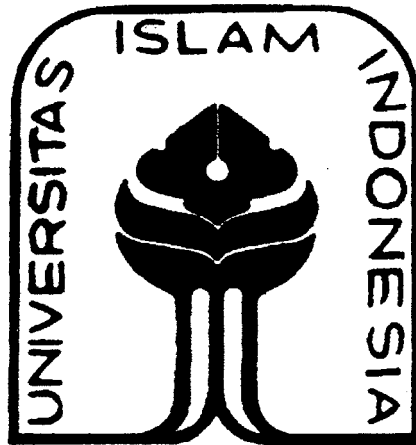


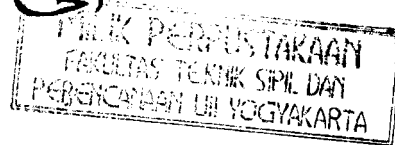
PERPUSTAKAAN FISIP UII
HADIAH BELI
TGL. TERIMA : 21 05 2003
NO. JUDUL : 600434
NO. INV. : 93310074
STAMP : 5720006434001

TUGAS AKHIR

ANALISIS PONDASI DANGKAL PADA TEPI ATAS TANAH LERENG



الجامعة الإسلامية
الاندونيسية



Disusun oleh:

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

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

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
JOGJAKARTA
2003



LEMBAR MOTTO

.....Katakanlah, "Adakah sama orang-orang yang mengetahui dengan orang-orang yang tidak mengetahui? Sesungguhnya orang-orang yang berakallah yang dapat menerima pelajaran."

(Q.S. Az Zumar : 9)

.....Allah meninggikan orang-orang yang beriman diantara kamu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat.

(Q.S. Al Mujaidillah : 11)

KATA PENGANTAR



Assalaimualaikum Wr. Wb.

Alhamdulillahirabbil ‘alamin, segala puji bagi Allah SWT, yang telah mengajarkan kepada manusia tentang banyak hal yang tidak diketahui sebelumnya dan shalawat serta salam semoga selalu terlimpahkan kepada junjungan kita Rasulullah Muhammad SAW, keluarga, sahabat, ulama dan para pengikutnya yang selalu menjaga ajaran-ajarannya.

Atas berkat rahmat dan hidayah dari Allah SWT, penyusun telah diberi kemurahan untuk menyelesaikan Tugas Akhir sebagai syarat untuk menyelesaikan program studi Strata 1 (S 1) yang berjudul Analisis Pondasi Dangkal Pada Tanah Lereng.

Selama penyusunan Tugas Akhir ini, penyusun banyak mendapat bantuan serta bimbingan dari berbagai pihak, untuk itu penyusun mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu hingga terselesaikannya laporan ini, terutama kepada :

1. Bapak Prof. Ir. H. Widodo, MSCE, Ph.D, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta,
2. Bapak Ir. H. Munadhir, MS selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia,
3. Bapak Ir. H.A. Halim Hasmar, MT selaku Dosen Pembimbing I,

4. Bapak Ir. H. Ibnu Sudarmadji, MS selaku Dosen Pembimbing II,
5. Bapak Ir. A. Marzuko, MT selaku Dosen Penguji,
6. Seluruh staff Pengajar Jurusan Teknik Sipil dan Segenap karyawan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia,
7. Ayahanda, Ibunda, Kakak tercinta yang telah memberi bantuan baik moril maupun materiil serta dukungan selama penyusun menuntut ilmu,
8. Rekan seperjuangan dan sealmamater di Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia,
9. Semua pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung, telah membantu selama penyusunan Tugas Akhir ini.

Segala daya cipta, rasa dan karsa yang telah penyusun curahkan hingga terwujud tugas akhir ini, dimana masih banyak kelemahan dan kekurangannya, semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmat, hidayah, barokah dan maghfiroh-Nya pada kita semua, Amin.

Billahitaufiqwalhidayah

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Jogjakarta, Februari 2003

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
ABSTRAKSI	xii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II LANDASAN TEORI	
2.1. Daya Dukung Tanah.....	6
2.2. Berat Volume Tanah dan Hubungan-hubungannya.....	11
2.3. Klasifikasi Tanah.....	17
2.4. Analisis Dimensi Pondasi.....	18
2.5. Stabilitas Lereng.....	19
2.5.1 Jenis-jenis Lereng.....	19
2.5.2 Jenis-jenis Longsor.....	21

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>MRS</i> Slope.....	36
2.7.1.	<i>Input</i> Data	36
2.7.2.	<i>Ouput</i> Data	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

DAFTAR GAMBAR

1.1	Posisi pondasi pada tepi lereng.....	4
2.1	Faktor daya dukung N_{cq}	9
2.2	Faktor daya dukung $N_{\gamma q}$	10
2.3	Diagram fase tanah.....	11
2.4	Tipe-tipe Kelongsoran.....	22
2.5	Analisis stabilitas lereng tanah lempung tanpa pengaruh rembesan.....	25
2.6	Analisis stabilitas lereng tanah lempung dengan pengaruh rembesan.....	27
2.7	Gaya-gaya yang bekerja pada irisan.....	35
2.8	Bagan alir $MRSSlope$	38
3.1	Diagram alir penelitian.....	43
4.1	Garis keruntuhan kritis dengan sudut 15°	45
4.2	Garis keruntuhan kritis dengan sudut 30°	47
4.3	Garis keruntuhan kritis dengan sudut 45°	49
4.4	Garis keruntuhan kritis dengan sudut 60°	51
4.5	Penampang bak air.....	52
4.6	Pondasi telapak.....	53
4.7	Garis keruntuhan kritis dengan sudut 15° dengan diberi beban.....	55
4.8	Garis keruntuhan kritis dengan sudut 30° dengan diberi beban.....	57
4.8	Garis keruntuhan kritis dengan sudut 45° dengan diberi beban.....	59
4.10	Garis keruntuhan kritis dengan sudut 60° dengan diberi beban.....	61
4.11	Tekanan tanah pada dinding akibat beban titik.....	62

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 LAMPIRAN

Lampiran 1 : Kartu Peserta Tugas Akhir dan Lembar Konsultasi

Lampiran 2 : Data Tanah

Lampiran 3 : Analisis Berdasarkan *MRSSlope*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada permukaan tanah yang tidak horisontal, komponen gravitasi cenderung untuk menggerakkan tanah ke bawah. Jika komponen gravitasi sedemikian besar sehingga perlawanan terhadap geseran yang dapat dikembangkan oleh tanah pada bidang longsornya terlampaui, maka akan terjadi longsor. Analisis stabilitas tanah pada permukaan yang miring ini, biasanya disebut analisis stabilitas lereng. Adapun maksud analisis stabilitas adalah untuk menentukan faktor aman dari bidang longsor yang potensial.

Seiring dengan semakin bertambahnya jumlah penduduk, maka kebutuhan akan lahan perumahan semakin besar, sedangkan lahan yang berada di perkotaan semakin menyempit. Kondisi ini membuat penduduk tidak mempunyai banyak pilihan lahan dalam membangun rumah atau bangunan bertingkat lainnya, sehingga terpaksa harus memanfaatkan setiap lahan yang ada.

Untuk merencanakan pondasi bangunan konstruksi tersebut, kadang-kadang kita menemui berbagai kondisi alam yang berbeda-beda, yang kadang kala menjadi suatu masalah yang harus dipecahkan. Sebagai contoh ditemukan suatu lahan dengan perbedaan elevasi tanah yang sangat tinggi (lereng), disini dituntut untuk merencanakan suatu pondasi yang cocok dan aman, sehingga bahaya longsor pada lereng tersebut dapat diantisipasi dan dihindari.

Jika terdapat lapisan tanah yang cukup tebal dengan kualitas yang baik, yang mampu mendukung konstruksi pada permukaan tanah atau sedikit di bawah permukaan tanah secara langsung, bisa menggunakan pondasi dangkal. Sedangkan pondasi dangkal didefinisikan sebagai pondasi yang mendukung bangunan secara langsung pada tanah pondasi, seperti pondasi telapak, pondasi memanjang dan pondasi rakit.

Pondasi dangkal yang diletakkan pada atau di dekat suatu tanah lereng akan mengakibatkan kekurangan tanah pada sisi miring pondasi dangkal yang cenderung mereduksi stabilitas pondasi tersebut. Oleh karena itu stabilitas lereng keseluruhan harus diperiksa terhadap efek beban pondasi dangkal.

Kelongsoran lereng terjadi selain karena menurunnya kuat geser tanah juga karena terjadi peningkatan beban yang melongsorkan. Tinjauan stabilitas lereng didasarkan pada posisi bidang longsor yang memisahkan bagian tanah yang longsor (zona aktif) dan bagian tanah yang stabil (zona pasif). Masalah perlunya perkuatan tanah sering dijumpai pada tanah dengan kuat geser rendah. Perkuatan lereng yang sering dilakukan selain dengan menggunakan dinding pasangan batu, beton, juga bisa menggunakan lapisan geotekstil. Dengan kemampuan geotekstil untuk menahan tarikan dan geser serta memiliki regangan yang relatif rendah, maka bahan tersebut dapat digunakan sebagai perkuatan (penulangan) pada tanah.

1.2 Tujuan Penelitian

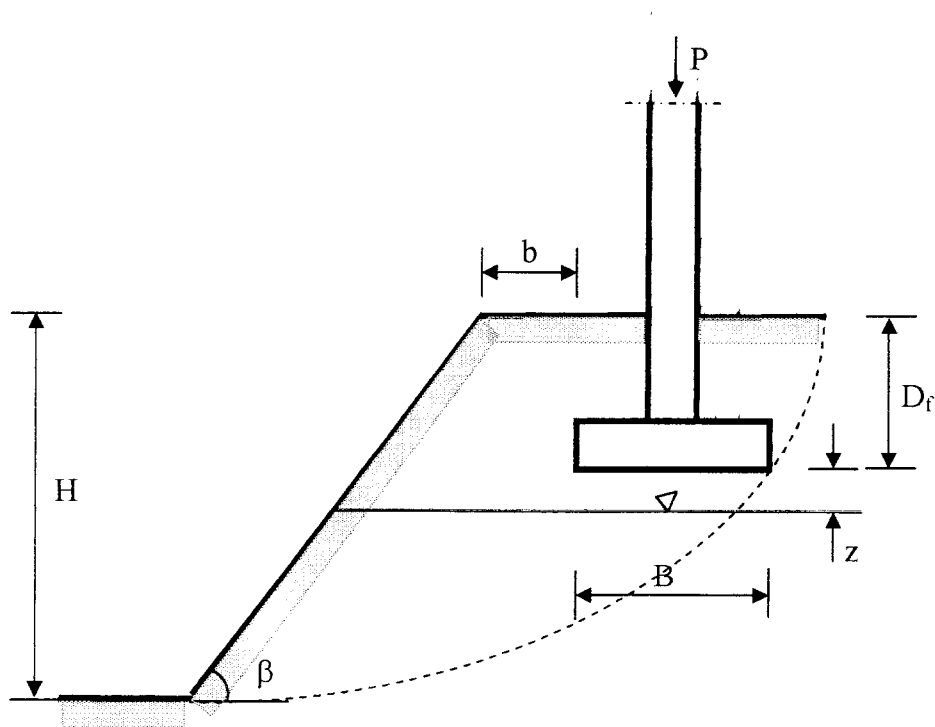
- a. Menganalisis stabilitas lereng dengan variasi kemiringan 15°, 30°, 45°, 60°.

