$FS = \Sigma Mp / \Sigma Ma$$

$$= 27,5473 / 5,5895$$

$$= 4,9284 > 2,0 \quad (\text{Konstruksi aman})$$

b) Chek Terhadap Bahaya Geser

Dari rumus (2-1) didapat,

$$FS = \frac{V \cdot \text{tg}\phi' + P_{ph} + c' \cdot B}{P_{ah}} \geq 1,5$$

$$P_{ph} = 0, \quad c' = 0,7725 \text{ t/m}^2, \quad B = 2,5 \text{ m}$$

$$V = V_{\text{bang}} + V_{\text{tanah}}$$

$$= 6,05 \times 2,2 + 5,188$$

$$= 18,498 \text{ t/m}^2$$

$$FS = \frac{18,498 \cdot \text{tg}23^\circ + 0 + 0,7725 \cdot 2,5}{4,9199}$$

$$= 9,7832 / 4,9199$$

$$= 1,9884 \approx 2,0$$

Konstruksi aman terhadap geser.

c) Chek Geser Badan

Diambil bagian atas yang berbentuk CDGH (trapesium)

$$\begin{aligned}
 V_{\text{badan}} &= A_{\text{badan}} \times \tau_{\text{btk}} \\
 &= 4,3 \times 2,2 \\
 &= 9,46 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$tg\phi = 1 \text{ (pasangan batu kali)}$$

$$\begin{aligned}
 FS &= V \cdot tg\phi / Pa \\
 &= 9,46 / 4,9199 \\
 &= 1,9228 > 1,5 \quad (\text{Konstruksi aman})
 \end{aligned}$$

d) Cek Desak Badan

$$V_{\text{badan}} = 9,46 \text{ Ton/m}^2$$

Titik berat trapesium (x) :

$$x = \frac{[(0,5 \times 0,45 \times 4,3 \times 0,3) + (0,4 \times 4,3 \times 0,65) + (0,5 \times 0,75 \times 4,3 \times 1,1)]}{[(0,5 \times 0,45 \times 4,3) + (0,4 \times 4,3) + (0,5 \times 0,75 \times 4,3)]}$$

$$= 0,740 \text{ m}$$

$$e = 0,5B' - x$$

$$= 0,5 \times 1,8 - 0,74$$

$$= 0,06 \text{ m}$$

$$q_{12} = V/B' (1 \pm 6e/B')$$

$$q_1 = 9,46 / 1,8 (1 + 6 \times 0,06 / 1,8)$$

$$= 6,3067 \text{ t/m}^2 < 10 \text{ t/m}^2 \quad (\text{kontruksi aman})$$

$$q_2 = 9,46 / 1,8 (1 - 6 \times 0,06 / 1,8)$$

$$= 4,2044 \text{ t/m}^2 < 10 \text{ t/m}^2 \quad (\text{Konstruksi aman})$$

e) Cek Tegangan Ijin Tanah

$$\sigma_{ult} = c \cdot Nc + \tau \cdot Df \cdot Nq + 0,5 \cdot \tau \cdot B \cdot Nr$$

$$= (1,03 \times 22,14) + (1,89 \times 2 \times 7,43 + 2 \times 1 \times 9,538 + 1,95 \times 2 \times 10,592)$$

$$+ (0,5 \times 2,5 \times 1,95 \times 7,36)$$

$$= 123,513 \text{ t/m}^2$$

$$\begin{aligned}\sigma_{ijin} &= \sigma_{ult}/3 \\ &= 41,171 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

Mencari titik berat bangunan dan tanah

$$\begin{aligned}x &= (Mp1 + Mp2)/(Pp1 + Pp2) \\ &= (18,4344+9,1129)/(13,31+5,188) \\ &= 1,4892 \text{ m}\end{aligned}$$

Kemudian didapat eksentrisitas (e)

$$\begin{aligned}e &= x - 0,5 \times B \\ &= 1,4892 - 0,5 \times 2,5 \\ &= 0,2392 \text{ m}\end{aligned}$$

$$q_{12} = V/B(1 \pm 6e/B)$$

$$\begin{aligned}q_1 &= 18,498/2,5(1+6 \times 0,2392/2,5) \\ &= 11,6469 \text{ t/m}^2 < q_{ijin} \quad (\text{Konstruksi aman})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}q_2 &= 18,498/2,5(1-6 \times 0,2392/2,5) \\ &= 3,1515 \text{ t/m}^2 < q_{ijin} \quad (\text{Konstruksi aman})\end{aligned}$$

4.5 Hasil Analisa

Dari hasil perhitungan diatas didapatkan bahwa nilai angka keamanan untuk geser dan guling akibat gaya lateral berdasarkan kedua teori tidak jauh berbeda, demikian pula untuk nilai desak badan dan tegangan tanah yang terjadi. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.6 Hasil Analisa Pada Tanah Non Kohesif

Teori	FS			Desak Bdn(t/m ²)		σ_{tnh} terjadi(t/m ²)	
	Geser	Guling	Geser Bdn	q1	q2	q1	q2
Coulomb	1,687	2,5723	1,5	7,6931	4,0602	12,7925	1,4110
Rankine	1,5789	2,3594	1,4126	7,6931	4,0602	12,0372	1,8382

Tabel 4.7 Hasil Analisa Pada Tanah Kohesif Berlapis

Teori	FS			Desak Bdn(t/m^2)		σ_{tnh} terjadi(t/m^2)	
	Geser	Guling	Geser Bdn	q1	q2	q1	q2
Coulomb	2,02	5,362	3,10	7,240	4,582	10,7330	2,051
Rankine	2,00	4,9284	1,9228	6,3067	4,2044	11,6469	3,1515

Angka keamanan untuk teori Rankine relatif lebih kecil dari teori Coulomb, ini menunjukkan bahwa nilai tekanan lateral aktif Rankine lebih besar dari Coulomb. Angka keamanan pada tanah kohesif lebih besar dari angka keamanan pada tanah non kohesif. Kenaikkan angka keamanan disebabkan oleh menurunnya tekanan lateral aktif akibat kohesi tanah.

