

Lembar Pengesahan

TUGAS AKHIR

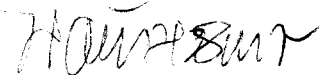
**ANALISIS PONDASI DANGKAL PADA
TEPI ATAS TANAH LERENG**

Disusun oleh:

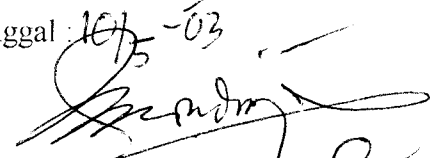
Nama : M.SIRRIL WAFA
No. Mhs. : 95310156
NIRM : 950051013114120154

Nama : EL GHARIF H.A
No. Mhs. : 93310074
NIRM : 930051013114120073

Telah diperiksa dan disetujui oleh :



Tanggal : 10/5/03


Tanggal 10/5/03

LEMBAR PERSEMBAHAN

Tugas akhir ini kami persembahkan untuk :

Orang tuaku sebagai wujud bhakti dari penulis

Kakak-kakakku

Teman-teman Cempaka 15, Yayan, Idhoet, Ipunk Smolik, Adi Rimba, Erlan
Maldini, Mojes, Didiet, Jawak, Teddy

Para Alumni Cempaka 15, Agung, Rafit, Donny, Bello, Memed

Rekan-rekan kerja, Wawan, Penjol

Teman-teman Malaka, Anto, Hafidz, Mila, Aam, Richoe, Babeh, Jeplits

Dan semua teman yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Terima Kasih atas semua bantuan dan dukungannya, baik fisik maupun non fisik,
yang tiada terhingga artinya.

2.5.3	Faktor-faktor Penyebab Terjadinya Longsoran.....	23
2.5.4	Metode Analisis Stabilitas Lereng.....	24
2.6.	Stabilitas Lereng dengan Tinggi Tebatas.....	33
2.7.	<i>MRSSlope</i>	36
2.7.1.	<i>Input Data</i>	36
2.7.2.	<i>Ouput Data</i>	37
2.8.	Lapisan Geotekstil.....	39
2.8.1.	Pengertian dan Jenis Geotekstil.....	39
2.8.2.	Fungsi Geotekstil.....	40

BAB III METODE PENELITIAN

3.1	Tahap Persiapan.....	42
3.2	Tahap Analisis.....	42
3.3	Pembahasan dan Kesimpulan.....	42

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1	Data Perencanaan.....	44
4.2	Analisis Stabilitas Lereng dengan Metode Irisan (Fellinius).....	44
4.2.1	Sudut Kemiringan Lereng 15°.....	44
4.2.2	Sudut Kemiringan Lereng 30°.....	46
4.2.3	Sudut Kemiringan Lereng 45°.....	48
4.2.4	Sudut Kemiringan Lereng 60°.....	50
4.3	Analisis Pondasi Dangkal.....	52
4.3.1	Menghitung Beban Air.....	52
4.3.2	Menghitung Dimensi Pondasi.....	53

4.4 Analisis Stabilitas Lereng dengan Diberi Beban dengan Metode Irisan (Fellinius).....	55
4.4.1 Sudut Kemiringan Lereng 15°.....	55
4.4.2 Sudut Kemiringan Lereng 30°.....	57
4.4.3 Sudut Kemiringan Lereng 45°.....	58
4.4.4 Sudut Kemiringan Lereng 60°.....	60
4.5 Desain Perkuatan Lereng dengan Geotekstil.....	62
4.5.1 Tegangan Lateral Akibat Beban Titik.....	62
4.5.2 Perencanaan Lapisan Geotekstil Pada Tanah Miring dengan Sudut Lereng 45° dengan Diberi Beban.....	64
4.5.3 Perencanaan Lapisan Geotekstil Pada Tanah Miring dengan Sudut Lereng 60°	69
4.5.4 Perencanaan Lapisan Geotekstil Pada Tanah Miring dengan Sudut Lereng 60° dengan Diberi Beban.....	72
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan.....	76
5.2 Saran.....	77
DAFTAR PUSTAKA	78
 LAMPIRAN	

4.12 Perencanaan lapisan Geotekstil pada tanah miring sudut 45°	65
4.13 Perencanaan jarak geotekstil.....	68
4.14 Perencanaan lapisan Geotekstil pada tanah miring sudut 60°	69
4.15 Perencanaan jarak geotekstil sudut 60°	71
4.16 Perencanaan lapisan Geotekstil pada tanah miring sudut 60° dengan diberi beban.....	73

DAFTAR TABEL

2.1	Nilai n, e, w, γ_d , dan γ_b untuk tanah keadaan asli lapangan	16
4.1	Perhitungan stabilitas lereng dengan sudut 15°	46
4.2	Perhitungan stabilitas lereng dengan sudut 30°	48
4.3	Perhitungan stabilitas lereng dengan sudut 45°	50
4.4	Perhitungan stabilitas lereng dengan sudut 60°	51
4.5	<i>Bearing Capacity Factors</i>	53
4.6	Perhitungan stabilitas lereng dengan sudut 15°	56
4.7	Perhitungan stabilitas lereng dengan sudut 30°	58
4.8	Perhitungan stabilitas lereng dengan sudut 45°	60
4.9	Perhitungan stabilitas lereng dengan sudut 60°	62
4.10	Perhitungan perkuatan lereng dengan geotekstil sudut 45° dengan diberi beban	67
4.11	Perhitungan perkuatan lereng dengan geotekstil sudut 60°	71
4.12	Perhitungan perkuatan lereng dengan geotekstil sudut 60° dengan diberi beban	75

ABSTRAKSI

Dalam merencanakan konstruksi bangunan teknik sipil, ditemukan berbagai kondisi alam yang berbeda-beda, diantaranya adalah daerah lereng yaitu lahan dengan perbedaan elevasi tanah yang cukup besar, sehingga dituntut untuk merencanakan tipe pondasi yang cocok dan aman, agar bahaya longsor dapat dihindari. Dengan demikian diharapkan akan didapatkan data batas-batas keamanan stabilitas lereng dengan beban pondasi dangkal, dan akan memberi masukan rekayasa konstruksi tentang pondasi dangkal pada tanah lereng.

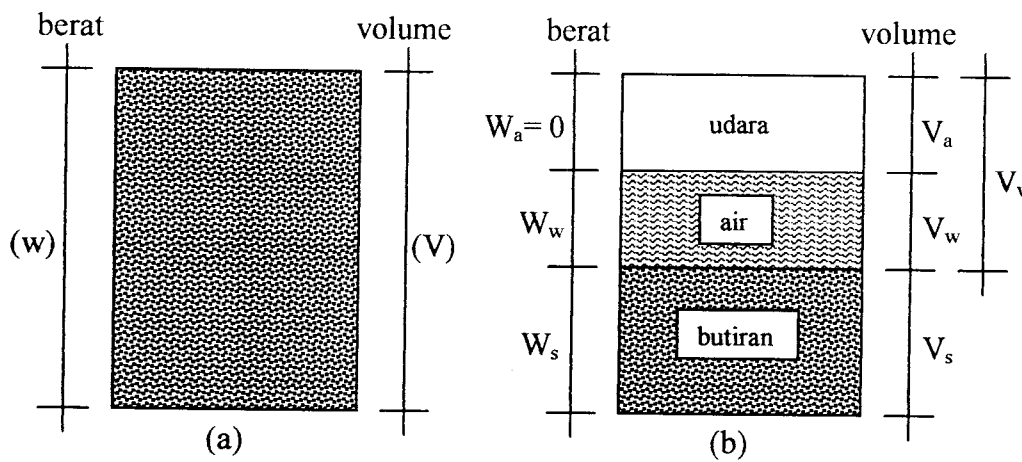
Konstruksi bangunan yang dipilih adalah menara air yang ukurannya ditentukan, dengan menggunakan pondasi dangkal, pada daerah lereng homogen, tinggi 6 meter, muka air tanah sedalam 2 meter, dengan 4 sudut kemiringan 15°, 30°, 45° dan 60°. Dari data-data yang ada lereng dianalisis dalam kondisi asli tanpa diberi beban bangunan, kemudian lereng dianalisis dengan diberi beban bangunan, analisis tersebut menggunakan program MRSSlope untuk mencari jari-jarinya dan manual menggunakan metode irisan berdasarkan cara Fellinius untuk mencari angka keamanannya. Pada sudut kemiringan 15°, 30°, 45° tanpa diberi beban, dan sudut kemiringan 15°, 30° dengan diberi beban lereng aman, sedang pada sudut 60° tanpa beban dan sudut 45°, 60° dengan diberi beban lereng akan diberi perkuatan tanah berupa lapisan geotekstil Woven Multitex, yaitu geotekstil yang ditenun dalam pembuatannya, sehingga akan didapatkan bangunan yang aman dari bahaya longsor.