- b. Menganalisis pondasi dangkal pada tanah lereng.
- c. Menganalisis stabilitas lereng dengan beban pondasi dangkal pada tanah lereng.
- d. Menganalisis perkuatan tanah dengan goetekstil, jika akibat kemiringan lereng dan beban pondasi dangkal tidak aman.

1.3 Batasan Masalah

- a. Jenis pondasi yang digunakan adalah bentuk pondasi bujur sangkar.
- b. Pondasi terletak pada daerah tepi lereng.
- c. Kemiringan lereng dengan variasi 15° , 30° , 45° , 60° .
- d. Konstruksi bangunan berupa menara air dengan ukuran ditentukan.
- e. Tanah bersifat homogen.
- f. Muka air tanah terletak di bawah dasar pondasi dengan $z = 0,8 \text{ m}$ ($z < B$) konstan.
- g. Pondasi berada pada daerah longsor, jarak tepi pondasi ke tepi atas lereng ($b = 2,00 \text{ m}$).
- h. Keruntuhan geser umum (*general shear failure*).
- i. Analisis stabilitas lereng dengan bidang longsor berbentuk lingkaran dengan menggunakan metode *Fellinius*.
- j. Data tanah diambil dari hasil penyelidikan proyek kampus III Universitas Ahmad Dahlan jalan Prof. Dr. Soepomo, Jogjakarta. Jenis tanah pasir berlanau coklat abu-abu berkerikil :
 - 1) Berat volume tanah basah (γ_b) = $1,94 \text{ gr/cm}^3$
 - 2) Berat volume tanah kering (γ_d) = $1,52 \text{ gr/cm}^3$
 - 3) Kadar air (w) = $27,6 \%$

- 4) Berat jenis tanah (G_s) = 2,66
 - 5) Angka pori (e) = 0,75
 - 6) Derajat kejenuhan (S) = 98 %
 - 7) Sudut geser (ϕ) = 37°
 - 8) Kohesi (c) = $0,14 \text{ kg/cm}^2$
- k. Muka air tanah pada elevasi 2,00 m di bawah muka tanah.
- l. Kemungkinan digunakan stabilitas lereng dengan perkuatan geotekstil.
- m. Tidak dianalisis terhadap beban gempa.



Gambar 1.1 Posisi Pondasi pada tepi Lereng

Keterangan gambar 1.1

H = tinggi kaki lereng sampai puncak

B = lebar pondasi

b = jarak tepi pondasi dan tepi atas lereng

β = sudut kemiringan lereng tanah

D_f = Kedalaman pondasi

P = beban pondasi

1.4 Manfaat Penelitian

- a. Mendata batas-batas keamanan stabilitas tanah lereng dengan variasi kemiringan lereng 15° , 30° , 45° , 60° dengan beban pondasi dangkal.
- b. Memberi masukan rekayasa konstruksi tentang pondasi dangkal pada daerah lereng dengan variasi kemiringan lereng 15° , 30° , 45° , 60° .

BAB II
LANDASAN TEORI

2.1 Daya Dukung Tanah

Pada permukaan tanah yang tidak horizontal, komponen gravitasi cenderung untuk menggerakkan tanah ke bawah, sehingga dalam merancang pondasi terdapat dua persyaratan yang harus dipenuhi :

- a. Faktor aman terhadap keruntuhan akibat terlampauinya daya dukung tanah harus dipenuhi. Dalam hitungan daya dukung pondasi, umumnya digunakan faktor aman 3. Faktor aman dalam tinjauan daya dukung ultimit dirumuskan sebagai :

$$F = \frac{q_{un}}{q_n} = \frac{q_u - D_f \gamma}{q - D_f \gamma} \dots\dots\dots(2.1)$$

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

dengan :

q_u = daya dukung ultimit (t/m^2)

q_{un} = daya dukung ultimit netto (t/m^2)

q_n = tekanan pondasi netto (t/m^2)

D_f = kedalaman pondasi (m)

γ = berat volume tanah (t/m^3)

q = tekanan pondasi total (t/m^2)

Daya dukung ultimit (q_u) adalah beban maksimum persatuan luas yang masih dapat didukung oleh pondasi. Besarnya beban yang didukung termasuk beban struktur, beban plat pondasi, dan tanah urugan di atasnya.

Daya dukung ultimit netto (q_{un}) adalah nilai intensitas beban pondasi netto dimana tanah akan mengalami keruntuhan geser.

Tekanan pondasi total (q) adalah intensitas tekanan total pada tanah di dasar pondasi, sesudah struktur selesai dibangun dengan pembebanan penuh.

Tekanan pondasi netto (q_n) adalah tambahan tekanan pada dasar pondasi, akibat beban mati dan beban hidup dari strukturnya.

Dari persamaan 2.1 untuk faktor aman (F) tertentu yang sesuai, daya dukung aman (*safe bearing capacity*) (q_s) didefinisikan sebagai tekanan pondasi total ke tanah maksimum yang tak mengakibatkan resiko keruntuhan daya dukung, dengan :

$$q_s = \frac{q_{un}}{F} + D_f \gamma \dots\dots\dots(2.2)$$

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

Terzaghi memberikan persamaan daya dukung aman pondasi telapak berbentuk bujur sangkar sebagai berikut :

Daya dukung ultimit :

$$q_u = 1,3cN_c + p_o N_q + 0,4\gamma BN_\gamma \dots\dots\dots(2.3)$$

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

Daya dukung ultimit netto :

$$q_u = 1,3cN_c + p_o(N_q - 1) + 0,4\gamma BN_\gamma \dots\dots\dots(2.3a)$$

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

dengan :

c = kohesi tanah (t/m^2)

p_o = tekanan *overburden* pada dasar pondasi

γ = berat volume tanah (t/m^3)

B = lebar pondasi (m)

N_c, N_q, N_γ = faktor-faktor daya dukung

Jika terdapat muka air tanah yang terletak pada kedalaman z di bawah dasar pondasi ($z < B$), nilai p_o pada suku persamaan ke-2 dari persamaan (2.3a) adalah :

$$p_o = D_f \gamma_b \dots\dots\dots(2.3b)$$

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

dengan :

D_f = kedalaman pondasi (m)

Sedang untuk berat volume tanah pada suku ke-3 dari persamaan (2.3a) adalah

$$\gamma_{rt} = \gamma^1 + \left(\frac{z}{B}\right)(\gamma_b - \gamma^1) \dots\dots\dots(2.3c)$$

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

dengan :

γ_{rt} = berat volume tanah rata-rata (t/m^3)

γ^1 = berat volume tanah efektif (t/m^3)

γ_b = berat volume tanah basah (t/m^3)

z = jarak antara dasar pondasi dengan muka air tanah (m)

Nilai faktor stabilitas (N_s) dinyatakan :

$$N_s = \frac{\gamma H}{c} \dots\dots\dots(2.4)$$

(sumber : Hardiyatmo, HC, Teknik Pondasi 1, 1996)

dengan :

γ = berat volume tanah (t/m^3)

H = tinggi kaki lereng sampai puncak (m)

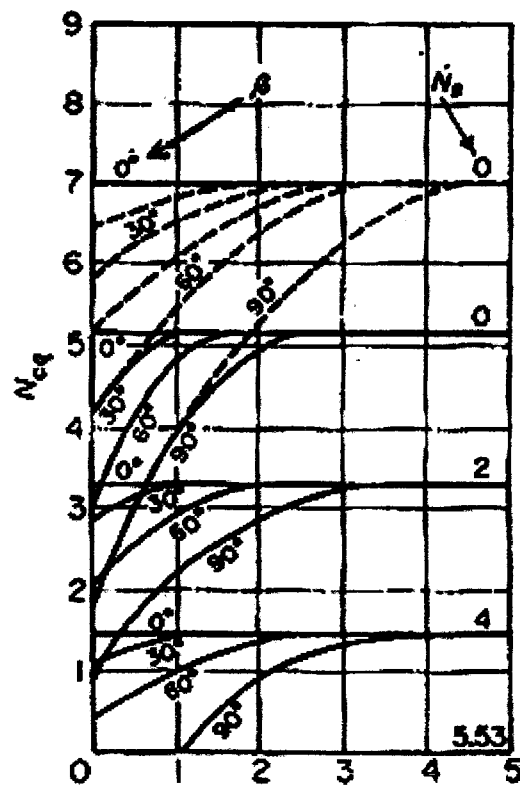
c = kohesi tanah (t/m^2)

Faktor daya dukung ini bergantung pada kemiringan lereng, posisi relatif pondasi, dan sudut gesek dalam tanahnya (ϕ). Berikut ini grafik faktor-faktor daya dukung, dengan interpretasi linier untuk kedalaman di antara keduanya :

