

BAB V

HASIL PENELITIAN

5.1. Tinjauan Umum

Berdasarkan pemodelan lereng yang dibuat oleh penulis untuk mengetahui kecenderungan perilaku kelongsoran lereng terhadap variasi geometri dan properti tanah yang terdiri dari kemiringan, elevasi muka air tanah, dan pembebanan. Maka akan di peroleh suatu bidang longsor (*slip surface*) dan angka keamanan (*safety factor*).

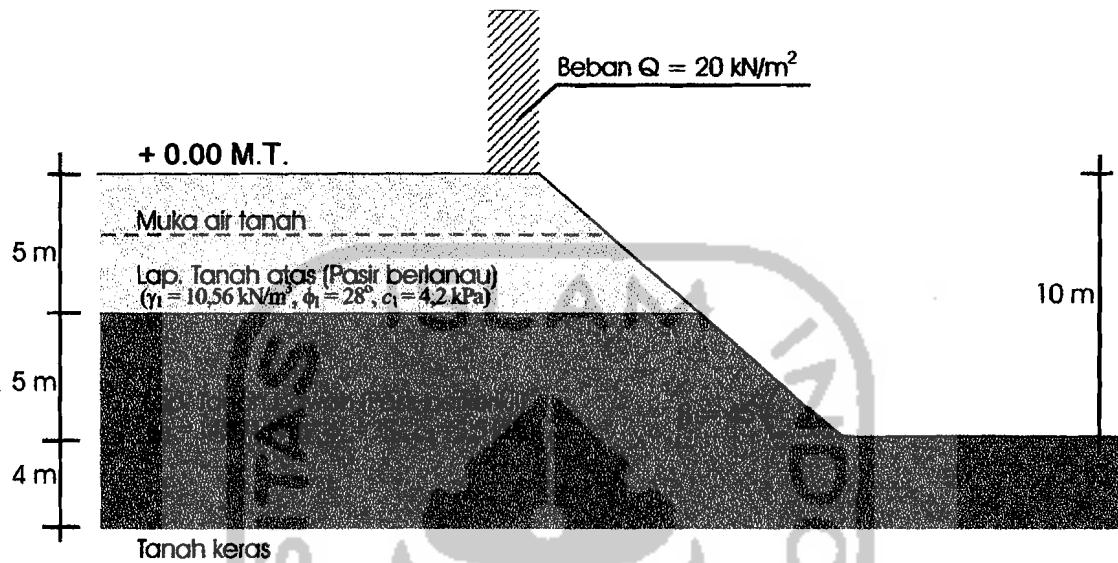
Dalam analisis kelongsoran lereng ini dipakai metode Bishop dengan menggunakan program GEO-SLOPE versi 5, dari Geo-Slope International Ltd.

5.2. Stabilitas Lereng akibat Pengaruh Elevasi Muka Air Tanah

Analisis dilakukan dengan memasukkan data elevasi muka air tanah. Analisis dilakukan terhadap sebelas model lereng dengan variasi elevasi muka air tanah dimulai dari elevasi +0m, -1m, -2m, -3m, -4m, -5m, -6m, -7m, -8m, -9m dan -10m diukur dari puncak lereng.

Sedangkan parameter tetap tanah yang diteliti diambil berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh saudara Ari Eko Tulus K. dan Ali Ayudin AR. (2003) pada lokasi sekitar kampus D3 ekonomi, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Pada penelitian mereka diperoleh jenis tanah pasir berlanau (lapisan tanah atas) dan Pasir berkerikil (lapisan tanah bawah) dari lereng yang dipakai untuk keseluruhan model antara, γ lapisan tanah atas $10,56 \text{ kN/m}^3$, γ lapisan tanah bawah $14,87 \text{ kN/m}^3$, dan

kemiringan lerengnya adalah 45° , juga akan ditambahkan beban (Q) pada puncak lereng sebesar 20 kN/m^2 . Pemodelan lereng akibat pengaruh elevasi muka air tanah diilustrasikan pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1. Pemodelan lereng akibat pengaruh muka air tanah

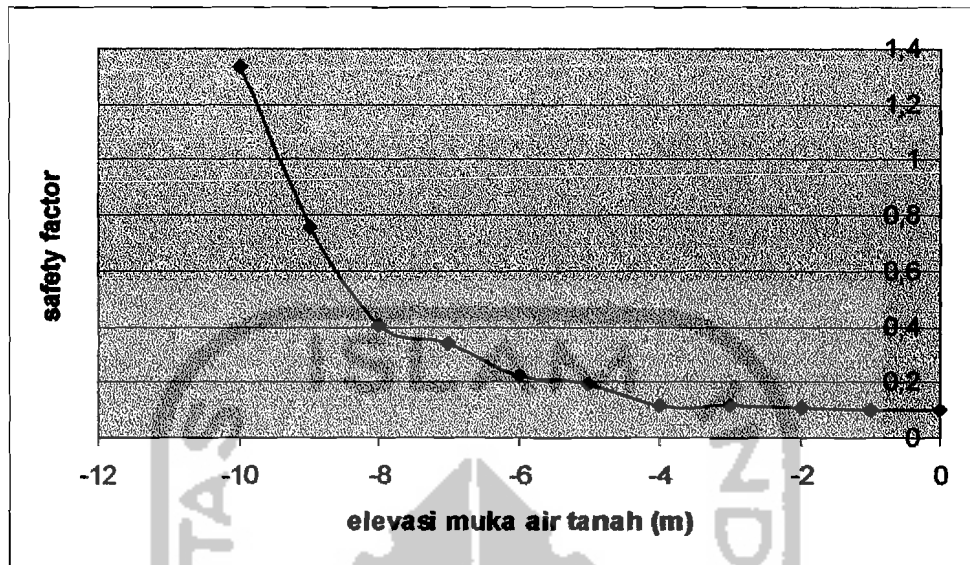
Dari kesebelas pemodelan tersebut diperoleh bidang longsor dan angka keamanan yang berbeda, sedangkan perubahan *Slip Surface* akibat pengaruh elevasi muka air tanah dapat dilihat pada gambar-gambar di lampiran 2.