Berdasarkan analisis, kemiringan lereng dan pembebanan akan mempengaruhi angka keamanan lereng terhadap bahaya longsor. Pada sudut kemiringan 15°, 30°, 45° tanpa beban lereng aman terhadap longsor, sedang pada sudut 60° tanpa beban lereng tidak aman. Pondasi bujur sangkar dengan $B = 0,4$ m aman mendukung beban menara air dengan $P = 2,224$ T. Pada sudut kemiringan 15°, 30° dengan beban struktur, lereng aman, sedang pada sudut 45°, 60° dengan beban struktur lereng tidak aman. Lapisan geotekstil Woven Multitex dengan tegangan tarik ijin sebesar 4,01 ton, memberikan perkuatan tanah yang cukup sehingga pada sudut 60° tanpa beban, dan sudut 45°, 60° dengan beban, struktur lereng aman terhadap longsor.

- b. Penurunan pondasi harus masih dalam batas-batas nilai yang ditoleransikan. Khususnya penurunan yang tidak sama harus tidak mengakibatkan kerusakan pada strukturnya.

2.2 Berat Volume Tanah dan Hubungan-hubungannya

Bagian-bagian tanah dapat digambarkan dalam bentuk diagram fase, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Diagram fase tanah

(Sumber : Hardiyatmo,HC, Mekanika Tanah 1,1992)

Gambar 2.3a memperlihatkan elemen tanah yang mempunyai volume V dan berat total W, sedang Gambar 2.3b memperlihatkan hubungan berat dan volumenya.

Dari gambar tersebut dapat dibentuk persamaan berikut :

$$W = W_s + W_w \dots\dots\dots(2.6)$$

(sumber : Hardiyatmo, HC, Mekanika Tanah 1, 1992)

dan

$$V = V_s + V_w + V_a \dots\dots\dots(2.7)$$

(sumber : Hardiyatmo, HC, Mekanika Tanah 1, 1992)

$$V_v = V_w + V_a \dots\dots\dots(2.8)$$

(sumber : Hardiyatmo, HC, Mekanika Tanah 1, 1992)

dengan :

W_s = berat butiran padat

W_w = berat air

V_s = volume butiran padat

V_w = volume air

V_a = volume udara

Berat udara dianggap sama dengan nol. Hubungan-hubungan volume yang biasa digunakan dalam mekanika tanah adalah angka pori, porositas dan derajat kejenuhan. Adapun hubungan-hubungan adalah sebagai berikut :

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100\% \dots\dots\dots(2.9)$$

(sumber : Hardiyatmo, HC, Mekanika Tanah 1, 1992)

dengan :

w = kadar air, dinyatakan dalam persen

W_w = berat air

W_s = berat butiran

$$n = \frac{V_v}{V} \dots\dots\dots(2.10)$$

(sumber : Hardiyatmo, HC, Mekanika Tanah 1, 1992)

dengan :

n = porositas, dinyatakan dalam persen atau desimal

V_v = volume rongga

V = volume total

$$e = \frac{V_v}{V_s} \dots\dots\dots(2.11)$$

(sumber : Hardiyatmo, HC, Mekanika Tanah 1, 1992)

dengan :

e = angka pori, dinyatakan dalam desimal

V_v = volume rongga

V_s = volume butiran

$$\gamma_b = \frac{W}{V} \dots\dots\dots(2.12)$$

(sumber : Hardiyatmo, HC, Mekanika Tanah 1, 1992)

dengan :

γ_b = berat volume basah

W = berat butiran tanah termasuk air dan udara

V = volume total

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V} \dots\dots\dots(2.13)$$

(sumber : Hardiyatmo, HC, Mekanika Tanah 1, 1992)

dengan :

γ_d = berat volume kering

W_s = berat butiran

V = volume total

$$\gamma_s = \frac{W_s}{V_s} \dots\dots\dots(2.14)$$

(sumber : Hardiyatmo, HC, Mekanika Tanah 1, 1992)

dengan :

S = derajat kejenuhan

V_w = volume air

V_v = volume total rongga tanah

Bila tanah dalam keadaan jenuh maka $S = 1$

Dari persamaan-persamaan tersebut diatas dapat disajikan hubungan antara Masing-masing persamaan, yaitu :

a. Hubungan antara angka pori (e) dengan porositas (n)

$$e = \frac{n}{1-n} \dots\dots\dots(2.18)$$

(sumber : Hardiyatmo, HC, Mekanika Tanah 1, 1992)

$$n = \frac{e}{1+e} \dots\dots\dots(2.19)$$

(sumber : Hardiyatmo, HC, Mekanika Tanah 1, 1992)

b. Berat volume basah dapat dinyatakan dalam rumus berikut

$$\gamma_b = \frac{G_s \gamma_w (1+w)}{1+e} \dots\dots\dots(2.20)$$

(sumber : Hardiyatmo, HC, Mekanika Tanah 1, 1992)

c. Untuk tanah jenuh air ($S=1$)

$$\gamma_{sat} = \frac{\gamma_w (G_s + e)}{1+e} \dots\dots\dots(2.21)$$

(sumber : Hardiyatmo, HC, Mekanika Tanah 1, 1992)

dengan :

γ_{sat} = berat volume tanah jenuh air

γ_w = berat volume air

d. Untuk tanah kering sempurna

$$\gamma_d = \frac{G_s \gamma_w}{1 + w} \dots \dots \dots (2.22)$$

(sumber : Hardiyatmo, HC, Mekanika Tanah 1, 1992)

e. Bila tanah terendam air

$$\gamma' = \frac{(G_s - 1)\gamma_w}{1 + e} \dots \dots \dots (2.23)$$

(sumber : Hardiyatmo, HC, Mekanika Tanah 1, 1992)

$$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w \dots \dots \dots (2.24)$$

(sumber : Hardiyatmo, HC, Mekanika Tanah 1, 1992)

dengan :

γ' = berat volume tanah terendam air

Nilai-nilai porositas, angka pori dan berat volume pada keadaan asli di alam dari berbagai jenis tanah, diberikan pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Nilai n,e,w, γ_d , dan γ_b untuk tanah keadaan asli lapangan

Macam tanah	n (%)	e	w (%)	γ_d (gr/cm ³)	γ_b (gr/cm ³)
Pasir seragam, tidak padat	46	0,85	32	1,43	1,89
Pasir seragam, padat	34	0,51	19	1,75	2,09
Pasir berbutir campuran, tidak padat	40	0,67	25	1,59	1,99
Pasir berbutir campuran, padat	30	0,43	16	1,86	2,16
Lempung lunak sedikit organis	66	1,90	70	-	1,58
Lempung lunak sangat organis	75	3,0	110	-	1,43

(sumber : Terzaghi, 1947 dikutip dari Hardiyatmo, HC, Mekanika Tanah 1, 1992)