$D_f/B = 0$, gunakan garis penuh

$D_f/B = 1$, gunakan garis patah-patah

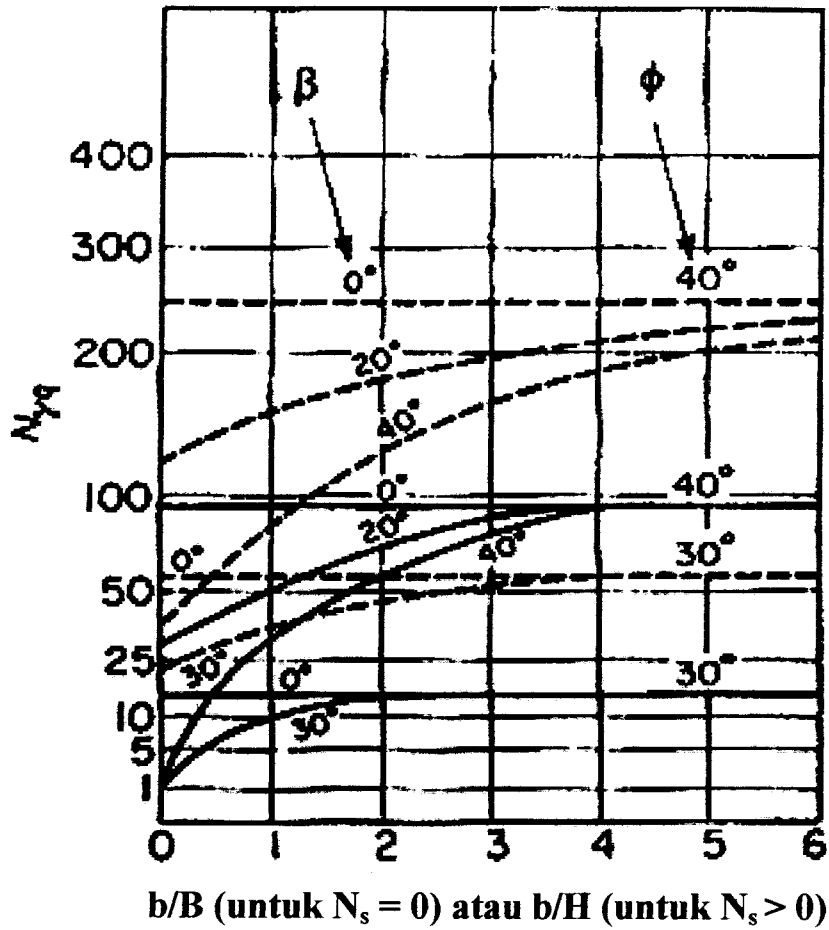
b = jarak tepi pondasi ke tepi atas lereng (m)



b/B (untuk $N_s = 0$) atau b/H (untuk $N_s > 0$)

Gambar 2.1 Faktor daya dukung N_{cq}

(Sumber : Teknik Pondasi 1, Hary Christady Hardiyatmo, 1996)



Gambar 2.2 Faktor daya dukung $N_{\gamma q}$

(Sumber : Teknik Pondasi 1, Hary Christady Hardiyatmo, 1996)

Tekanan pondasi total (q) harus tak melampaui q_s . Tekanan pondasi total :

$$q = \frac{P}{A} + D_f \gamma_b \dots \dots \dots (2.5)$$

(sumber : Hardiyatmo, HC, Teknik Pondasi 1, 1996)

dengan :

P = beban pondasi (ton)

A = luas alas pondasi (m^2)

dengan :

γ_s = berat volume butiran padat

W_s = berat butiran padat

V_s = volume butiran padat

$$G_s(27,5^\circ) = G_s(t) \times \frac{\gamma_w \text{ pada suhu } t^\circ\text{C}}{\gamma_w \text{ pada suhu } 27,5^\circ\text{C}} \dots\dots\dots(2.15)$$

(sumber : Panduan Praktikum Mekanika Tanah,1996)

$$G_s(t) = \frac{W_s}{W_w} \dots\dots\dots(2.16)$$

(sumber : Panduan Praktikum Mekanika Tanah,1996)

dengan :

$G_s(27,5^\circ)$ = *specific gravity* pada temperatur $27,5^\circ\text{C}$

$G_s(t)$ = *specific gravity* pada suhu $t^\circ\text{C}$ (temperatur air di dalam *picnometer*)

W_s = berat butiran

W_w = berat air

γ_w pada $t^\circ\text{C}$ = berat jenis air pada suhu $t^\circ\text{C}$

γ_w pada $27,5^\circ\text{C}$ = berat jenis air pada suhu $27,5^\circ\text{C}$

G_s tidak berdimensi. *Specific gravity* dari berbagai jenis tanah berkisar antara 2,65 sampai 2,75. nilai *specific gravity* sebesar 2,67 biasanya digunakan untuk tanah-tanah tak berkohesi, sedang untuk tanah kohesif tak organik berkisar diantara 2,68 sampai dengan 2,72.

$$S = \frac{V_w}{V_v} \times 100\% \dots\dots\dots(2.17)$$

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

2.3 Klasifikasi Tanah

Umumnya, penentuan sifat-sifat tanah banyak dijumpai dalam masalah teknis yang berhubungan dengan tanah. Hasil dari penyelidikan sifat-sifat ini kemudian dapat digunakan untuk mengevaluasi masalah-masalah tertentu.

Dalam banyak masalah teknis (semacam perencanaan perkerasan jalan, bendungan dalam urugan dan lain-lain), pemilihan tanah ke dalam kelompok ataupun subkelompok yang menunjukkan sifat atau kekakuan yang sama akan sangat membantu. Pemilihan ini yang kemudian disebut klasifikasi. Klasifikasi tanah sangat membantu perencana dalam memberikan pengarahan melalui cara empiris yang tersedia dari hasil pengalaman yang lalu. Tetapi perencana harus berhati-hati penerapannya karena penyelesaian masalah stabilitas penurunan, aliran air yang didasarkan pada klasifikasi tanah sering menimbulkan kesalahan yang berarti.

Umumnya klasifikasi tanah didasarkan atas ukuran partikel yang diperoleh dari analisis saringan dan plastisitasnya. Pada masa sekarang, terdapat dua sistem klasifikasi yang sering digunakan, dua sistem ini berdasarkan atas distribusi ukuran partikel dan batas *Atterberg*. Keduanya adalah *AASHTO* (*American Association of State Highway and Transportation Officials*) dan *USCS* (*Unified Soil Classification System*).

1. Sistem klasifikasi *AASHTO* (*American Association of State Highway and Transportation Officials*)

Sistem ini telah dikembangkan pada tahun 1929 oleh *Public Road Administration Classification System*. Klasifikasi berdasarkan *AASHTO* dipakai oleh

beberapa departemen transportasi negara bagian di Amerika Serikat dan oleh *Federal Highway Administration* dalam spesifikasi pekerjaan tanah untuk transportasi.

2. Sistem klasifikasi tanah *USCS (Unified Soil Classification System)*

Sistem ini pertama-tama diperkenalkan oleh Casagrande (dikutip dari Braja M. Das, *Principles of Geotechnical Engineering*, 1994) pada tahun 1942 untuk keperluan pekerjaan konstruksi lapangan udara yang dikerjakan oleh *Army Corps of Engineering* selama perang dunia II. Bekerja sama dengan *U.S Bureau of Reclamation*, sistem ini dikembangkan pada tahun 1952.

2.4 Analisis Dimensi Pondasi

Tekanan tanah yang diijinkan menentukan dimensi rencana pondasi telapak. Tegangan-tegangan geser biasanya menentukan ketebalan pondasi telapak. Geseran aksi dua arah menentukan kedalaman untuk pondasi telapak bujur-sangkar yang dibebani secara sentral. Langkah-langkah di dalam pondasi telapak bujur-sangkar dengan kolom yang dibebani secara sentral dan tanpa momen adalah :

- a. Menghitung beban tetap di atas muka tanah, yang meliputi : beban kolom, beban balok, beban dinding dan lantai bak air, beban penutup bak air dan beban air.
- b. Menghitung beban tetap di bawah muka tanah yang meliputi : beban tanah di atas plat pondasi dan beban plat pondasi.
- c. Menghitung rencana pondasi telapak B x B dengan menggunakan tekanan tanah yang diijinkan, yaitu :

$$B = \sqrt{\left(\frac{P}{q_a}\right)} \dots\dots\dots(2.25)$$

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

dengan :

P = kombinasi beban kritis (ton)

q_a = tekanan tanah yang diijinkan (t/m^2)

2.5 Stabilitas lereng

2.5.1 Jenis-jenis Lereng

Berdasarkan cara terbentuknya lereng dapat dibagi sebagai berikut :

a. Lereng alam (*Natural Slope*)

Lereng alam adalah lereng yang terbentuk karena proses alam, misalnya lereng suatu bukit. Pada dasarnya material pembentuk lereng cenderung untuk menggelincir akibat dari pengaruh gaya gravitasi ataupun gaya lainnya, seperti gaya gempa. Tetapi material tersebut juga mempunyai gaya untuk menahan gelinciran tersebut, yaitu kekuatan geser material itu sendiri. Akan tetapi meskipun telah stabil untuk jangka waktu yang cukup lama, lereng alam juga dapat mengalami longsoran bahkan longsoran itu mungkin terjadi secara tiba-tiba. Ketidakstabilan ini terjadi apabila kekuatan geser material tersebut tidak dapat menahan gaya-gaya yang menyebabkan pergerakan tersebut.

Faktor-faktor yang menyebabkan ketidakstabilan tersebut adalah :

1. Gangguan dari luar seperti galian atau timbunan yang menyebabkan terganggunya keseimbangan dari lereng.
2. Gangguan akibat gaya seismik, seperti gempa.
3. Peningkatan tekanan air pori akibat gangguan lingkungan sekitar, seperti penggundulan hutan, gangguan karakteristik drainasi alam dan pembangunan reservoir.

4. Pengurangan kekuatan geser secara bertahap.
5. Pelapukan yang menghancurkan ikatan antar butir dan mengurangi kekuatan geser.

b. Lereng buatan (*Made-man Slope*)

Lereng buatan adalah lereng yang dibuat oleh manusia untuk tujuan-tujuan tertentu, misalnya bendungan, tanggul, pemecah gelombang, timbunan, kupasan tebing dan galian. Lereng-lereng tersebut dapat diklasifikasikan dalam dua kategori utama, yaitu :

1. Galian (*Cut Slope*)

Tujuan utama dalam mendesain galian adalah untuk mendapatkan suatu lereng dengan ketinggian dan kemiringan tertentu yang ekonomis dan stabil untuk jangka waktu tertentu. Faktor-faktor yang mempengaruhi desain lereng adalah sebagai berikut :

- a) Faktor geologi.
- b) Sifat material.
- c) *Seepage*.
- d) Kemungkinan banjir dan erosi.
- e) Metode yang dipakai dalam membuat galian.