Pada perubahan angka keamanan akibat pengaruh elevasi muka air tanah dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1. Perubahan *safety factor* dan jenis keruntuhan akibat pengaruh elevasi muka air tanah.

muka air tanah (m)	safety factor	Jenis keruntuhan
± 0.00	0.101	Keruntuhan sebagian
- 1.00	0.102	Keruntuhan sebagian
- 2.00	0.107	Keruntuhan sebagian
- 3.00	0.116	Keruntuhan sebagian
- 4.00	0.118	Keruntuhan sebagian
- 5.00	0.198	Keruntuhan sebagian
- 6.00	0.223	Keruntuhan sebagian
- 7.00	0.340	Keruntuhan sebagian
- 8.00	0.405	Keruntuhan dasar
- 9.00	0.756	Keruntuhan dasar
- 10.00	1.333	Keruntuhan dasar

Dari hasil yang didapat dan ditabelkan di atas, dapat dibuat grafik hubungan antara *safety factor* dengan elevasi muka air tanah.

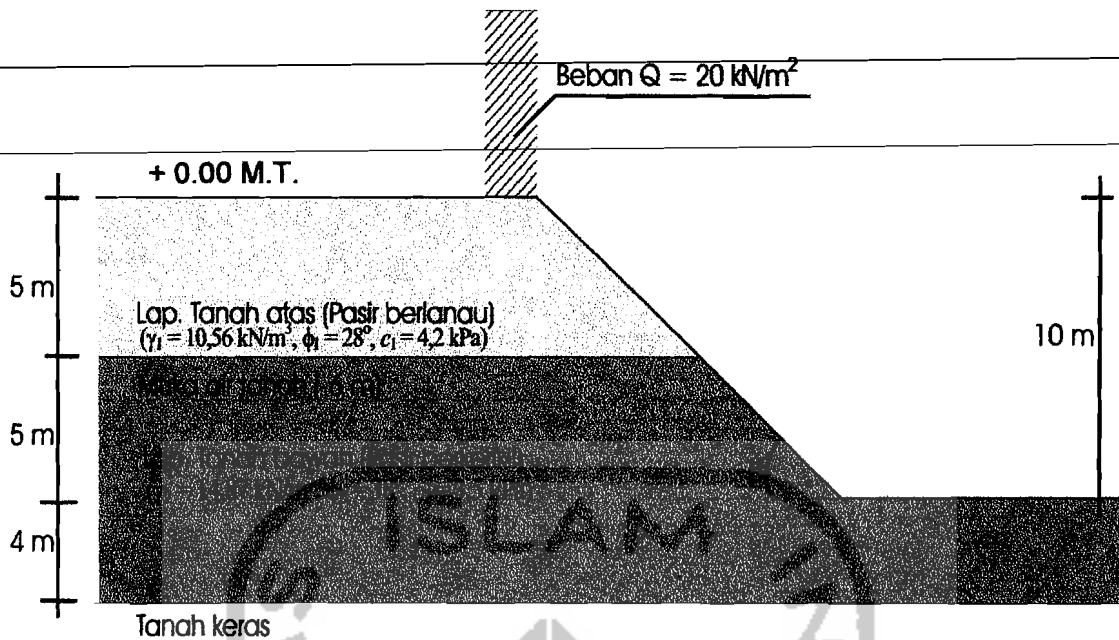


Grafik 5.1. Hubungan antara *safety factor* dengan elevasi muka air tanah.

5.3. Stabilitas Lereng Akibat Pengaruh Kemiringan (β)

Analisis dilakukan dengan memasukkan data geometri lereng dan parameter-parameternya. Untuk semua model, parameter tanah diambil sama. Analisis dilakukan terhadap lima model lereng yang akan diselidiki *slip surface* dan *safety factornya*, dimulai dari lereng dengan kemiringan 30° , 40° , 50° , 60° dan 70° .

Parameter tetap dari lereng yang dipakai untuk keseluruhan model antara lain beban (Q) pada puncak lereng 20 kN/m^2 , γ lapisan tanah atas $10,56 \text{ kN/m}^3$ dan γ lapisan tanah bawah $14,87 \text{ kN/m}^3$, juga muka air tanah berada pada elevasi -6 m dari puncak lereng. Pemodelan lereng akibat pengaruh kemiringan lereng (β) diilustrasikan pada Gambar 5.2.



Gambar 5.2. Pemodelan lereng akibat pengaruh kemiringan lereng

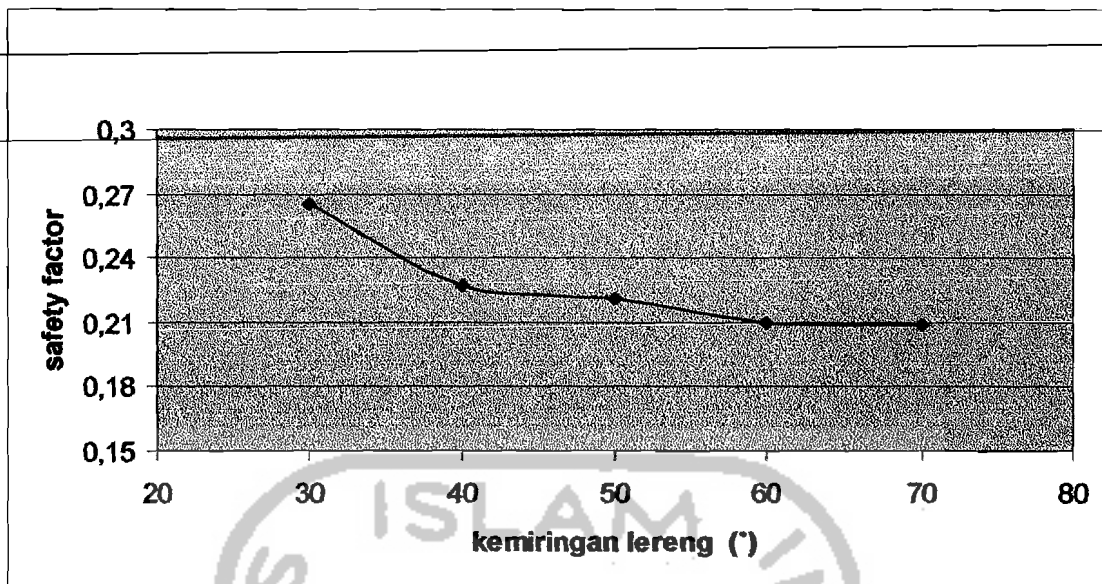
Dari kelima pemodelan lereng tersebut diperoleh bidang longsor dan angka keamanan yang berbeda-beda. Perubahan *Slip Surface* akibat pengaruh kemiringan lereng dapat dilihat pada gambar-gambar lampiran 3.