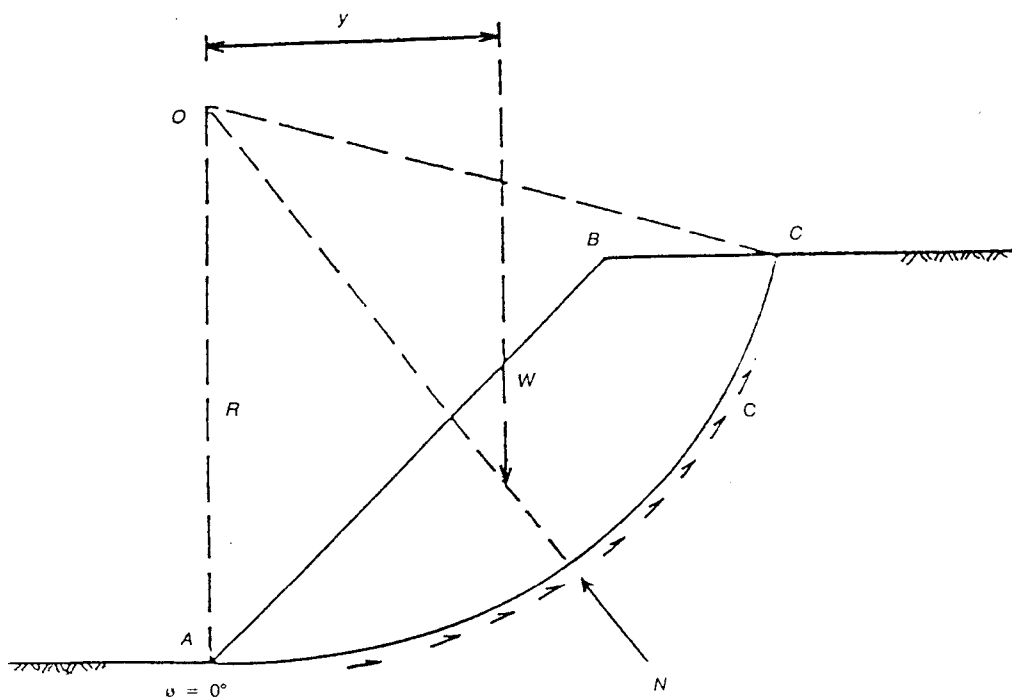
$$F = \frac{\sum M_r}{\sum M_d} \dots\dots\dots (2.26)$$

(sumber : Hardiyatmo, HC, Mekanika Tanah 2, 1994)

dengan :

M_r = jumlah momen yang menahan (tm)

M_d = jumlah momen yang menggerakkan (tm)



Gambar 2.5 Analisis stabilitas lereng tanah lempung tanpa pengaruh rembesan

(sumber : Hardiyatmo, HC, Mekanika Tanah 2, 1994)

atau

$$F = \frac{RcL_{AC}}{Wy} \dots\dots\dots (2.27)$$

(sumber : Hardiyatmo, HC, Mekanika Tanah 2, 1994)

dengan :

F = faktor aman

W = berat tanah (ton)

L_{AC} = panjang bagian lingkaran AC (m)

c = kohesi (t/m^2)

R = jari-jari lingkaran bidang lonsor yang ditinjau (m)

y = jarak pusat berat W terhadap O

Jika lereng dipengaruhi oleh aliran rembesan air tanah, maka diperlukan untuk menggambar gambar garis freatis dan sketsa jaring arusnya (*flow-net*). Garis-garis ekuipotensial memotong lingkaran longsor dengan tinggi energi yang diketahui. Tekanan pada titik ini dapat dihitung untuk memberikan diagram tekanan seperti yang dilihat pada Gambar 2.7.

Jumlah tekanan air pori (U) dapat dihitung secara integrasi, dimana titik tangkap gaya U ini akan melewati titik O . Nilai vektor gaya W dapat diperoleh dengan cara menambahkan U dengan vektor W^1 . Dengan cara keseimbangan momen dapat diperoleh jarak y . Nilai faktor aman dapat dihitung dengan :

$$F = \frac{RcL_{AC}}{W^1 y} \dots\dots\dots(2.28)$$

(sumber : Hardiyatmo, HC, Mekanika Tanah 2, 1994)

dengan :

R = jari-jari bidang longsor (m)

c = kohesi (t/m^2)

L_{AC} = panjang bagian lingkaran AC (m)

keseimbangan dari tiap irisan diperhatikan. Gambar 2.7 memperlihatkan suatu irisan dengan gaya-gaya yang bekerja padanya. Gaya-gaya ini terdiri dari gaya geser (X_r dan X_l) dan gaya normal efektif (E_r dan E_l) di sepanjang sisi irisannya, dan juga resultan gaya efektif (T_i) dan resultan gaya normal efektif (N_i) yang bekerja di sepanjang dasar irisannya. Pada irisannya, tekanan air pori U_l dan U_r bekerja di kedua sisinya, dan tekanan air pori U_i pada dasarnya. Dianggap tekanan air pori sudah diketahui sebelumnya. Metode irisan yang digunakan antara lain :

1) Metode Fellinius

Analisis stabilitas lereng cara Fellinius (1927) (dikutip dari Hardiyatmo, HC, Mekanika Tanah 2, 1994) menganggap gaya-gaya yang bekerja pada sisi kanan-kiri dari sembarang irisan mempunyai resultan nol pada arah tegak lurus bidang longsornya. Dengan anggapan ini, keseimbangan arah vertikal dari gaya-gaya yang bekerja dengan memperhatikan tekanan air pori adalah :

$$N_i + U_i = W_i \cos \theta_i$$

atau

$$N_i = W_i \cos \theta_i - U_i$$

$$N_i = W_i \cos \theta_i - u_i a_i \dots \dots \dots (2.29)$$

(sumber : Hardiyatmo, HC, Mekanika Tanah 2, 1994)

Faktor aman didefinisikan sebagai :

$$F = \frac{\sum M_r}{\sum M_d}$$

dengan :

M_r = jumlah momen yang menahan (tm)

M_d = jumlah momen yang menggerakkan (tm)

Lengan momen dari berat massa tanah tiap irisan adalah $R \sin \theta$, maka :

$$\sum M_d = R \sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin \theta_i \dots\dots\dots(2.30)$$

(sumber : Hardiyatmo, HC, Mekanika Tanah 2, 1994)

dengan :

R = jari-jari lingkaran bidang longsor

n = jumlah irisan

W_i = berat massa tanah irisan ke-i

θ_i = sudut yang didefinisikan pada Gambar 2.7

Dengan cara yang sama, momen yang menahan yang akan longsor adalah :

$$\sum M_r = R \sum_{i=1}^{i=n} (ca_i + N_i \text{tg} \phi) \dots\dots\dots(2.31)$$

Karena itu, persamaan untuk faktor amannya menjadi :

$$F = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (ca_i + N_i \text{tg} \phi)}{\sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin \theta_i} \dots\dots\dots(2.32)$$

Bila terdapat air pada lerengnya, tekanan air pori pada bidang longsor tidak berpengaruh pada M_d , karena resultan gaya akibat tekanan air pori lewat titik pusat lingkaran. Substitusi persamaan (2.29) ke persamaan (2.32) diperoleh :

$$F = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} ca_i + (W_i \cos \theta_i - u_i a_i) \text{tg} \phi}{\sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin \theta_i} \dots\dots\dots(2.33)$$

(sumber : Hardiyatmo, HC, Mekanika Tanah 2, 1994)

$$\tau = \frac{c'}{F} + (\sigma - u) \frac{tg\phi'}{F} \dots\dots\dots(2.34)$$

(sumber : Hardiyatmo, HC, Mekanika Tanah 2, 1994)

dengan :

σ = tegangan normal total pada bidang longsor

u = tekanan air pori, untuk irisan ke- i

Nilai $T_i = \tau a_i$, yaitu nilai gaya geser yang berkembang pada bidang longsor untuk keseimbangan batas, karena itu :

$$T_i = \frac{c'a_i}{F} + (N_i - u_i a_i) \frac{tg\phi'}{F} \dots\dots\dots(2.35)$$

Kondisi keseimbangan momen terhadap pusat rotasi O antara berat massa tanah yang akan longsor dengan gaya geser total pada bidang longsornya dapat dinyatakan oleh (gambar 2.7) :

$$\sum W_i x_i = \sum T_i R \dots\dots\dots(2.36)$$

dengan x_i adalah jarak W_i ke pusat rotasi O. dari persamaan (2.34) dan (2.36) dapat diperoleh :

$$F = \frac{R \sum_{i=1}^{i=n} [c'a_i + (N_i - u_i a_i) tg\phi']}{\sum_{i=1}^{i=n} W_i x_i} \dots\dots\dots(2.37)$$

Dari kondisi keseimbangan vertikal, jika $X_1 = X_i$ dan $X_r = X_{i+1}$:

$$N_i \cos \theta_i + T_i \sin \theta_i = W_i + X_i - X_{i+1}$$

$$N_i = \frac{W_i + X_i - X_{i+1} - T_i \sin \theta_i}{\cos \theta_i} \dots\dots\dots(2.38)$$

Dengan $N_i' = N_i - u_i a_i$, substitusi persamaan (2.35) ke persamaan (2.38), dapat diperoleh persamaan :

$$N_i' = \frac{W_i + X_i - X_{i+1} - u_i a_i \cos \theta_i - c' a_i \sin \theta_i / F}{\cos \theta_i + \sin \theta_i \operatorname{tg} \phi' / F} \dots \dots \dots (2.39)$$