2. Timbunan (*Fill Slope*)

Merupakan lereng dari tanah yang dipadatkan. Contohnya *embankment* untuk jalan raya, jalan kereta api, tanggul atau bendungan tanah. Ketidakpastian dan

kesulitan analisis dalam desain untuk mendapatkan suatu lereng timbunan yang stabil tidak sebesar lereng alam ataupun galian, akan tetapi analisis tertentu tetap harus dilakukan untuk kondisi kritis sebagai berikut :

- a) Kondisi jangka panjang.
- b) Pada akhir konstruksi.
- c) Penurunan muka air secara tiba-tiba khususnya untuk struktur penahan air seperti bendungan.
- d) Gangguan seismik.

2.5.2 Jenis-jenis Longsor

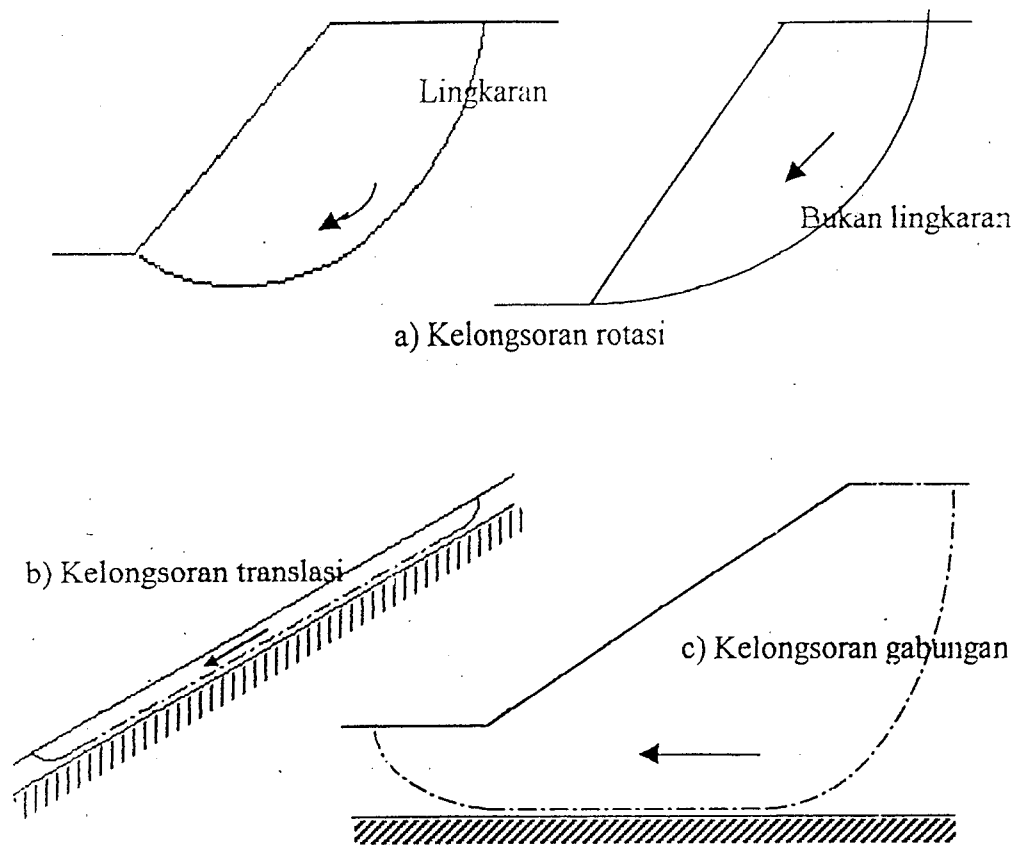
Bila kekuatan geser tanah terlampaui dimana perlawanan geser pada bidang gelincir tidak cukup besar untuk menahan gaya-gaya yang bekerja pada bidang tersebut maka terjadi suatu gerakan pada lereng tersebut atau disebut juga dengan longsor (*Slope Movement*).

Longsor atau gerakan pada lereng tersebut dapat diklasifikasikan menjadi tiga yaitu :

1. Gelincir (*Slide*)

Gelincir terjadi karena kegagalan geser. Gelincir ini dapat bersifat :

- a) Rotasi (*Rotational Slide*)
- b) Translasi (*Translation Slide*)
- c) Kombinasi rotasi dan translasi



Gambar 2.4 Tipe-tipe kelongsoran

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

2. Jatuhan (*Falls*)

Jatuhan terjadi akibat retak dan gerakan blok ke bawah. Jatuhan dapat terjadi pada tanah maupun batuan.

3. Aliran (*Flows*)

Aliran terjadi akibat gerakan massa tanah yang mempunyai fluida kental dan bergerak tanpa bidang gelincir yang jelas. Bidang gelincirnya biasanya sama dengan bentuk dari permukaan tanah. Letaknya ditentukan oleh lekuk-lekuk erosi atau lembah-lembah sungai. Biasanya aliran ini berasal dari kolam-kolam besar yang terletak pada bagian atas suatu lereng.

2.5.3 Faktor-faktor Penyebab Terjadinya Longsoran

Kebanyakan lereng-lereng berada pada keseimbangan kritis, sehingga pada suatu saat bila terjadi perubahan keseimbangan dapat mengakibatkan terjadinya kelongsoran. Faktor-faktor yang mengakibatkan terjadinya kelongsoran adalah :

1. Perubahan lereng suatu tebing secara alami karena erosi dan lain-lain atau karena disengaja akan mengganggu stabilitas yang ada, karena secara logis dapat dikatakan semakin terjal suatu lereng akan semakin besar kemungkinan untuk longsor.
2. Perubahan tinggi suatu tebing secara alami karena erosi dan lain-lain atau disengaja juga akan merubah stabilitas suatu lereng. Semakin tinggi lereng akan semakin besar longsoanya.
3. Peningkatan beban permukaan, akan meningkatkan tegangan dalam tanah termasuk meningkatnya tegangan air pori, hal ini sering terjadi karena adanya pembangunan di daerah tebing seperti jalan, gedung dan lain-lain.
4. Perubahan kadar air dapat mengakibatkan perubahan kekuatan geser dalam lapisan tanah.
5. Aliran air tanah akan mempercepat terjadinya longsor, karena air bekerja sebagai pelumas.
6. Pengaruh getaran dapat berupa gempa, ledakan dan getaran mesin dapat mengganggu kekuatan geser dalam tanah.
7. Penggundulan di daerah tebing dapat menyebabkan perubahan kandungan air tanah dalam rongga dan akan menurunkan stabilitas tanah.

8. Pengaruh kelapukan, secara mekanis dan kimia akan merubah sifat kekuatan tanah dan batuan.

2.5.4 Metode Analisis Stabilitas Lereng

Semua metode yang dipakai dalam analisis stabilitas lereng adalah berdasarkan prinsip bahwa besarnya kekuatan geser yang ada dibandingkan dengan kekuatan geser yang diperlukan untuk mempertahankan stabilitas lereng. Dalam praktek analisis stabilitas lereng didasarkan pada konsep keseimbangan batas. Suatu analisis stabilitas terdiri dari perkiraan model keruntuhan dan kuat gesernya. Model keruntuhan akan memerlukan persamaan tentang berat atau beban yang harus ditahan dan pengaruh air. Bentuk model keruntuhan biasanya dapat ditentukan dengan cukup baik, walaupun demikian untuk pusat rotasi mungkin diperlukan beberapa kali percobaan untuk mendapatkan kasus terburuk.

Untuk menganalisis stabilitas lereng ada beberapa metode yang dapat digunakan, antara lain :

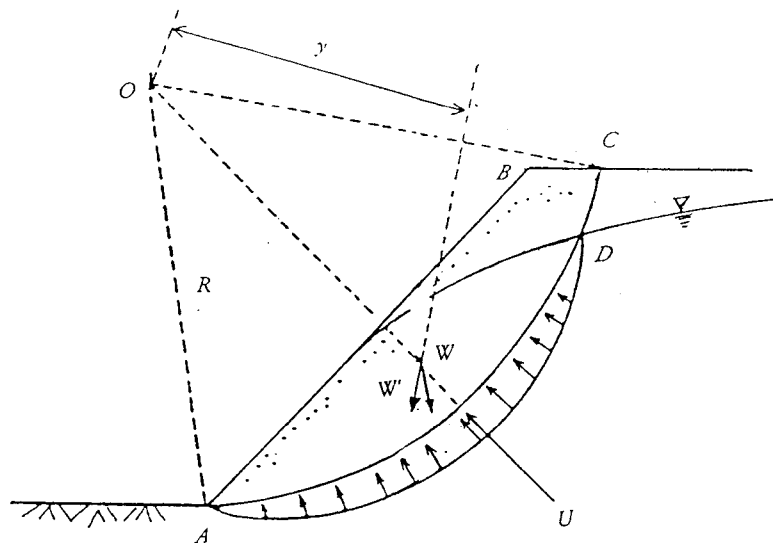
1. Analisis Busur Lingkaran

Pengamatan longsoran lereng yang dilakukan oleh Collin (1846) (dikutip dari Hardiyatmo, HC, Mekanika Tanah 2, 1984), menunjukkan bahwa kebanyakan peristiwa kelongsoran tanah terjadi dengan bentuk bidang longsor yang berupa lengkungan. Sejumlah peneliti berpendapat bahwa permukaan yang melengkung ini adalah bagian dari busur lingkaran. Jika lereng berupa tanah lempung yang homogen dan analisis kuat geser tanpa drainasi digunakan, maka hitungan dapat digunakan secara langsung seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.6

Untuk ini, nilai faktor aman dapat ditentukan oleh :

W^1 = berat tanah efektif (ton)

y = jarak pusat berat W^1 terhadap O (m)



Gambar 2.6 Analisis stabilitas lereng tanah lempung dengan pengaruh rembesan

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

2. Metode Irisan (*Method of Slice*)

Bila tanah tidak homogen dan aliran rembesan terjadi di dalam tanahnya memberikan bentuk aliran dan berat volume yang tidak menentu, cara yang lebih cocok digunakan adalah dengan metode irisan (*Method of Slice*)

Gaya normal yang bekerja pada suatu titik di lingkaran bidang longsor, terutama dipengaruhi oleh berat tanah di atas titik tersebut. Dalam metode irisan, massa tanah yang longsor dipecah-pecah menjadi beberapa irisan vertikal. Kemudian

dengan :

F = faktor aman

c = kohesi tanah

ϕ = sudut gesek dalam tanah

a_i = panjang bagian lingkaran pada irisan ke- i

W_i = berat irisan tanah ke- i

u_i = tekanan air pori pada irisan ke- i

θ_1 = sudut yang didefinisikan dalam gambar 2.7

Metode Fellinius memberikan faktor aman yang relatif lebih rendah dari cara hitungan yang lebih teliti. Batas-batas nilai kesalahan dapat mencapai kira-kira 5% sampai 40% tergantung dari faktor aman, sudut pusat lingkaran yang dipilih, dan besarnya tekanan air pori. Walaupun analisisnya ditinjau dalam tinjauan tegangan total, kesalahannya masih merupakan fungsi dari faktor aman dan sudut pusat dari lingkarannya (Whitman dan Baily, 1967, dikutip dari Hardiyatmo, HC, Mekanika Tanah 2, 1994).