Perubahan angka keamanan akibat pengaruh kemiringan lereng dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2. Perubahan *safety factor* dan jenis keruntuhan akibat pengaruh kemiringan lereng (β).

Kemiringan ($^\circ$)	<i>safety factor</i>	Jenis keruntuhan
30	0.265	Keruntuhan sebagian
40	0.227	Keruntuhan sebagian
50	0.221	Keruntuhan sebagian
60	0.210	Keruntuhan sebagian
70	0.209	Keruntuhan sebagian

Dari hasil yang didapat dan ditabelkan di atas, dapat dibuat grafik hubungan antara *safety factor* dengan kemiringan lereng (β).

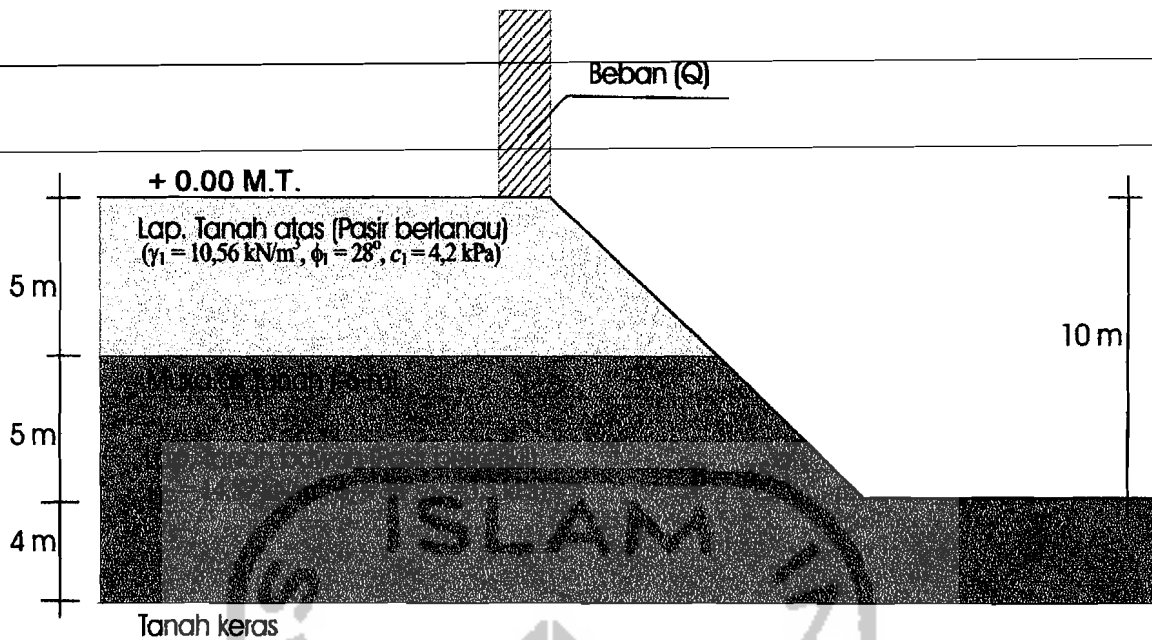


Grafik 5.2. Hubungan antara *safety factor* dengan kemiringan lereng (β)

5.4. Stabilitas Lereng Akibat Pengaruh Pembebanan pada puncak lereng

Analisis dilakukan dengan memasukkan data besarnya beban pada tanah. Analisis dilakukan terhadap enam model lereng dengan variasi pembebanan pada tanah dimulai dengan beban terbagi rata (Q) sebesar 10 kN/m^2 , 25 kN/m^2 , 50 kN/m^2 , 75 kN/m^2 , 100 kN/m^2 dan 200 kN/m^2 . Kemudian ditambah dengan variasi beban titik (P) sebesar 1 kPa , $1,5 \text{ kPa}$, 2 kPa , $2,5 \text{ kPa}$ dan 3 kPa pada jarak $0,5 \text{ m}$, 1 m dan $1,5 \text{ m}$ dari tepi lereng.

Parameter tetap dari lereng yang dipakai untuk keseluruhan model antara lain kemiringan lereng adalah 45° , γ lapisan tanah atas $10,56 \text{ kN/m}^3$ dan γ lapisan tanah bawah $14,87 \text{ kN/m}^3$, juga muka air tanah berada pada elevasi -6 m dari puncak lereng. Pemodelan lereng akibat pengaruh pembebanan (Q) diilustrasikan pada Gambar 5.3.



Gambar 5.3. Pemodelan lereng dipengaruhi oleh pembebanan

Dari kelima pemodelan tersebut diperoleh bidang longsor dan angka keamanan yang berbeda. Perubahan *Slip Surface* akibat pengaruh pembebanan pada puncak lereng dapat dilihat pada gambar-gambar di lampiran 4.

5.4.1. Angka Aman Akibat Pengaruh Beban Terbagi Rata

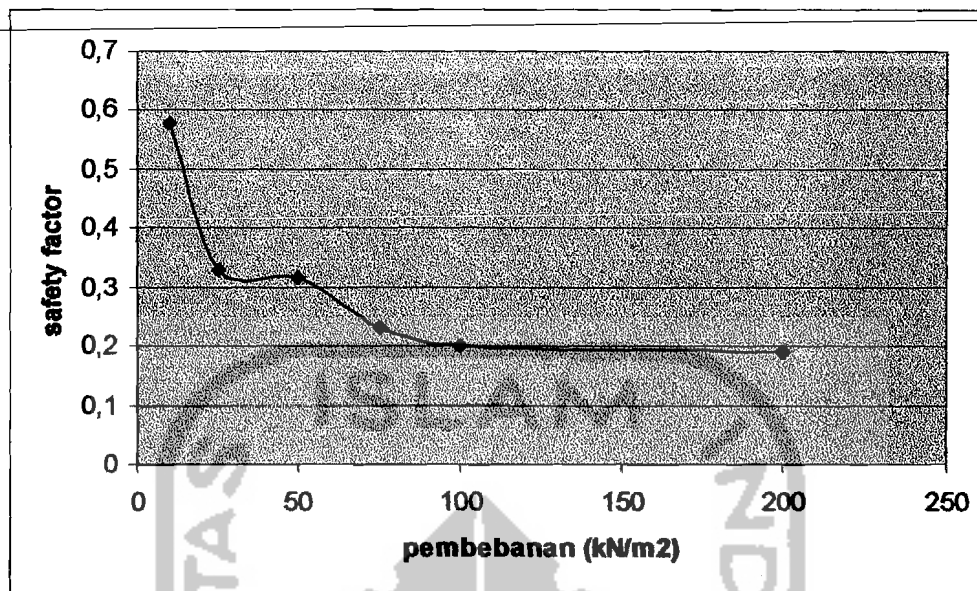
Perubahan angka keamanan akibat pengaruh pembebanan pada puncak lereng

dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3. Perubahan *safety factor* dan jenis keruntuhan akibat pengaruh pembebanan

Beban (kN/m ²)	safety factor	Jenis keruntuhan
10	0.576	Keruntuhan sebagian
25	0.330	Keruntuhan sebagian
50	0.315	Keruntuhan sebagian
75	0.231	Keruntuhan kaki
100	0.200	Keruntuhan kaki
200	0.189	Keruntuhan kaki

Dari hasil yang didapat dan ditabelkan di atas, dapat dibuat grafik hubungan antara *safety factor* dengan pembebanan.



Grafik 5.3. Hubungan antara *safety factor* dengan pembebanan

5.4.2. Angka Aman Akibat Pengaruh Beban Titik

Untuk lereng yang dipengaruhi beban titik (P) pada puncak lereng, hasilnya adalah seperti yang disajikan pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4. Perubahan *safety factor* akibat pengaruh beban titik dan posisi beban

Lereng dengan beban terbagi rata (Q) = 10 kN/m ²					
Jarak dari tepi lereng (m)	Beban titik (P)				
	1 kPa	1,5 kPa	2 kPa	2,5 kPa	3 kPa
0,5	0,564	0,558	0,552	0,547	0,547
1	0,576	0,576	0,576	0,576	0,576
1,5	0,576	0,576	0,576	0,576	0,576
Lereng dengan beban terbagi rata (Q) = 25 kN/m ²					
Jarak dari tepi lereng (m)	Beban titik (P)				
	1 kPa	1,5 kPa	2 kPa	2,5 kPa	3 kPa
0,5	0,330	0,330	0,330	0,330	0,330
1	0,330	0,330	0,330	0,330	0,330
1,5	0,330	0,330	0,330	0,330	0,330

Lanjutan Tabel 5.4.

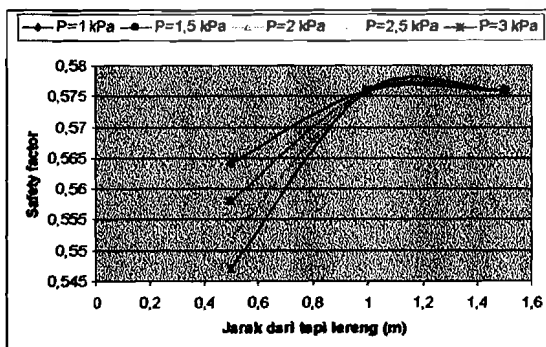
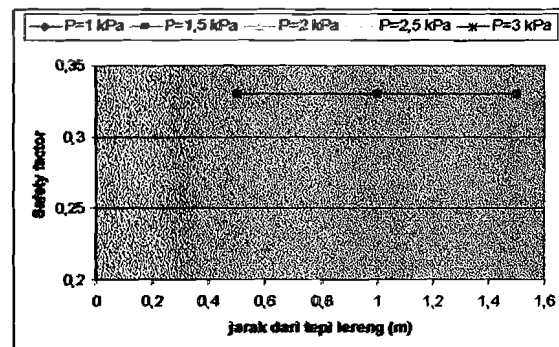
Lereng dengan beban terbagi rata (Q) = 50 kN/m ²					
Jarak dari tepi lereng (m)	Beban titik (P)				
	1 kPa	1,5 kPa	2 kPa	2,5 kPa	3 kPa
0,5	0,313	0,312	0,311	0,310	0,309
1	0,315	0,315	0,315	0,315	0,315
1,5	0,315	0,315	0,315	0,315	0,315

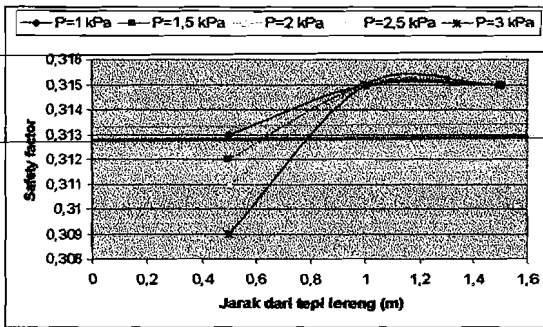
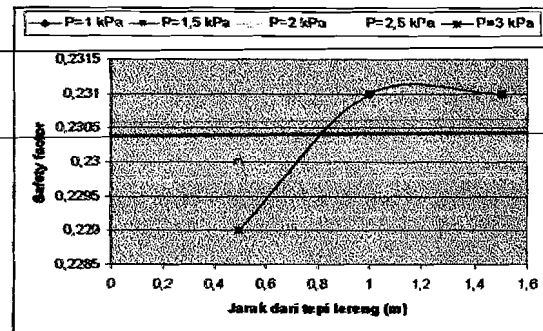
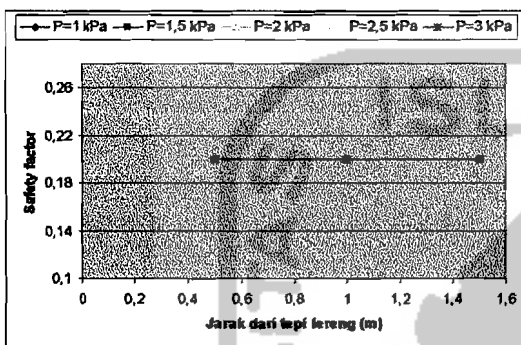
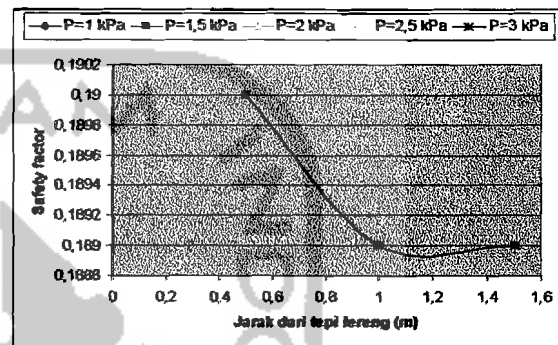
Lereng dengan beban terbagi rata (Q) = 75 kN/m ²					
Jarak dari tepi lereng (m)	Beban titik (P)				
	1 kPa	1,5 kPa	2 kPa	2,5 kPa	3 kPa
0,5	0,230	0,230	0,230	0,230	0,229
1	0,231	0,231	0,231	0,231	0,231
1,5	0,231	0,231	0,231	0,231	0,231