Substitusi persamaan (2.39) ke persamaan (2.37), diperoleh :

$$F = \frac{R \sum_{i=1}^{i=n} c' a_i + \operatorname{tg} \phi' \left(\frac{W_i + X_i - X_{i+1} - u_i a_i \cos \theta_i - c' a_i \sin \theta_i / F}{\cos \theta_i + \sin \theta_i \operatorname{tg} \phi' / F} \right)}{\sum_{i=1}^{i=n} W_i x_i} \dots \dots \dots (2.40)$$

Untuk penyederhanaan dianggap $X_i - X_{i+1} = 0$ dan dengan mengambil:

$$x_i = R \sin \theta_i \dots \dots \dots (2.41)$$

$$b_i = a_i \cos \theta_i \dots \dots \dots (2.42)$$

Substitusi persamaan (2.41) dan (2.42) ke persamaan (2.40), diperoleh persamaan faktor aman :

$$F = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} [c' b_i + (W_i - u_i b_i) \operatorname{tg} \phi'] \left(\frac{1}{\cos \theta_i (1 + \operatorname{tg} \theta_i \operatorname{tg} \phi' / F)} \right)}{\sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin \theta_i} \dots \dots \dots (2.43)$$

(sumber : Hardiyatmo, HC, Mekanika Tanah 2, 1994)

dengan :

F = faktor aman

c' = kohesi tanah efektif

ϕ' = sudut gesek dalam tanah efektif

b_i = lebar irisan ke-i

W_i = berat irisan tanah ke-i

θ_i = sudut yang didefinisikan dalam gambar 2.7

u_i = tekanan air pori pada irisan ke-i

Persamaan faktor aman Bishop ini lebih sulit pemakaiannya dibandingkan dengan metode Fellenius. Lagi pula membutuhkan cara coba-coba (*trial and error*), Karena nilai faktor aman F nampak di kedua sisi persamaannya. Akan tetapi cara ini telah terbukti memberikan nilai faktor aman yang mendekati nilai faktor aman dari hitungan yang telah dilakukan dengan cara lain yang lebih teliti. Lokasi lingkaran longsor kritis dari metode Bishop (1955), biasanya mendekati dengan hasil pengamatan di lapangan. Karena itu, walaupun metode Fellenius lebih mudah, metode Bishop lebih disukai karena menghasilkan penyelesaian yang lebih teliti (Hardiyatmo, HC, Mekanika Tanah 2, 1994).

2.6 Stabilitas Lereng dengan Tinggi Terbatas

Pengamatan longsoran lereng yang dilakukan oleh Collin (1846), menunjukkan bahwa kebanyakan peristiwa longsor tanah terjadi dengan bentuk bidang longsor yang berupa lengkungan. Sebab terjadinya longsor adalah karena tidak tersedianya kuat geser tanah yang cukup untuk menahan tanah longsor ke bawah, pada bidang longsornya.

Metode yang digunakan dalam analisis stabilitas lereng menggunakan cara Fellenius. Analisis stabilitas lereng cara Fellenius (1927), menganggap gaya-gaya yang bekerja pada sisi kanan-kiri dari sembarang irisan mempunyai resultan nol pada

sedang untuk tebal lapisan kedua adalah selisih dari tinggi lereng dikurangi dengan tebal lapisan pertama.

3. Keadaan muka air tanah

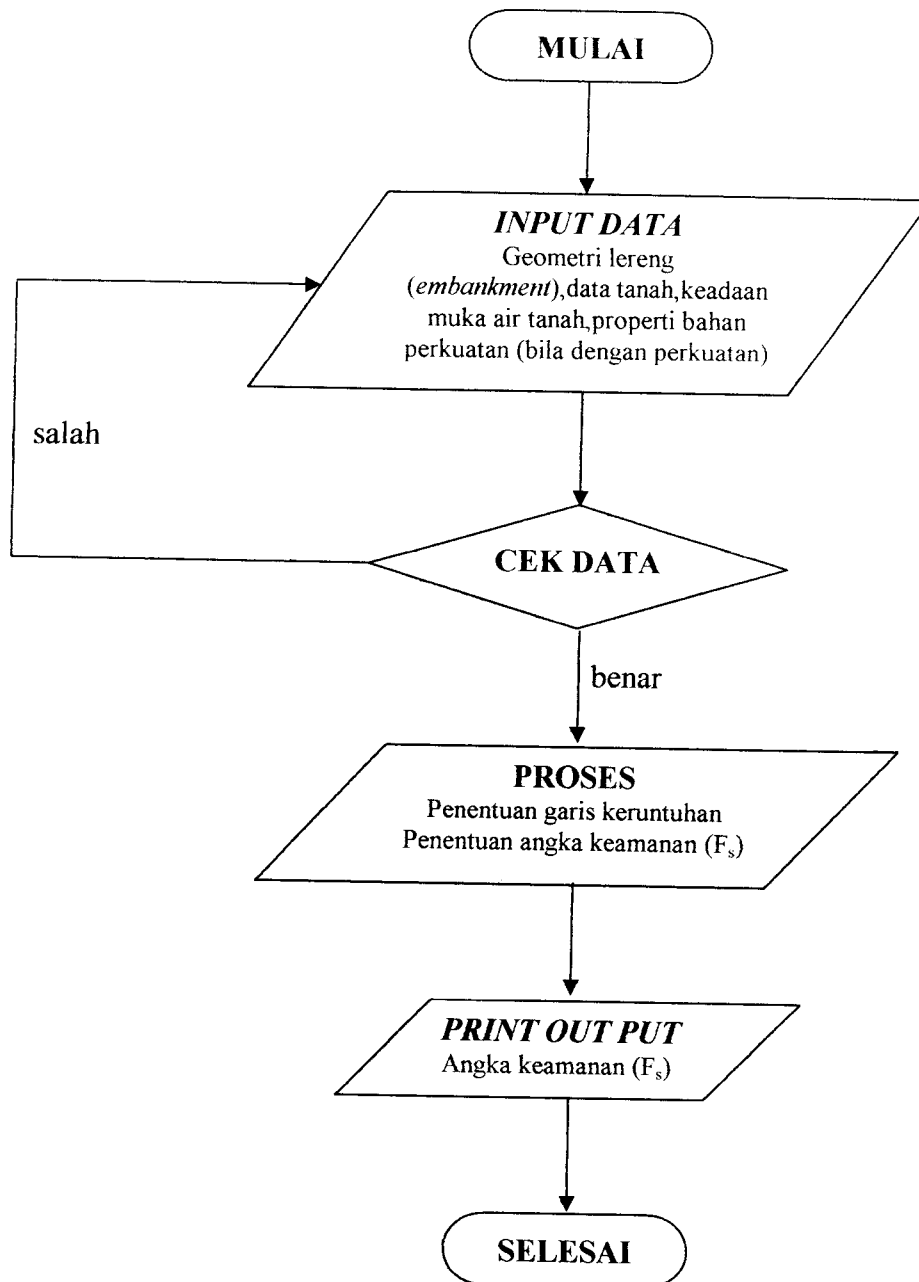
Muka air tanah hanya bisa pada lereng saja, dengan ketinggian muka air dari 0,00 (muka tanah asli) hingga maksimum setinggi lereng yang didesain.