2) Metode Bishop yang disederhanakan (*Simplified Bishop Method*)

Metode irisan yang disederhanakan diberikan oleh Bishop (1955) (dikutip dari Hardiyatmo, HC, Mekanika Tanah 2, 1994). Metode ini menganggap bahwa gaya-gaya yang bekerja pada sisi irisan mempunyai resultan nol pada arah vertikal. Persamaan kuat geser dalam tinjauan tegangan efektif yang dapat dikerahkan tanah, hingga tercapainya kondisi keseimbangan batas dengan memperhatikan faktor aman, adalah :

arah tegak lurus pada bidang longsornya. Dengan anggapan ini, keseimbangan arah vertikal dari gaya-gaya yang bekerja dengan memperhatikan tekanan air pori adalah:

$$N_i + U_i = W_i \cos \theta_i \dots\dots\dots (2.44)$$

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

dengan :

N_i = gaya normal efektif pada irisan i (ton)

U_i = tekanan air pori pada irisan i (ton)

W_i = berat massa tanah irisan ke-i (ton)

θ_i = sudut antara gaya normal dengan garis vertikal pada tiap pias

Faktor aman (F_s) dinyatakan dalam persamaan:

$$F_s = \frac{\sum L c + \sum N \operatorname{tg} \phi}{\sum T} \dots\dots\dots (2.45)$$

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

dengan

L = panjang busur AC (m)

c = kohesi tanah (t/m^2)

ϕ = sudut geser dalam tanah ($^\circ$)

$N = W \cos \theta$ (ton)

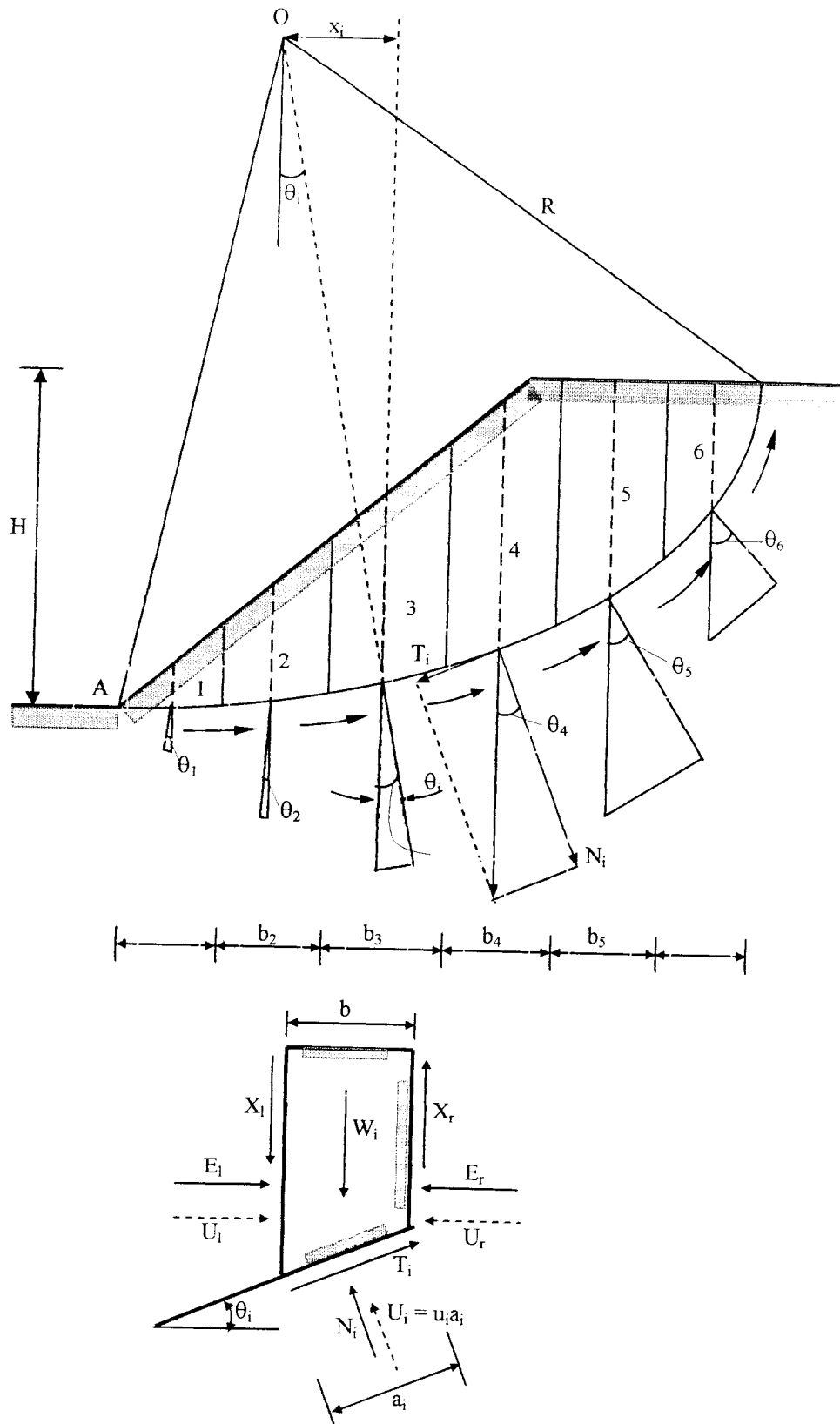
$T = W \sin \theta$ (ton)

W = berat tanah masing-masing pias

$$= b h \gamma \text{ (t/m}^1\text{)}$$

θ = sudut garis singgung masing-masing pias

$$= \operatorname{arc} \sin (x / r)$$



Gambar 2.7 Gaya-gaya yang bekerja pada Irisan
 (sumber : Hardiyatmo, HC, Mekanika Tanah 2, 1994)

2.7 *MRSSlope*

Terdapat sejumlah variasi program komputer dari metode stabilisasi lereng Bishop yang disederhanakan. Semua metode ini didasarkan atas metode keseimbangan batas (*limit equilibrium method*) dengan memakai gaya-gaya atau momen-momen *MRSSlope* (*Mirafi Reinforce Soil Slope*) adalah sebuah program MS-DOS yang digunakan untuk perhitungan analisis dan desain lereng tanpa perkuatan maupun dengan perkuatan menggunakan geosintetik. *MRSSlope* digunakan untuk analisa pada lereng dengan geometri yang sederhana dan maksimal 3 lapisan tanah. Bagan alir dari *MRSSlope* dapat dilihat pada gambar 2.8.

2.7.1 *Input Data*

Input data yang diperlukan pada analisis menggunakan *MRSSlope*, yaitu :

1. Geometri lereng (*embankment*)

Geometri lereng disini berupa sudut kemiringan dari lereng, yang berkisar antara 0° - 90° , dan ketinggian dari lereng tersebut.

2. Data tanah

Dari tanah yang diperlukan sebagai input dari *MRSSlope* berupa sudut geser dalam tanah (ϕ), berat volume tanah (γ) dan kohesi tanah (c). Untuk tanah pada lereng hanya bisa 1 lapisan saja, sedangkan tanah dibawah lereng maksimal 2 lapisan. Untuk tebal lapisan tanah pertama yang ada di bawah lereng, ketebalannya dapat ditentukan,

2.8 Lapisan Geotekstil

2.8.1 Pengertian dan Jenis Geotekstil

Definisi sederhana mengenai geotekstil menurut ICI Fibres (1986) adalah *a textile material used in a soil (geo) environment*. Jadi merupakan bahan tekstil yang digunakan langsung dilingkungan tanah, sedangkan pengertiannya dibidang geoteknik adalah *the synthetic textile material conventionally used in geotechnical engineering application* yaitu bahan-bahan tekstil sintesis yang biasa digunakan pada aplikasi geoteknik.

Menurut ICI Fibres (1986) berdasarkan pembuatannya, geotekstil digolongkan menjadi beberapa jenis, yaitu :

1. Geotekstil Tenunan (*Woven Geotextile*)

Adalah geotekstil yang dibuat dengan menjalin dua set monofilame, pita atau benang rajutan menyilang tegak lurus satu dengan lainnya.

2. Geotekstil yang tidak ditenun (*Non Woven Geotextile*)

Yaitu geotekstil yang pembuatannya tidak dengan ditenun tapi jaringan atau serat-serat pembentuknya dilekatkan satu sama lain dengan diikat atau dengan bahan perekat.

3. Geotekstil Rajutan (*Knitted Geotextile*)

Geotekstil yang pembuatannya dari satu atau lebih benang-benang yang membentuk serangkaian lubang-lubang yang saling berpegangan membentuk struktur bidang. Benang-benang yang digunakan adalah monofilamen, multifilamen, spun dan fibrillated.

4. Geotekstil Proses Ikatan Jahit (*Stich-bonded Geotextile*)

Metode dasarnya adalah penjahitan benang rajut atau *monofilamen* menerus pada serabut *web* sehingga diperoleh jahitan kohesif.

2.8.2 Fungsi Geotekstil

ICI Fibres (1986) membedakan dasar perencanaan geotekstil berdasarkan fungsinya menjadi 4 (empat) bagian, yaitu :

1. Geotekstil sebagai *reinforce*

Maksudnya adalah geotekstil digunakan untuk memperkuat tanah dari pengaruh gaya luar yang menyebabkan terjadinya longsor atau gerakan tanah.