Lereng dengan beban terbagi rata (Q) = 100 kN/m ²					
Jarak dari tepi lereng (m)	Beban titik (P)				
	1 kPa	1,5 kPa	2 kPa	2,5 kPa	3 kPa
0,5	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
1	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
1,5	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200

Lereng dengan beban terbagi rata (Q) = 200 kN/m ²					
Jarak dari tepi lereng (m)	Beban titik (P)				
	1 kPa	1,5 kPa	2 kPa	2,5 kPa	3 kPa
0,5	0,190	0,190	0,190	0,190	0,190
1	0,189	0,189	0,189	0,189	0,189
1,5	0,189	0,189	0,189	0,189	0,189

Jika dari tabel di atas dibuat grafiknya, maka perbandingan *safety factor* dengan pembebanan adalah sebagai berikut:

(a) Lereng dengan Q = 10 kN/m²(b) Lereng dengan Q = 10 kN/m²

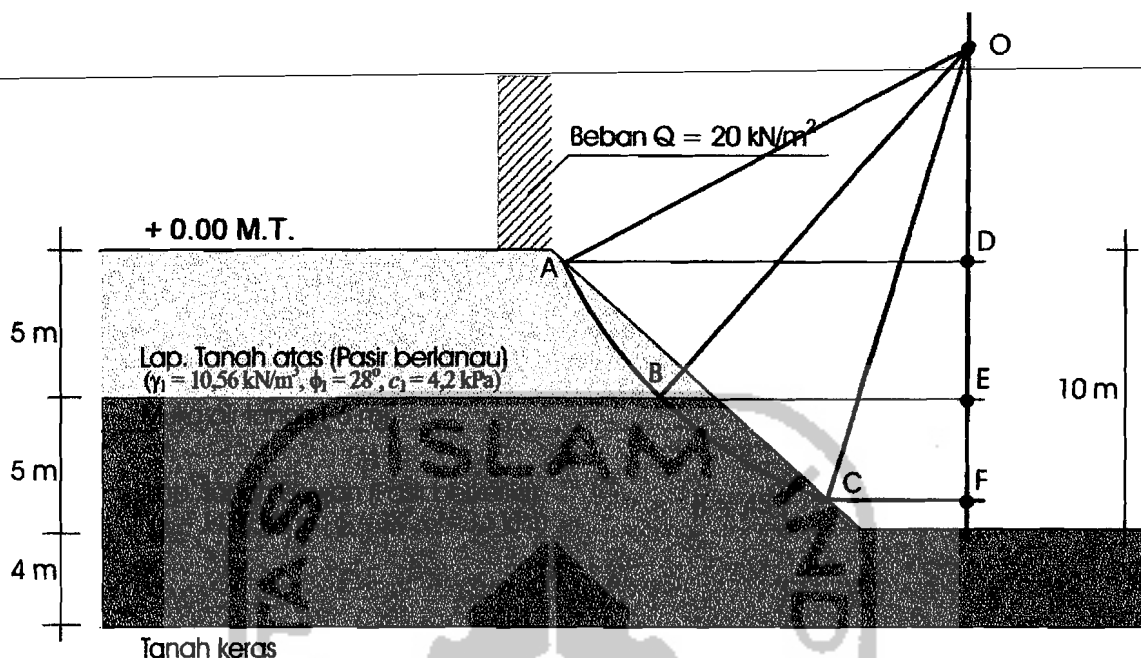
(c) Lereng dengan $Q = 50 \text{ kN/m}^2$ (d) Lereng dengan $Q = 75 \text{ kN/m}^2$ (e) Lereng dengan $Q = 100 \text{ kN/m}^2$ (f) Lereng dengan $Q = 200 \text{ kN/m}^2$

Grafik 5.4. Hubungan antara *safety factor* dengan perubahan beban titik dan perletakkannya pada lereng dengan perubahan beban terbagi rata ($Q = 10 \text{ kN/m}^2$ hingga $Q = 200 \text{ kN/m}^2$).

Untuk jenis keruntuhan, antara lereng yang hanya mengalami pembebanan oleh beban terbagi rata saja dan lereng dengan ditambah beban titik, adalah sama.

Untuk lereng dengan $Q = 10, 25$ dan 50 kN/m^2 yang ditambah beban titik (P) mengalami keruntuhan sebagian dan untuk lereng dengan $Q = 75, 100$ dan 200 kN/m^2 yang ditambah beban titik (P) mengalami kelongsoran kaki.