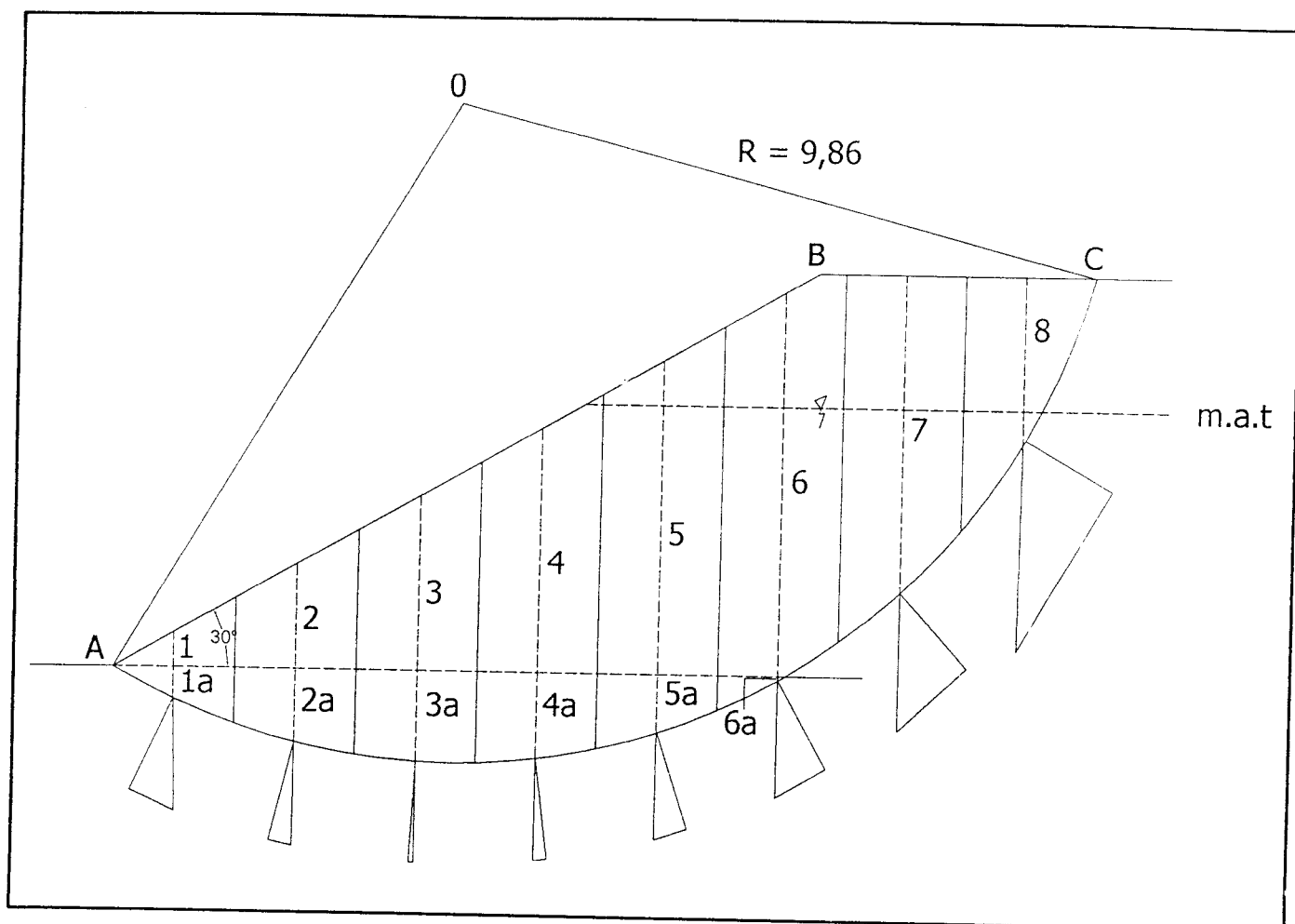
4. Properti bahan perkuatan

Apabila kita mendesain lereng dengan menggunakan perkuatan geotekstil maka kita membutuhkan properti dari geotekstil yang kita pakai tersebut, seperti kuat tarik ijin geotekstil, panjang perkuatan geotekstil dan tebal lapisan perkuatan.

2.7.2 Output Data

Setelah semua data yang diperlukan dimasukkan, maka *MRSSlope* akan mengolah data tersebut dan menghasilkan gambar garis keruntuhan dan angka keamanan dari lereng yang telah didesain. *Print output* dari *MRSSlope* berupa data dari lereng serta angka keamanan saja. *MRSSlope* juga telah memberikan angka keamanan yang paling minimal, tetapi angka keamanan yang lebih kecil dari 0 ($F_s < 0$) tidak dapat keluar pada *print output MRSSlope* tersebut.

Gambar 2.8 Bagan alir *MRSSlope*



Gambar 4.2 Garis keruntuhan kritis dengan sudut 30°

Perhitungan berat W_i = volume irisan x berat volume tanah (γ) sedang untuk tanah yang terendam air perhitungan berat W_i = volume irisan x berat volume tanah terendam air (γ').

Perhitungan berat air (u_i) = volume irisan terendam air x berat volume air (γ_w), dengan $\gamma_w = 9,81 \text{ kN/m}^3$.

Perhitungan selanjutnya dipresentasikan dalam tabel 4.2.

Tabel 4.2 Perhitungan stabilitas lereng dengan sudut 30°

Irisan no	Berat Wi (KN)	Sudut θ	Wi cos θ (KN)	Wi sin θ (KN)	ui (KN)	ai	Ui = ui x ai	Wi cos θ - Ui
1	17.460	-25.0	15.824	-7.379	2.453	1.80	4.415	11.410
2	55.872	-13.0	54.440	-12.568	7.848	1.80	14.126	40.314
3	90.792	-2.5	90.706	-3.960	12.753	1.80	22.955	67.750
4	125.712	8.0	124.489	17.496	17.658	1.80	31.784	92.704
5	164.124	19.0	155.182	53.434	19.620	1.80	35.316	119.866
6	181.584	30.5	156.458	92.161	19.620	1.80	35.316	121.142
7	238.271	45.0	168.483	168.483	12.550	2.67	33.509	134.975
8	169.613	63.5	75.681	151.793	0.000	3.96	0.000	75.681
1a	15.365	-25.0	13.925	-6.494	1.962	1.98	3.885	10.041
2a	42.253	-13.0	41.170	-9.505	5.397	1.98	10.686	30.484
3a	49.935	-2.5	49.887	-2.178	6.377	1.98	12.625	37.262
4a	48.015	8.0	47.548	6.682	6.130	1.98	12.137	35.410
5a	30.729	19.0	29.055	10.004	3.920	1.98	7.762	21.293
6a	4.365	30.5	3.761	2.215	1.105	0.99	1.094	2.667
			1026.609	369.670				800.999

$$F = \frac{[(1.4 \times 18.24) + (800.999 \times \text{tg } 37)]}{369.67} = 1.702$$

4.2.3 Sudut Kemiringan Lereng 45°

$$\text{Panjang } \overline{AC} = \frac{\angle AOC}{360} \times 2\pi R = \frac{84}{360} \times 2\pi 10.44 = 15.3 \text{ m}$$

Perhitungan kemandapan lereng dilakukan dengan jari-jari garis keruntuhan kritis disesuaikan dengan perhitungan hasil program *MRSSlope*, seperti pada gambar 4.3.

Tabel 4.3 Perhitungan stabilitas lereng dengan sudut 45°

Irisan no	Berat W_i (KN)	Sudut θ	$W_i \cos \theta$ (KN)	$W_i \sin \theta$ (KN)	u_i (KN)	a_i	$U_i = u_i \times a_i$	$W_i \cos \theta - U_i$
1	24.832	-11.00	24.376	-4.738	3.924	1.60	6.278	18.097
2	74.496	-3.00	74.394	-3.899	11.770	1.60	18.832	55.562
3	127.264	6.00	126.567	13.303	20.111	1.60	32.177	94.390
4	184.532	16.00	177.384	50.864	19.620	1.64	32.177	145.207
5	171.806	26.00	154.418	75.315	16.675	1.64	27.347	127.071
6	174.600	36.00	141.254	102.627	12.260	2.00	24.520	116.734
7	142.532	49.00	93.509	107.570	5.396	2.37	12.777	80.733
8	49.265	61.00	23.884	43.088	0.000	2.31	0.000	23.884
1a	6.363	-11.00	6.246	-1.214	0.981	1.64	1.609	4.637
2a	12.726	-3.00	12.709	-0.666	1.962	1.64	3.218	9.491
3a	12.726	6.00	12.656	1.330	1.962	1.64	3.218	9.439
4a	1.649	16.00	1.585	0.455	0.385	0.82	0.316	1.269
			848.982	357.395				686.515

$$F = \frac{[(1.4 \times 15.3) + (686.515 \times \text{tg } 37)]}{357.395} = 1.51$$