2. Geotekstil sebagai *separator*

Pada dasarnya geotekstil disini berfungsi sebagai suatu lapisan yang memisahkan dua jenis lapisan tanah atau batuan yang berbeda, baik susunan material maupun strukturnya, sehingga masing-masing lapisan dapat berfungsi seperti yang direncanakan.

3. Geotekstil sebagai drainasi dan filter

Penggunaan geotekstil sebagai drainasi tidak dapat dipisahkan fungsinya sebagai filter dan sebaliknya. Kalau drainasi dibiarkan tanpa filter, rembesan air akan membawa partikel-partikel tanah yang halus sehingga akan terjadi *piping*, yaitu penggontoran partikel-partikel halus dari dalam tanah sedikit demi sedikit oleh aliran air sehingga lapisan tanah asli dapat kehilangan kestabilannya.

4. Geotekstil sebagai penahan erosi

Dalam menanggulangi erosi, geotekstil dalam hal ini hanya berfungsi memperkuat massa tanah dengan cara membungkusnya sehingga dapat menghalangi hubungan langsung air permukaan yang berenergi tinggi dengan massa tanah.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tahap Persiapan

Tahap persiapan meliputi kegiatan :

- a. Mengumpulkan dan mempelajari buku-buku literatur

Hal-hal yang berhubungan dengan materi pembahasan diambil dari berbagai buku literatur, laporan ilmiah, serta makalah-makalah seminar.

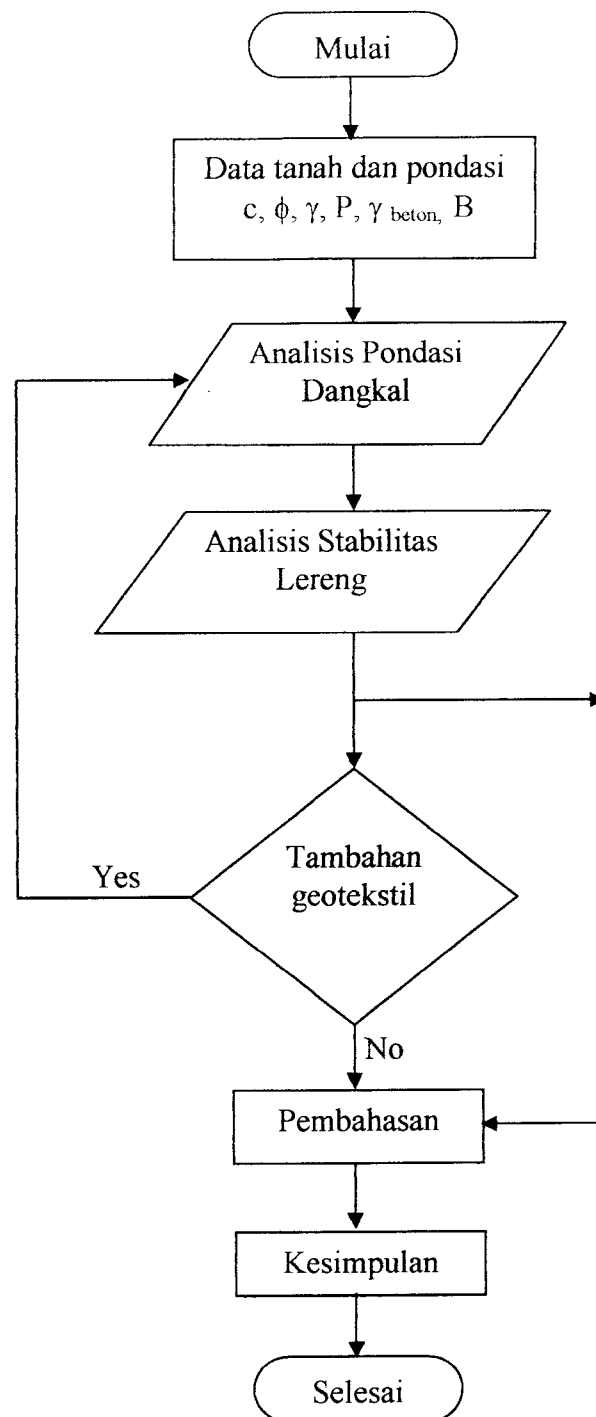
- b. Mengumpulkan data yang diperlukan
- c. Merumuskan permasalahan yang ada untuk mendesain lereng.
- d. Menentukan variabel-variabel yang berpengaruh dalam mendesain lereng.

3.2 Tahap Analisis

Data yang yang diperoleh dari tahap persiapan berdasarkan dengan desain lereng yang telah ditentukan kemudian dianalisis, untuk perhitungan daya dukung tanah, tekanan tanah lateral, dan dimensi pondasi dengan cara manual, sedangkan untuk perhitungan stabilitas lereng menggunakan program *MRSSlope* dan manual dengan menggunakan metode irisan berdasarkan cara Fellinius.

3.3 Pembahasan dan Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang didapat kemudian dibuat suatu pembahasan untuk setiap variabel untuk memperoleh suatu kesimpulan.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Perencanaan

Dalam penelitian ini, geometri lereng ditentukan dengan tinggi lereng 6 meter dan sudut kemiringan 15° , 30° , 45° , 60° , sedang data tanah yang digunakan memiliki karakteristik dari hasil penyelidikan sebagai berikut :

- a) Berat volume tanah basah (γ_b) = $1,94 \text{ gr/cm}^3$
- b) Berat volume tanah terendam (γ) = $0,95 \text{ gr/cm}^3$
- c) Kadar air (w) = $27,6 \%$
- d) Berat jenis tanah (G_s) = $2,66$
- e) Angka pori (e) = $0,75$
- f) Derajat kejenuhan (S) = 98%
- g) Sudut geser (ϕ) = 37°
- h) Kohesi (c) = $0,14 \text{ kg/cm}^2$

4.2 Analisis Stabilitas Lereng Dengan Metode Irisan (Fellenius)

4.2.1 Sudut Kemiringan Lereng 15°

$$\text{Panjang } \overline{AC} = \frac{\angle AOC}{360} \times 2\pi R = \frac{77}{360} \times 2\pi 20.36 = 53.72 \text{ m}$$

Perhitungan kemantapan lereng dilakukan dengan jari-jari garis keruntuhan kritis disesuaikan dengan perhitungan program *MRSSlope*, seperti pada gambar 4.1.

Perhitungan selanjutnya dipresentasikan dalam tabel 4.1

Tabel 4.1 Perhitungan stabilitas lereng dengan sudut 15°

Irisan no	Berat Wi (Ton)	Sudut θ	Wi cos θ (Ton)	Wi sin θ (Ton)	ui (Ton)	ai	Ui = ui x ai	Wi cos θ - Ui
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	12.804	44	9.210	8.894	0.3	3.91	1.773	7.037
9	2.328	51	1.465	1.809	0	0.888	0	1.465
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
			157.253	40.371				38.128

$$F = \frac{[(1.4 \times 53.72) + (38.128 \times \text{tg } 37)]}{40.371} = 2.574$$

4.2.2 Sudut Kemiringan Lereng 30°

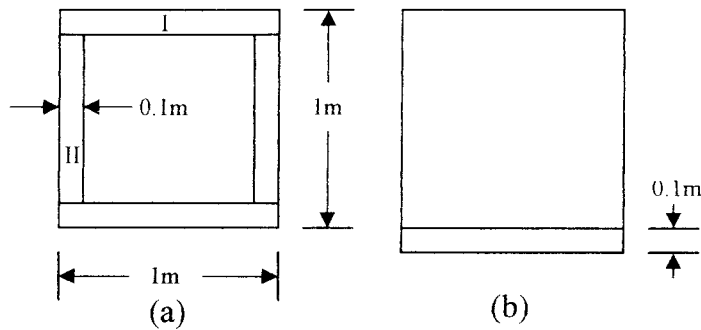
$$\text{Panjang } \overline{AC} = \frac{\angle AOC}{360} \times 2\pi R = \frac{106}{360} \times 2\pi 9.86 = 18.24 \text{ m}$$

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

4.2.

4.3 Analisis Pondasi Dangkal

4.3.1 Menghitung Beban Bak Air



Gambar 4.5 Penampang bak air
 (a) Tampak atas
 (b) Tampak samping

Luas Penampang = $(1 \times 1) \text{ m}^2$

Tebal bak air = $0,1 \text{ m}^2$

Volume bak air :

Bagian I (V_I) = $1 \times 1 \times 0,1 \times 2 = 0,2 \text{ m}^3$

Bagian II (V_{II}) = $1 \times 0,8 \times 0,1 \times 2 = 0,16 \text{ m}^3$

Lantai bawah (V_{III}) = $1 \times 1 \times 0,1 = 0,1 \text{ m}^3$

Volume total ($V_{t \text{ bak}}$) = $V_I + V_{II} + V_{III} = 0,2 + 0,16 + 0,1 = 0,46 \text{ m}^3$

Volume air (V_w) = $0,8 \times 0,8 \times 0,1 = 0,64 \text{ m}$

Dengan diketahui $\gamma_{btm} = 2,4 \text{ t/m}^3$

Berat bak (P_{bak}) = $V_{t \text{ bak}} \gamma_{btm} = 0,46 \times 2,4 = 1,104 \text{ ton}$