5.5. Perhitungan Model Lereng akibat MAT pada -6.00 m.



Gambar 5.4. Properties tanah pada pemodelan lereng dengan MAT pada -6.00 m

Untuk koordinat dapat dilihat pada lampiran 2 G.

$$\text{Koordinat O} = (35 : 24,5)$$

$$\text{Koordinat A} = (15,4 : 13,6)$$

$$\text{Koordinat B} = (18,8 : 9)$$

$$\text{Koordinat C} = (24,6 : 4,6)$$

$$\text{Koordinat D} = (35 : 13,6)$$

$$\text{Koordinat E} = (35 : 9)$$

$$\text{Koordinat F} = (35 : 4,6)$$

$$L \overline{AD} = (35 - 15,4) = 19,6 \text{ m}$$

$$L \overline{BE} = (35 - 18,8) = 16,2 \text{ m}$$

$$L \overline{CF} = (35 - 24,6) = 10,4 \text{ m}$$

$$L \overline{EO} = (24,5 - 9) = 15,5 \text{ m}$$

$$L \overline{FO} = (24,5 - 4,6) = 19,9 \text{ m}$$

$$L \overline{DO} = (24,5 - 13,6) = 10,9 \text{ m}$$

$$\text{Panjang } L \overline{OA} = \sqrt{L\overline{AD}^2 + L\overline{DO}^2} = \sqrt{(19,6)^2 + (10,9)^2} = 22,4 \text{ m}$$

$$\text{Panjang } L \overline{BO} = \sqrt{L\overline{BC}^2 + L\overline{EO}^2} = \sqrt{(16,2)^2 + (15,5)^2} = 22,4 \text{ m}$$

$$\text{Panjang } L \overline{CO} = \sqrt{L\overline{CF}^2 + L\overline{FO}^2} = \sqrt{(10,4)^2 + (19,9)^2} = 22,4 \text{ m}$$

$$\angle \text{AOD} = \arctan \frac{L\overline{AD}}{L\overline{DO}} = \arctan \frac{19,6}{10,9} = 60,92^\circ$$

$$\angle BOE = \arctan \frac{\overline{LBE}}{\overline{LEO}} = \arctan \frac{16,2}{15,5} = 46,26^\circ$$

$$\angle COF = \arctan \frac{\overline{LCF}}{\overline{LFO}} = \arctan \frac{10,4}{19,9} = 27,59^\circ$$

$$L \overline{AB} = \frac{\angle AOD - \angle BOE}{360} \times 2\pi \times R$$

$$= \frac{60,92 - 46,26}{360} \times 2(3,14) \times 22,4 = 5,655 \text{ m}$$

$$L \overline{BC} = \frac{\angle BOE - \angle COF}{360} \times 2\pi \times R$$

$$= \frac{46,26 - 27,59}{360} \times 2(3,14) \times 22,4 = 7,299 \text{ m}$$

$$L \overline{CF} = \frac{\angle COF}{360} \times 2\pi \times R$$

$$= \frac{27,59}{360} \times 2(3,14) \times 22,4 = 10,786 \text{ m}$$

$$\varphi_1 = 28^\circ \quad \varphi_2 = 38^\circ$$

$$C_1 = 4,2 \text{ kPa} \quad C_2 = 3,5 \text{ kPa}$$

$$\begin{aligned} \text{Lebar total pias Lapisan I} &= (5,7313)^2 - (\overline{EO} - \overline{DO})^2 \\ &= (32,847) - (15,5 - 10,9)^2 = (32,847) - (4,6)^2 \\ &= 11,687 \end{aligned}$$

$$\text{Panjang pias Lapisan I} = \sqrt{11,687} = 3,4186 \text{ m}$$

$$\text{Lebar tiap pias} = \frac{3,4186}{8} = 0,427 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Lebar pias lapisan II} &= (7,29910)^2 - (\overline{LEF})^2 \\ &= (7,29910)^2 - (4,4)^2 \\ &= 33,9168 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Panjang pias Lapisan II} = \sqrt{33,9168} = 5,8238 \text{ m}$$

$$\text{Lebar tiap pias} = \frac{5,8238}{13} = 0,4479 \text{ m}$$

Hitungan untuk pias I dengan metode Bishop

$$x_1 = \frac{1}{2} \times B_1 = \frac{1}{2} \times 0,427 = 0,2135$$

$$\theta_1 = \arcsin \frac{x_1}{R} = \frac{0,2135}{22,4} = 0,546^\circ$$

$$y_1 = \frac{x_1}{\tan \theta_1} = \frac{0,2135}{\tan 0,546} = 22,3989 \text{ m}$$

$$h_1 = (x_1 \tan \alpha) - (LOF - y_1)$$

$$h_1 = (0,2135 \tan 45) - (22,4 - 22,3989) = 0,2124 \text{ m}$$

$$W = (B_1 \times h_1 \times \gamma_1) + (B_1 \times h_2 \times \gamma_2)$$

$$= (0,427 \times 0,2124 \times 10,56) + (0,427 \times 0 \times 14,87) = 0,9577 \text{ kN/m}$$

$$C \times B_1 = 4,2 \times 0,427 = 1,7934$$

$$W \sin \theta_1 = 0,9577 \sin(0,546) = 0,0091 \text{ kN/m}$$

$$W \tan \varphi_1 = 0,9577 \tan 28 = 0,5092 \text{ kN/m}$$

$$(C_1 \times B_1) + W \tan \varphi_1 = 1,7934 + 0,5092 = 2,3026 \text{ kN/m}$$

Untuk mencari SF dilakukan dengan iterasi yang berulang (*trial and error*)

Dicari M dengan SF coba-coba,

SF₀ = 0,2 didapat

$$M_1 = \cos \theta_1 \left(1 + \frac{\tan \theta_1 \times \tan \varphi_1}{F_0} \right) = \cos 0,546 \left(1 + \frac{\tan 0,546 \times \tan 28}{0,2} \right) = 1,025$$

$$SF_1 = \left(\sum (cb + W \tan \varphi) \right) / m_1 / \left(\sum W \sin \theta \right) = 0,210$$