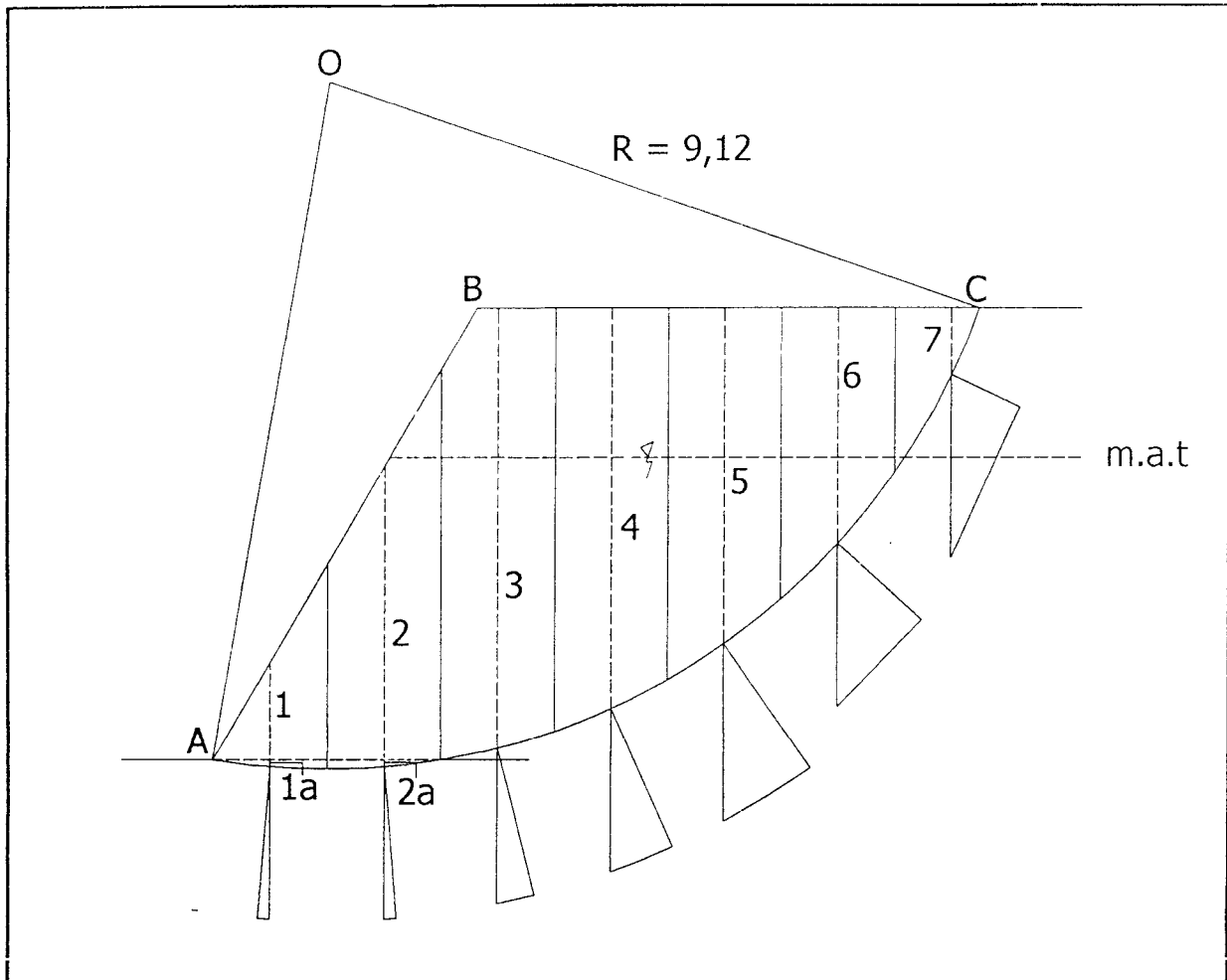
4.2.4 Sudut Kemiringan Lereng 60°

$$\text{Panjang } \overline{AC} = \frac{\angle AOC}{360} \times 2\pi R = \frac{80}{360} \times 2\pi 9.12 = 13.05 \text{ m}$$

Perhitungan kemantapan lereng dilakukan dengan jari-jari garis keruntuhan kritis disesuaikan dengan perhitungan hasil program *MRSSlope*, seperti pada gambar 4.4.

Perhitungan berat W_i = volume irisan x berat volume tanah (γ) sedang untuk tanah yang terendam air perhitungan berat W_i = volume irisan x berat volume tanah terendam air (γ').

Perhitungan berat air (u_i) = volume irisan terendam air x berat volume air (γ_w), dengan $\gamma_w = 9,81 \text{ kN/m}^3$.

Gambar 4.4 Garis keruntuhan kritis dengan sudut 60°

Perhitungan selanjutnya dipresentasikan dalam tabel 4.4.

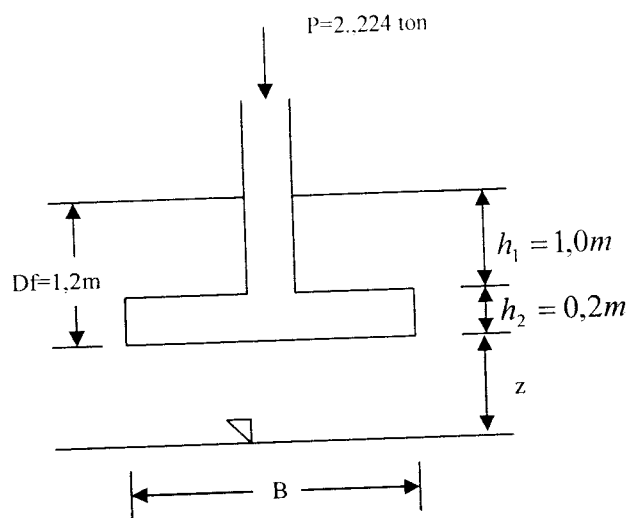
Tabel 4.4 Perhitungan stabilitas lereng dengan sudut 60°

Irisan no	Berat W_i (KN)	Sudut θ	$W_i \cos \theta$ (KN)	$W_i \sin \theta$ (KN)	u_i (KN)	a_i	$U_i = u_i \times a_i$	$W_i \cos \theta - U_i$
1	37.830	-5.00	37.686	-3.297	6.377	1.50	9.565	28.121
2	113.490	4.00	113.214	7.917	19.130	1.50	28.695	84.519
3	181.990	14.50	176.193	45.567	19.130	1.59	30.417	145.776
4	166.568	25.00	150.962	70.395	16.675	1.59	26.513	124.449
5	170.448	35.00	139.623	97.765	12.750	1.91	24.353	115.270
6	138.430	49.00	90.818	104.474	5.885	2.23	13.124	77.695
7	73.330	62.50	33.860	65.045	0.000	2.70	0.000	33.860
1a	4.394	-5.00	4.377	-0.383	0.735	1.51	1.110	3.267
2a	5.859	4.00	5.845	0.409	0.980	1.51	1.480	4.365
			752.578	369.049				617.322

$$F = \frac{[(1.4 \times 13.05) + (617.322 \times \text{tg } 37^\circ)]}{369.049} = 1.32$$

Beban yang didukung pondasi (P) = $P_{bak} + P_w + P_k = 1,104 + 0,64 + 0,48 = 2,224$ ton

4.3.2 Menghitung Dimensi Pondasi



Gambar 4.6 Pondasi Telapak

Dengan data tanah :

$$\gamma_b = 1,94 \text{ t/m}^3$$

$$c = 1,4 \text{ t/m}^2$$

$$\gamma_{bm} = 2,4 \text{ t/m}^3$$

$$\phi = 37^\circ$$

Tabel 4.5 Faktor daya dukung untuk persamaan Terzaghi

ϕ	N_c	N_q	N_γ	K_{py}
34	52.6	36.5	36	
35	57.8	41.4	42.4	82.0
40	95.7	81.3	100.4	141.0
45	172.3	173.3	297.5	298.0
48	258.3	287.9	780.1	

(sumber : Bowles, JE, Analisis dan Desain Pondasi, 1991)