Berat air (P_w) = $V_w \gamma_w = 0,64 \times 1 = 0,64 \text{ ton}$

Ukuran kolom diambil $(0,2 \times 0,2) \text{ m}^2$

Berat kolom (P_k) = $0,2 \times 0,2 \times 2,4 \times 5 = 0,48 \text{ ton}$

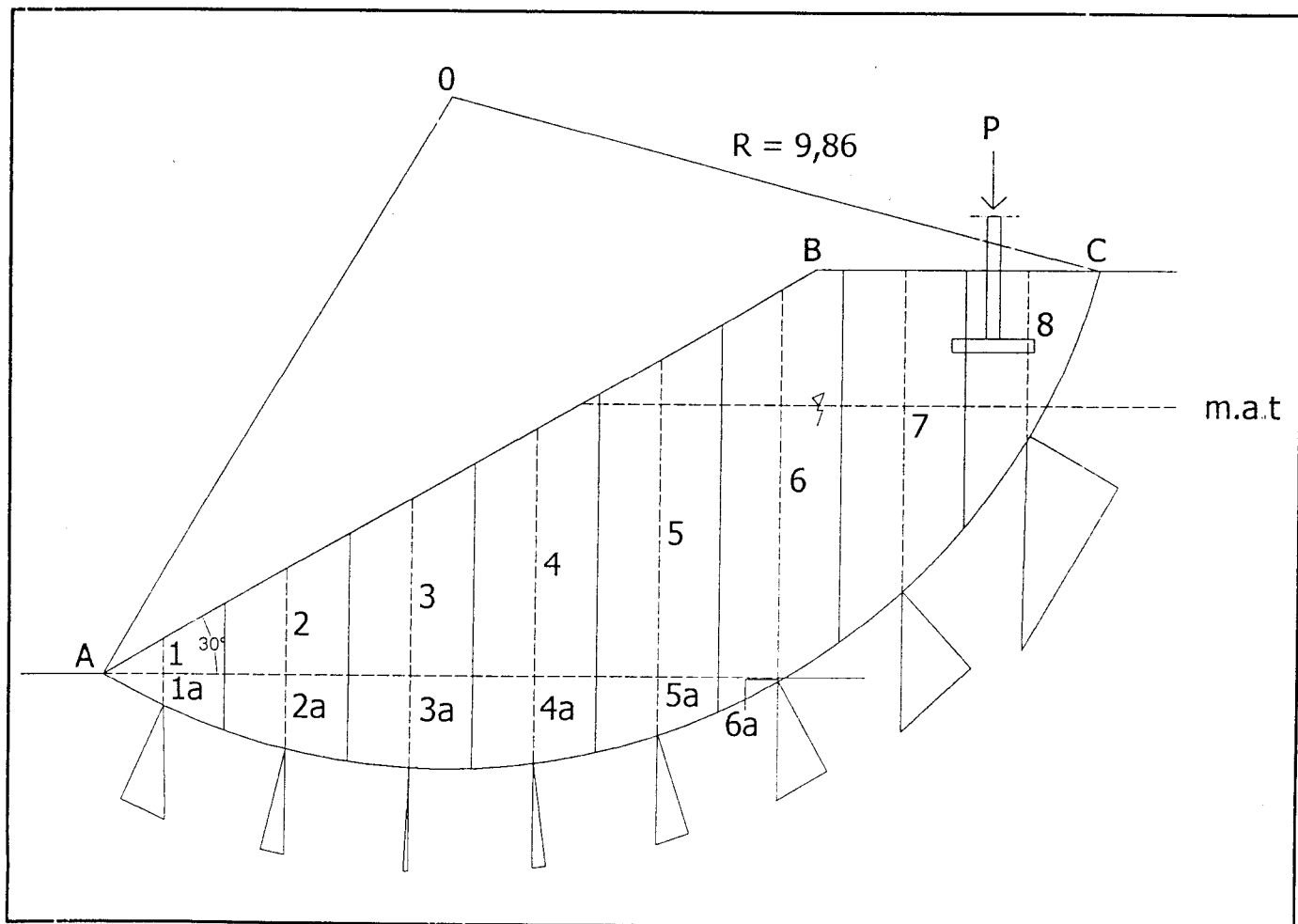
$$F = \frac{[(1.4 \times 53.72) + (40.644 \times \lg 37)]}{42.371} = 2.498m$$

4.4.2 Sudut Kemiringan Lereng 30°

$$\text{Panjang } \overline{AC} = \frac{\angle AOC}{360} \times 2\pi R = \frac{106}{360} \times 2\pi \times 9.86 = 18.24 m$$

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

4.8.

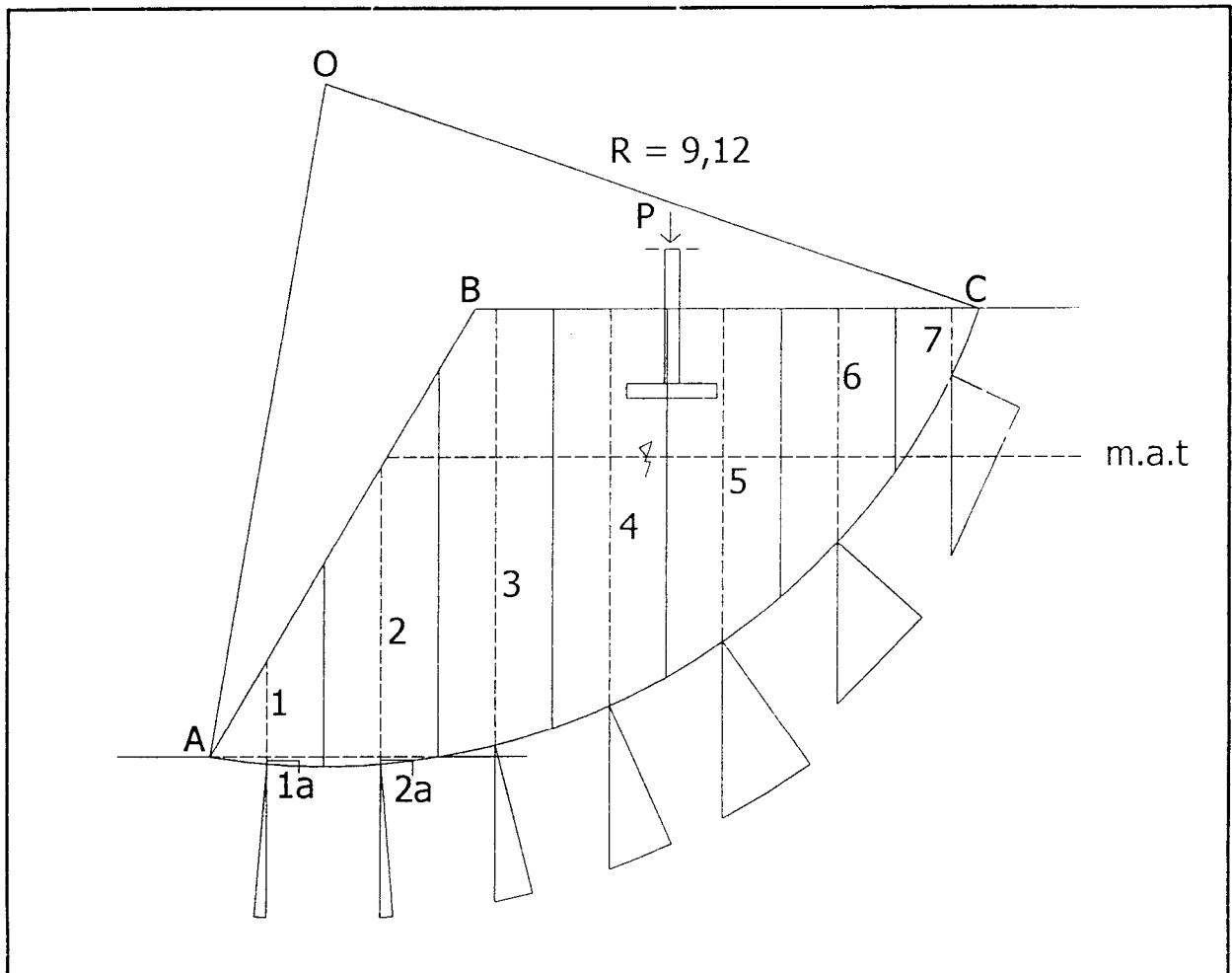


Gambar 4.8 Garis keruntuhan kritis dengan sudut 30° dengan diberi beban

Perhitungan kemantapan lereng dilakukan dengan jari-jari garis keruntuhan kritis disesuaikan dengan perhitungan hasil program *MRSSlope*, seperti pada gambar 4.10.

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 $\gamma_w = 9,81 \text{ kN/m}^3$.



Gambar 4.10 Garis keruntuhan kritis dengan sudut 60° dengan diberi beban

Perhitungan selanjutnya dipresentasikan dalam tabel 4.9.

$$Z_i = \frac{\sigma_{h1} \times Z_1 + \sigma_{h2} \times Z_2 + \sigma_{h3} \times Z_3 + \sigma_{h4} \times Z_4 + \sigma_{h5} \times Z_5 + \sigma_{h6} \times Z_6}{\sum \sigma_h}$$

$$Z_i = \frac{0,068 \times 1 + 0,095 \times 2 + 0,06 \times 3 + 0,034 \times 4 + 0,019 \times 5 + 0,011 \times 6}{0,287} = 2,561 \text{ m}$$

untuk $Z = 2,561 \text{ m}$

$$n = 0,427 \text{ m}$$

maka,

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

$$\sigma_h = \frac{0,28 \times 2,224}{6^2} \frac{0,427^2}{(0,16 + 0,427^2)^3} = 0,077 \text{ t/m}^2$$

4.5.2 Perencanaan Lapisan Geotekstil Pada Tanah Miring Dengan Sudut Lereng

45° 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 Basah (γ_b) = 1,94 t/m³

b. Geotekstil

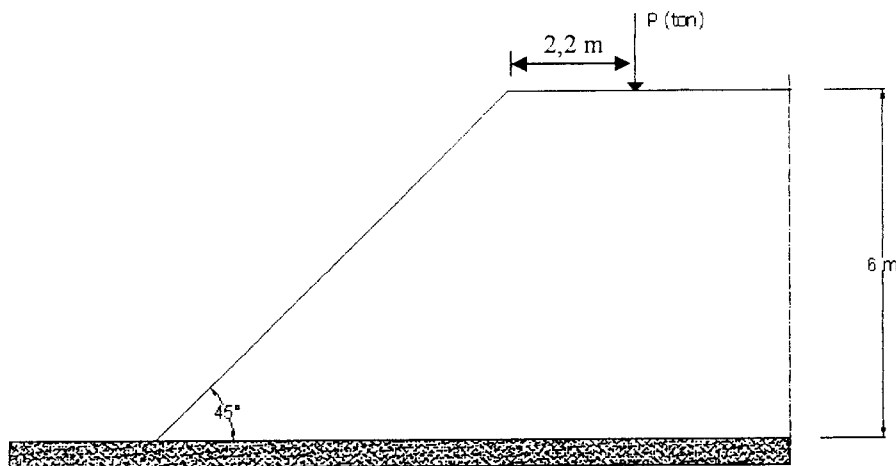
Geotekstil yang digunakan dalam perencanaan ini adalah geotekstil jenis woven dengan spesifikasi sebagai berikut:

- 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) = 45°

Penyelesaian :