$$SF_1 = 0,210 \text{ didapat } M_2 = 1,0240$$

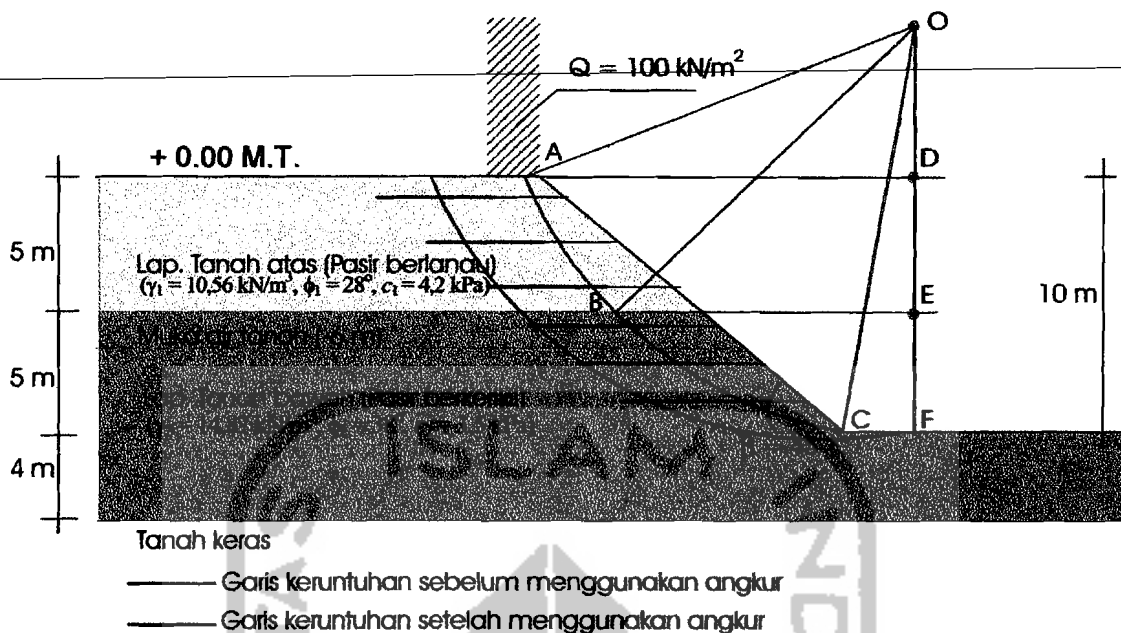
$$SF_2 = \left(\sum (cb + W \tan \varphi) \right) / m_2 / \left(\sum W \sin \theta \right) = 0,220$$

$$SF_2 = 0,220 \text{ didapat } M_3 = 1,0229$$

$$SF_3 = \left(\sum (cb + W \tan \varphi) \right) / m_3 / \left(\sum W \sin \theta \right) = 0,230$$

Karena nilai SF₃ mendekati SF₂, iterasi dihentikan dan didapat nilai SF = 0,220

5.6. Perhitungan Lereng dengan Perkuatan Angkur



Gambar 5.5. Properties tanah pada pemodelan lereng dengan $Q = 100 \text{ kN/m}^2$

Diketahui :

Data-data tanah lapisan atas, ($\gamma_1 = 10,56 \text{ kN/m}^3$, $\phi_1 = 28^\circ$, $c_1 = 4,2 \text{ kPa}$) dan untuk lapisan tanah bawah, ($\gamma_2 = 14,87 \text{ kN/m}^3$, $\phi_2 = 38^\circ$, $c_2 = 3,5 \text{ kPa}$).

Data-data angkur:

- A = Rasio tekanan normal pada daerah pertemuan terhadap tekanan efektif akibat tanah di atasnya, diusulkan 1-2 (Craig, 1987), digunakan 1,5.
- γ = Berat volume tanah, digunakan yang terbesar $14,87 \text{ kN/m}^3$
- h = Tinggi rencana tanah di atas angkur, digunakan 1,5 m
- L = Panjang angkur terjepit, digunakan 4 m
- D = Diameter angkur terjepit yang besarnya mencapai 4 kali diameter lubang bor (Craig, 1987), digunakan 0,3 m
- d = Diameter lubang bor diusulkan 75–125 mm (Craig, 1987), digunakan 0,1 m
- ϕ = Sudut gesek dalam, digunakan yang terbesar, 38°
- B = Faktor daya dukung, diperoleh 63,576.

Seperti yang dijelaskan pada pembahasan tentang angkur di depan, nilai B adalah berdasarkan analog dengan faktor daya dukung Nq dalam kasus tiang pancang dan telah diusulkan bahwa rasio Nq/B berada dalam rentang 1,3 – 1,4, dengan memakai nilai Nq dari Berezantzev, Khristoforov dan Golubkov.

Tabel 5.5. Tabel hubungan antara ϕ dan Nq berdasarkan teori Berezantzev, Khristoforov dan Golubkov

ϕ	28°	30°	32°	34°	36°	38°	40°
Nq	12	17	25	40	58	89	40
	(9)	(14)	(22)	(37)	(56)	(88)	(136)

Dari tabel di atas, dengan $\phi = 38^\circ$ didapatkan Nq sebesar 89, jika besarnya Nq/B dipakai 1,4, maka, $1,4 = 89/B$ menghasilkan nilai B sebesar 63,576.

Untuk panjang angkur keseluruhan adalah mengikuti bentuk bidang longsor, namun pada kasus ini panjang angkur keseluruhan adalah 8 m.

Penyelesaian:

Menghitung bidang longsor sebelum menggunakan perkuatan angkur:

$$\text{Koordinat O} = (33 : 21,6)$$

$$\text{Koordinat A} = (14,8 : 14,9)$$

$$\text{Koordinat B} = (18 : 9)$$

$$\text{Koordinat C} = (24,6 : 4)$$

$$\text{Koordinat D} = (33 : 14)$$

$$\text{Koordinat E} = (33 : 9)$$

$$\text{Koordinat F} = (33 : 4)$$

$$L \overline{AD} = (33 - 14,9) = 18,1 \text{ m}$$

$$L \overline{BE} = (33 - 18) = 15 \text{ m}$$

$$L \overline{CF} = (33 - 24,6) = 8,4 \text{ m}$$

$$L \overline{EO} = (21,6 - 9) = 12,6 \text{ m}$$

$$L \overline{FO} = (21,6 - 4) = 17,6 \text{ m}$$

$$L \overline{DO} = (21,6 - 14) = 7,6 \text{ m}$$

$$\text{Panjang } L \overline{OA} = \sqrt{LAD^2 + LDO^2} = \sqrt{(18,1)^2 + (7,5)^2} = 19,5 \text{ m}$$

$$\text{Panjang } L \overline{BO} = \sqrt{LBE^2 + LEO^2} = \sqrt{(15)^2 + (12,6)^2} = 19,5 \text{ m}$$

$$\text{Panjang } L \overline{CO} = \sqrt{LCF^2 + LFO^2} = \sqrt{(8,4)^2 + (17,6)^2} = 19,5 \text{ m}$$

$$\angle AOD = \arctan \frac{LAD}{LDO} = \arctan \frac{18,1}{7,6} = 67,22^\circ$$

$$\angle BOE = \arctan \frac{LBE}{LEO} = \arctan \frac{15}{12,6} = 49,96^\circ$$

$$\angle COF = \arctan \frac{LCF}{LFO} = \arctan \frac{8,4}{17,6} = 25,51^\circ$$