Dari hasil interpolasi Tabel 4.5, Didapat :

$$N_q = 57,36 ; N_c = 72,96 ; N_\gamma = 65,6$$

$$p_o = \gamma_b D_f = 1,94 \times 1,2 = 2,328 \text{ t/m}^2$$

$$\gamma' = \frac{(G_s - 1)\gamma_w}{1 + e} = \frac{(2,66 - 1)1}{1 + 0,75} = 0,95 \text{ t/m}^3$$

$$\gamma_{rt} = \gamma' + \left(\frac{z}{B}\right)(\gamma_b - \gamma') = 0,95 + \left(\frac{0,8}{B}\right)(1,94 - 0,95)$$

$$\gamma_{rt} = 0,95 + \frac{0,792}{B}$$

Dengan memakai persamaan Terzaghi dan keruntuhan geser umum maka :

$$q_{un} = 1,3cN_c + p_o(N_q - 1) + 0,4\gamma_{rt}BN_\gamma$$

$$q_{un} = 1,3 \cdot 1,4 \cdot 72,96 + 2,328(57,36 - 1) + 0,4\left(0,95 + \frac{0,792}{B}\right)B \cdot 65,6$$

$$q_{un} = 147,1 + 14,93B$$

$$\frac{q_{un}}{3} = q_n$$

$$\frac{1}{3}(147,1 + 14,93B) = \frac{2,224}{B^2} + (1,2 \cdot 1,94)$$

$$49,03 + 4,98B = \frac{2,224}{B^2} + 2,328$$

$$4,98B^3 + 46,782B^2 - 2,224 = 0$$

Didapat $B = 0,85 \text{ m}$

Kontrol Stabilitas

$$q_s = \frac{q_{un}}{3} + D_f \gamma$$

$$q_s = \frac{1}{3}(147,1 + 14,93 \cdot 0,85) + 1,2 \cdot 1,94 = 55,592 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_{gd} = \frac{P}{A} + D_f \gamma_b = \frac{2,224}{0,85 \times 0,85} + 1,2 \cdot 1,94 = 5,406 \text{ t/m}^2 < q_s \text{ (aman)}$$

Perhitungan berat $W_i = \text{volume irisan} \times \text{berat volume tanah } (\gamma)$ sedang untuk tanah yang terendam air perhitungan berat $W_i = \text{volume irisan} \times \text{berat volume tanah terendam air } (\gamma')$.

Perhitungan berat air (u_i) = volume irisan terendam air x berat volume air (γ_w), dengan $\gamma_w = 9,81 \text{ kN/m}^3$.

Perhitungan selanjutnya dipresentasikan dalam tabel 4.6.

Tabel 4.6 Perhitungan stabilitas lereng dengan sudut 15°

Irisan no	Berat W_i (Ton)	Sudut θ	$W_i \cos \theta$ (Ton)	$W_i \sin \theta$ (Ton)	u_i (Ton)	a_i	$U_i = u_i \times a_i$	$W_i \cos \theta - U_i$
1	3.492	-20	3.281	-1.194	0.9	3.0	2.7	0.581
2	6.984	-12	6.831	-1.452	1.8	3.0	5.4	1.431
3	12.804	-3	12.786	-0.670	3.3	3.0	9.9	2.886
4	17.460	6	17.360	1.825	4.5	3.0	13.5	3.86
5	22.116	15	21.360	5.724	5.7	3.0	17.1	4.26
6	26.772	23	24.630	10.461	6.3	3.15	19.845	4.785
7	23.280	34	19.299	13.018	4.2	3.198	14.43	4.869
8	14.100	44	10.143	9.795	0.3	3.91	1.773	8.970
9	3.254	51	2.048	2.529	0	0.888	0	2.048
1a	4.074	-20	3.828	-1.393	1.05	3.198	3.36	0.468
2a	8.148	-12	7.970	-1.694	2.1	3.198	6.71	1.26
3a	10.476	-3	10.462	-0.548	2.7	3.198	8.63	1.832
4a	10.476	6	10.418	1.095	2.7	3.198	8.63	1.832
5a	6.984	15	6.746	1.807	1.8	3.198	5.756	0.99
6a	1.764	23	1.607	0.689	0.45	2.3	1.035	0.572
			158.769	42.371				40.644

Perhitungan berat $W_i = \text{volume irisan} \times \text{berat volume tanah } (\gamma)$ sedang untuk tanah yang terendam air perhitungan berat $W_i = \text{volume irisan} \times \text{berat volume tanah terendam air } (\gamma')$.

Perhitungan berat air (u_i) = volume irisan terendam air x berat volume air (γ_w), dengan $\gamma_w = 9,81 \text{ kN/m}^3$.

Perhitungan selanjutnya dipresentasikan dalam tabel 4.7.

Tabel 4.7 Perhitungan stabilitas lereng dengan sudut 30°

Irisan no	Berat W_i (KN)	Sudut θ	$W_i \cos \theta$ (KN)	$W_i \sin \theta$ (KN)	u_i (KN)	a_i	$U_i = u_i \times a_i$	$W_i \cos \theta - U_i$
1	17.460	-25.0	15.824	-7.379	2.453	1.80	4.415	11.410
2	55.872	-13.0	54.440	-12.568	7.848	1.80	14.126	40.314
3	90.792	-2.5	90.706	-3.960	12.753	1.80	22.955	67.750
4	125.712	8.0	124.489	17.496	17.658	1.80	31.784	92.704
5	164.124	19.0	155.182	53.434	19.620	1.80	35.316	119.866
6	181.584	30.5	156.458	92.161	19.620	1.80	35.316	121.142
7	249.791	45.0	176.029	176.029	12.550	2.67	33.509	143.120
8	194.968	63.5	86.994	174.484	0.000	3.96	0.000	86.994
1a	15.365	-25.0	13.925	-6.494	1.962	1.98	3.885	10.041
2a	42.253	-13.0	41.170	-9.505	5.397	1.98	10.686	30.484
3a	49.935	-2.5	49.887	-2.178	6.377	1.98	12.625	37.262
4a	48.015	8.0	47.548	6.682	6.130	1.98	12.137	35.410
5a	30.729	19.0	29.055	10.004	3.920	1.98	7.762	21.293
6a	4.365	30.5	3.761	2.215	1.105	0.99	1.094	2.667
			1046.07	391.021				820.458

$$F = \frac{[(1.4 \times 18.24) + (820.458 \times \text{tg } 37)]}{391.021} = 1.646$$

4.4.3 Sudut Kemiringan Lereng 45°

$$\text{Panjang } \overline{AC} = \frac{\angle AOC}{360} \times 2\pi R = \frac{84}{360} \times 2\pi 10.44 = 15.3 \text{ m}$$

Perhitungan berat $W_i = \text{volume irisan} \times \text{berat volume tanah } (\gamma)$ sedang untuk tanah yang terendam air perhitungan berat $W_i = \text{volume irisan} \times \text{berat volume tanah terendam air } (\gamma')$.

Perhitungan berat air (u_i) = volume irisan terendam air \times berat volume air (γ_w), dengan $\gamma_w = 9,81 \text{ kN/m}^3$.

Perhitungan selanjutnya dipresentasikan dalam tabel 4.8.

Tabel 4.8 Perhitungan stabilitas lereng dengan sudut 45°

Irisan no	Berat W_i (KN)	Sudut θ	$W_i \cos \theta$ (KN)	$W_i \sin \theta$ (KN)	u_i (KN)	a_i	$U_i = u_i \times a_i$	$W_i \cos \theta - U_i$
1	24.832	-11.00	24.376	-4.738	3.924	1.60	6.278	18.097
2	74.496	-3.00	74.394	-3.899	11.770	1.60	18.832	55.562
3	127.264	6.00	126.567	13.303	20.111	1.60	32.177	94.390
4	184.532	16.00	177.384	50.864	19.620	1.64	32.177	145.207
5	177.566	26.00	159.595	77.840	16.675	1.64	27.347	132.248
6	180.395	36.00	145.943	106.034	12.260	2.00	24.520	121.423
7	142.532	49.00	93.509	107.570	5.396	2.37	12.777	80.733
8	49.265	61.00	23.884	43.088	0.000	2.37	0.000	23.884
1a	6.363	-11.00	6.246	-1.214	0.981	1.64	1.609	4.637
2a	12.726	-3.00	12.709	-0.666	1.962	1.64	3.218	9.491
3a	12.726	6.00	12.656	1.330	1.962	1.64	3.218	9.439
4a	1.649	16.00	1.585	0.455	0.385	0.82	0.316	1.269
			858.848	379.966				696.380

$$F = \frac{[(1.4 \times 15.3) + (696.38 \times \text{tg } 37)]}{379.986} = 1.4413$$

4.4.4 Sudut Kemiringan Lereng 60°

$$\text{Panjang } \overline{AC} = \frac{\angle AOC}{360} \times 2\pi R = \frac{80}{360} \times 2\pi \times 9.12 = 13.05 \text{ m}$$

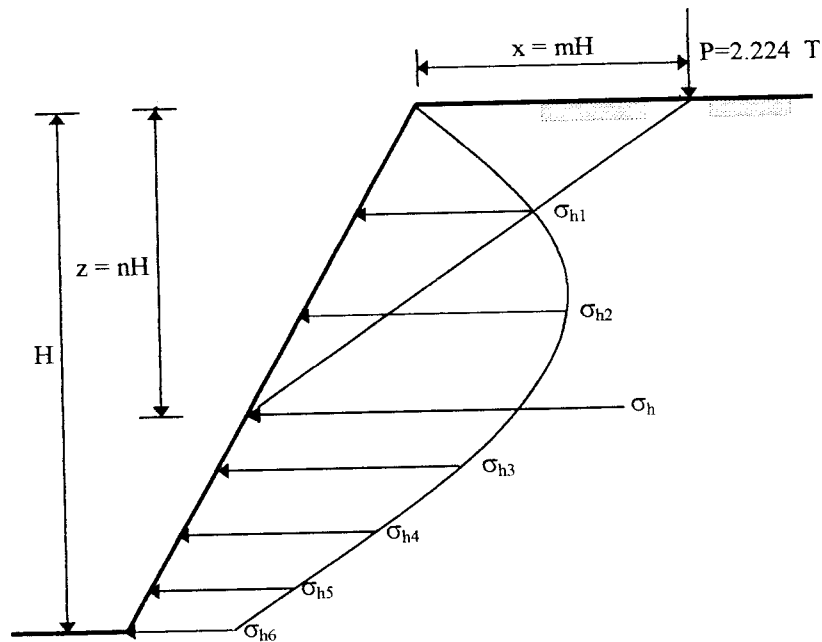
Tabel 4.9 Perhitungan stabilitas lereng dengan sudut 60°

Irisan no	Berat W_i (KN)	Sudut θ	$W_i \cos \theta$ (KN)	$W_i \sin \theta$ (KN)	u_i (KN)	a_i	$U_i = u_i \times a_i$	$W_i \cos \theta - U_i$
1	37.830	-5.00	37.686	-3.297	6.377	1.50	9.565	28.121
2	113.490	4.00	113.214	7.917	19.130	1.50	28.695	84.519
3	181.990	14.50	176.193	45.567	19.130	1.59	30.417	145.776
4	180.968	25.00	164.013	76.480	16.675	1.59	26.513	137.499
5	193.523	35.00	158.525	111.000	12.750	1.91	24.353	134.172
6	138.430	49.00	90.818	104.474	5.885	2.23	13.124	77.695
7	73.330	62.50	33.860	65.045	0.000	2.70	0.000	33.860
1a	4.394	-5.00	4.377	-0.383	0.735	1.51	1.110	3.267
2a	5.859	4.00	5.845	0.409	0.980	1.51	1.480	4.365
			784.531	387.212				649.275

$$F = \frac{[(1.4 \times 13.05) + (649.275 \times \text{tg } 37)]}{387.212} = 1.31$$

4.5 Desain Perkuatan Lereng Dengan Geotekstil

4.5.1 Tegangan Lateral Akibat Beban Titik



Gambar 4.11 Tekanan Tanah pada Dinding akibat Beban Titik

Bila $m \leq 0,4$ maka

$$\sigma_h = \frac{0,28P}{H^2} \frac{n^2}{(0,16 + n^2)^3}$$

dengan:

σ_h = tekanan tanah lateral (t/m^2)

P = beban (ton)

m = x/H

n = z/H

x = jarak tepi atas lereng terhadap beban pondasi

z = tinjauan jarak tekanan tanah lateral dari muka tanah

maka didapat,

$$\sigma_{h1} = \frac{0,28 \times 2,224}{6^2} \frac{0,16^2}{(0,16 + 0,16^2)^3} = 0,068 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_{h2} = \frac{0,28 \times 2,224}{6^2} \frac{0,33^2}{(0,16 + 0,33^2)^3} = 0,095 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_{h3} = \frac{0,28 \times 2,224}{6^2} \frac{0,5^2}{(0,16 + 0,5^2)^3} = 0,06 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_{h4} = \frac{0,28 \times 2,224}{6^2} \frac{0,667^2}{(0,16 + 0,667^2)^3} = 0,034 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_{h5} = \frac{0,28 \times 2,224}{6^2} \frac{0,83^2}{(0,16 + 0,83^2)^3} = 0,019 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_{h6} = \frac{0,28 \times 2,224}{6^2} \frac{1,0^2}{(0,16 + 1,0^2)^3} = 0,011 \text{ t/m}^2$$

$$\text{Didapat } \sum \sigma_h = 0,287 \text{ t/m}^2$$

b. Stabilitas terhadap gaya geser

$$Sf_s = \sum \frac{\text{gaya menahan}}{\text{gaya dorong}}$$

$$Sf_s = \frac{\left(c + \left(\frac{W_1 + W_2}{l} \right) \tan \phi \right) l}{P_a + P_t}$$

$$Sf_s = \frac{\left(1,4 + \left(\frac{16,005}{3,5} \right) \tan 37 \right) 3,5}{7.2657 + 0} = 2,334 > 1,5 \text{ aman}$$

4.5.4 Perencanaan Lapisan Geotekstil Pada Tanah Miring Dengan Sudut Lereng 60° Dengan Diberi Beban

Dalam Analisis perencanaan digunakan data-data sebagai berikut :

a. Tanah

- Tanah Homogen
- Sudut Gesek Dalam (ϕ) = 37°
- Kohesi Tanah (c) = 1,4 t/m²
- Berat Volume Tanah (γ) = 1,94 t/m³

b. Geotekstil

Geotekstil yang digunakan dalam perencanaan ini adalah geotekstil jenis woven dengan spesifikasi sebagai berikut:

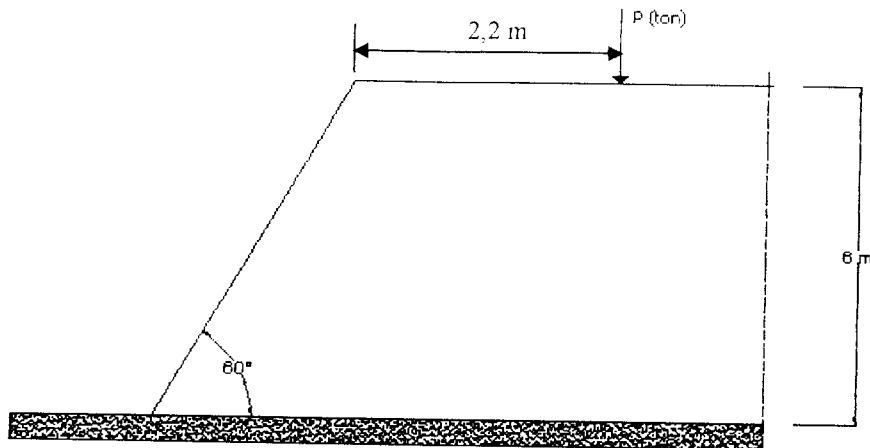
- Geotekstil *Woven Multitex* dengan tegangan tarik ijin = 4,01 ton

c. Dimensi Perencanaan :

- Tinggi Lereng (H) = 6 m

- Beban titik (P) = 2,224 T
- Lereng dengan kemiringan (β) = 60°

Penyelesaian :



Gambar 4.16 Perencanaan Lapisan Geotekstil Pada Tanah Miring sudut 60° Dengan Diberi Beban

1. Tinjauan terhadap stabilitas gaya internal

a. Tekanan Tanah Aktif

$$K_a = \tan^2\left(45 - \frac{\phi}{2}\right)$$

$$K_a = \tan^2\left(45 - \frac{37}{2}\right) = 0,248$$

$$\sigma_h = k_a \cdot \gamma \cdot z + \frac{0,28P}{H^2} \frac{n^2}{(0,16 + n^2)^3}$$

$$\sigma_h = 0,248 \times 1,94 \times z_1 + 0,248 \times 0,95 \times z_2 + 0,077$$

$$\sigma_h = 0,481z_1 + 0,236z_2 + 0,077$$

2. Tinjauan terhadap stabilitas eksternal

a. Stabilitas terhadap bahaya guling

$$P_a = 0,5 \cdot \gamma_b \cdot H^2 \cdot k_a - 2 \cdot c \cdot \sqrt{k_a}$$