$$\begin{aligned} L \overline{AB} &= \frac{\angle AOD - \angle BOE}{360} \times 2\pi \times R \\ &= \frac{67,22 - 49,96}{360} \times 2(3,14) \times 19,5 = 5,875 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L \overline{BC} &= \frac{\angle BOE - \angle COF}{360} \times 2\pi \times R \\ &= \frac{49,96 - 25,51}{360} \times 2(3,14) \times 19,5 = 8,32 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L \overline{CF} &= \frac{\angle COF}{360} \times 2\pi \times R \\ &= \frac{25,51}{360} \times 2(3,14) \times 19,5 = 8,68 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\varphi_1 = 28^\circ$$

$$C_1 = 4,2 \text{ kPa}$$

$$\varphi_2 = 38^\circ$$

$$C_2 = 3,5 \text{ kPa}$$

$$\begin{aligned} \text{Lebar total pias Lapisan I} &= (5,875)^2 - (\overline{EO} - \overline{DO})^2 \\ &= (34,518) - (12,6 - 7,6)^2 = (32,847) - (5)^2 \\ &= 9,518 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Panjang pias Lapisan I} = \sqrt{9,518} = 3,085 \text{ m}$$

$$\text{Lebar tiap pias} = \frac{3,085}{6} = 0,514 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Lebar pias lapisan II} &= (8,32)^2 - (\overline{LEF})^2 \\ &= (8,32)^2 - (5)^2 \\ &= 44,22 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Panjang pias Lapisan II} = \sqrt{44,22} = 6,649 \text{ m}$$

$$\text{Lebar tiap pias} = \frac{6,649}{14} = 0,474 \text{ m}$$

Hitungan untuk pias I dengan metode Bishop

$$x_1 = \frac{1}{2} \times B_1 = \frac{1}{2} \times 0,514 = 0,257$$

$$\theta_1 = \arcsin \frac{x_1}{R} = \frac{0,257}{19,5} = 0,755^\circ$$

$$y_1 = \frac{x_1}{\tan \theta_1} = \frac{0,257}{\tan 0,755} = 19,498 \text{ m}$$

$$h_1 = (x_1 \tan \alpha) - (LOF - y_1)$$

$$h_1 = (0,257 \tan 45) - (19,5 - 19,498) = 0,257 \text{ m}$$

$$W = (B_1 \times h_1 \times \gamma_1) + (B_1 \times h_2 \times \gamma_2)$$

$$= (0,514 \times 0,257 \times 10,56) + ((100 \times 0,514 \times 5) \times 10,56) + (0,514 \times 0 \times 14,87) = 2715,314 \text{ kN}$$

$$C \times B_1 = 4,2 \times 0,514 = 2,1588$$

$$W \sin \theta_1 = 2715,3 \sin (0,755) = 35,779 \text{ kN/m}$$

$$W \tan \varphi_1 = 2715,3 \tan 28 = 1443,75 \text{ kN/m}$$

$$(C_1 \times B_1) + W \tan \varphi_1 = 2,1588 + 1443,75 = 1445,90 \text{ kN/m}$$

Untuk mencari SF dilakukan dengan iterasi yang berulang (*trial and error*)

Dicari M dengan SF coba-coba

SFo = 1,11 didapat

$$M_I = \cos \theta_I \left(1 + \frac{\tan \theta_1 \times \tan \varphi_1}{F_o} \right) = \cos 0,755 \left(1 + \frac{\tan 0,755 \times \tan 28}{1,11} \right) = 1,0062$$

$$SF_1 = \left(\sum (cb + W \tan \varphi) \right) / m_1 / \left(\sum W \sin \theta \right) = 0,180$$

$$SF_1 = 0,180 \text{ didapat } M_2 = 1,0388$$

$$SF_2 = \left(\sum (cb + W \tan \varphi) \right) / m_2 / \left(\sum W \sin \theta \right) = 0,195$$

$$SF_2 = 0,195 \text{ didapat } M_3 = 1,0358$$

$$SF_3 = \left(\sum (cb + W \tan \varphi) \right) / m_3 / \left(\sum W \sin \theta \right) = 0,250$$

Karena nilai SF₃ mendekati SF₂, iterasi dihentikan dan didapat nilai SF = 0,195

Sehingga nilai angka aman tanpa perkuatan (SFu) = 0,195

Angka aman yang ingin dicapai SFp > 1,0 --- diambil SFp = 1,1

$$\lambda = \frac{SF_p}{SF_u} = \frac{1,1}{0,195} = 5,641$$

Sehingga gaya yang harus ditahan angkur adalah:

$$F = \frac{\lambda - 1}{\lambda} W \left(\frac{\sin \phi}{\cos(\phi + \alpha)} \right)$$

α = adalah sudut yang terbentuk antara angkur terhadap bidang horizontal ($\alpha = 0$)

$$\text{sehingga: } F = \frac{5,641 + 1}{5,641} 2715,314 \left(\frac{\sin 38}{\cos 38} \right) = 1745,058 \text{ kN/m}^2$$

Tahanan ultimit yang mampu di tahan oleh sebuah angkur:

$$Q_f = A\gamma' \left(h + \frac{L}{2} \right) \pi DL \tan \phi' + B\gamma' h \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2)$$

$$Q_f = 1,5 \times 14,87 \left(1,5 + \frac{4}{2} \right) 3,14 \times 0,3 \times 4 \tan 38 + 63,578 \times 14,87 \times 1,5 \frac{3,14}{4} (0,3^2 - 0,1^2)$$

$$= 318,872 \text{ kN/m}^2 \sim 300 \text{ kN/m}^2 \text{ (dibulatkan ke bawah)}$$

$$\text{Jumlah angkur yang digunakan} = \frac{\text{Tinggi lereng}}{\text{Tinggi rencana lapisan diatas angkur}}$$

$$= \frac{10}{1,5} = 6,66 \text{ buah}$$

dicoba menggunakan angkur sebanyak 6 buah, sehingga gaya yang dapat ditahan oleh 6 buah angkur adalah:

$$6 \times 300 = 1800 \text{ kN/m}^2 > F = 1745,058 \text{ kN/m}^2 \quad \text{ok!}$$