Gambar 4.12 Perencanaan Lapisan Geotekstil Pada Tanah Miring sudut 45°

1. Tinjauan terhadap stabilitas gaya internal

a. Tekanan Tanah Aktif

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

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

$$\sigma_h = k_a(\gamma_b \cdot z_1 + \gamma' \cdot z_2) + \frac{0,28P}{H^2} \frac{n^2}{(0,16 + n^2)^3}$$

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

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

b. Menentukan jarak lapisan geotekstil

Lereng dengan ketinggian 6 m dibagi dua zone dimana dalam satu zone antar geotekstil sama. Jarak antar lembar:

Untuk $z = 3$ m

$$S_f = 1,5$$

$$S_v = \frac{T}{\sigma_h \cdot S_f}$$

dengan :

S_v = Tebal perkuatan tanah (m)

T = Tegangan tarik ijin geotekstil (T)

S_f = Angka aman

$$S_v = \frac{4,01}{(0,481z_1 + 0,236z_2 + 0,077) \times 1,5}$$

$$S_v = \frac{4,01}{(0,481 \times 2 + 0,236 \times 1 + 0,077) \times 1,5} = 1,53 \approx 1,5 \text{ m}$$

Untuk $z = 6$ m

$$S_f = 1,5$$

$$S_v = \frac{4,01}{(0,481 \times 2 + 0,236 \times 4 + 0,077) \times 1,5} = 0,89 \approx 1,0 \text{ m}$$

2. Tinjauan terhadap stabilitas eksternal

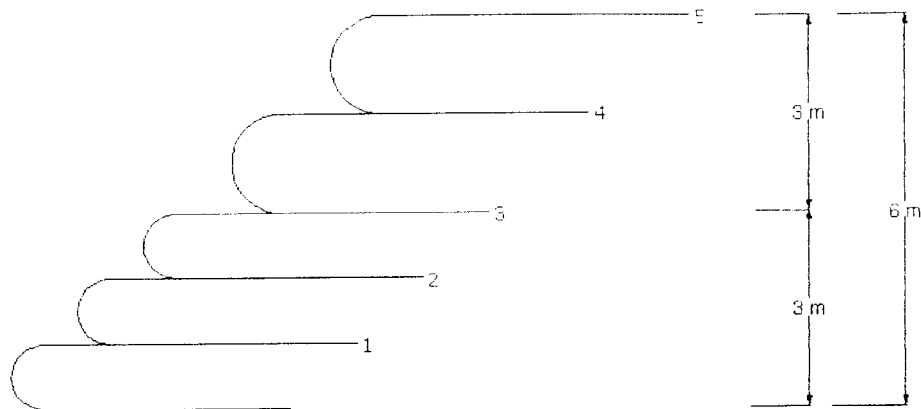
a. Stabilitas terhadap bahaya guling

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

$$P_a = 0,5 \cdot 1,94 \cdot 6^2 \cdot 0,248 - 2 \cdot 1,4 \cdot \sqrt{0,248} = 7,2657 \text{ T}$$

Momen terhadap titik A

$$M_A = \left(\frac{H}{3}\right) P_a$$



Gambar 4.13 Perencanaan Jarak Geotekstil

	Gaya		Lengan thd. A	Momen thd. A
W ₁	$2(0,5)2.3.1,94.\cos 45$	8,23	1,5	12,345
W ₂	$2(0,5)3,5.3.1,94.\cos 45$	16,46	4,5	64,8
	Total	24,69		77,195

$$S_f = \sum \frac{M_{tahan}}{M_{guling}}$$

$$S_f = \frac{77,195}{14,531 + 1,386} = 4,85 > 1,5 \text{ aman}$$

c. Stabilitas terhadap gaya geser

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

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

$$Sf_s = \frac{\left(1,4 + \left(\frac{24,69}{3,5} \right) \tan 37 \right) 3,5}{7,2657 + 0,462} = 3,041 > 1,5 \text{ aman}$$

$$M_A = \left(\frac{6}{3}\right)7,2657 = 14,531 \text{ Tm}$$

b. Gaya akibat beban titik

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

$$P_i = 6 \times 0,077 = 0,462 \text{ T}$$

Momen terhadap titik A

$$M_i = \left(\frac{H}{3,44}\right)P_i$$

$$M_i = \left(\frac{6}{3,44}\right)0,462 = 1,386 \text{ Tm}$$

$$l_2 = \frac{S_v \sigma_h (S_f)}{2(c + \gamma \cdot z \cdot \tan \phi)}$$

$$l_2 = \frac{S_v (0,481z_1 + 0,236z_2 + 0,077)1,5}{2(1,4 + (1,94 \cdot z_1 + 0,95z_2) \tan 37)}$$

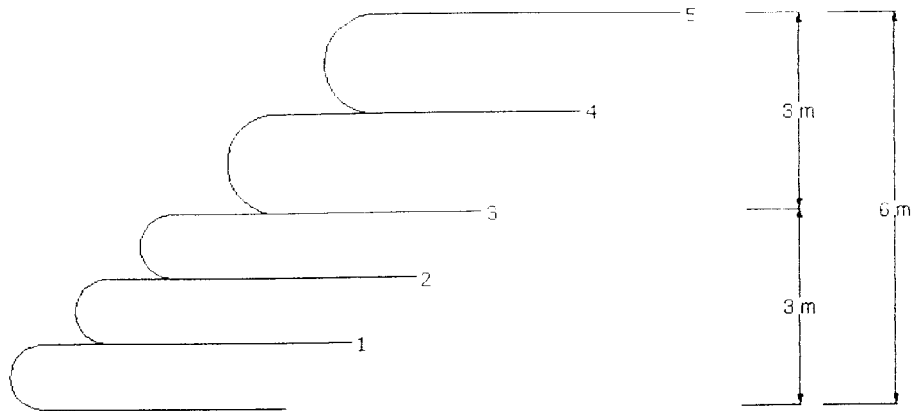
$$l_2 = \frac{S_v (0,721z_1 + 0,354z_2 + 0,1155)}{(2,8 + 2,924 \cdot z_1 + 1,432z_2)}$$

$$l_1 = (H - z) \tan \left(\left(45 - \frac{\phi}{2} \right) - \tan(90 - \beta) \right)$$

$$L = l_1 + l_2$$

Tabel 4.10 Perhitungan perkuatan lereng dengan geotekstil sudut 45°
dengan diberi beban

Lap	Kedalaman z (m)	Tebal Sv (m)	l ₂ (m)	l ₂ min (m)	l ₁ (m)	L (m)	L terpakai (m)
5	1.5	1.5	0,249	1	2,146	3,146	3,5
4	3	1.5	0,295	1	1,431	2,431	3,5
3	4	1	0,2069	1	0,954	1,954	2
2	5	1	0,213	1	0,477	1,477	2
1	6	1	0,218	1	0,000	1,000	2



Gambar 4.13 Perencanaan Jarak Geotekstil

	Gaya		Lengan thd. A	Momen thd. A
W ₁	$2(0,5)2.3.1,94.\cos 45$	8,23	1,5	12,345
W ₂	$2(0,5)3,5.3.1,94.\cos 45$	16,46	4,5	64,8
	Total	24,69		77,195

$$S_f = \sum \frac{M_{tahan}}{M_{guling}}$$

$$S_f = \frac{77,195}{14,531 + 1,386} = 4,85 > 1,5 \text{ aman}$$

c. Stabilitas terhadap gaya geser

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

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

$$Sf_s = \frac{\left(1,4 + \left(\frac{24,69}{3,5} \right) \tan 37 \right) 3,5}{7,2657 + 0,462} = 3,041 > 1,5 \text{ aman}$$

4.5.3 Perencanaan Lapisan Geotekstil Pada Tanah Miring Dengan Sudut

Lereng 60°

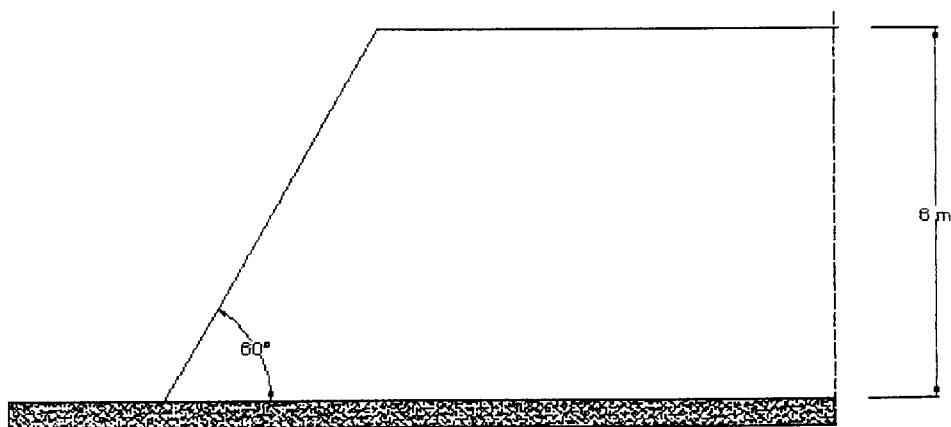
Dalam Analisis perencanaan digunakan data-data sebagai berikut :

- 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
 - Lereng dengan kemiringan (β) = 60°

Penyelesaian :



Gambar 4.14 Perencanaan Lapisan Geotekstil Pada Tanah Miring sudut 60°

1. Tinjauan terhadap stabilitas gaya internal

a. Tekanan Tanah Aktif

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

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

$$\sigma_h = k_a(\gamma_b \cdot z_1 + \gamma' \cdot z_2)$$

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

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

2. Tinjauan terhadap stabilitas eksternal

a. Stabilitas terhadap bahaya guling

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

$$P_a = 0,5 \cdot 1,94 \cdot 6^2 \cdot 0,248 - 2 \cdot 1,4 \cdot \sqrt{0,248} = 7,2657 \text{ T}$$

Momen terhadap titik A

$$M_A = \left(\frac{H}{3}\right) P_a$$

$$M_A = \left(\frac{6}{3}\right) 7,2657 = 14,531 \text{ Tm}$$

$$l_2 = \frac{S_v \cdot \sigma_h(S_f)}{2(c + \gamma \cdot z \cdot \tan \phi)}$$

$$l_2 = \frac{S_v(0,481z_1 + 0,236z_2)1,5}{2(1,4 + (1,94z_1 + 0,95z_2)\tan 37)}$$

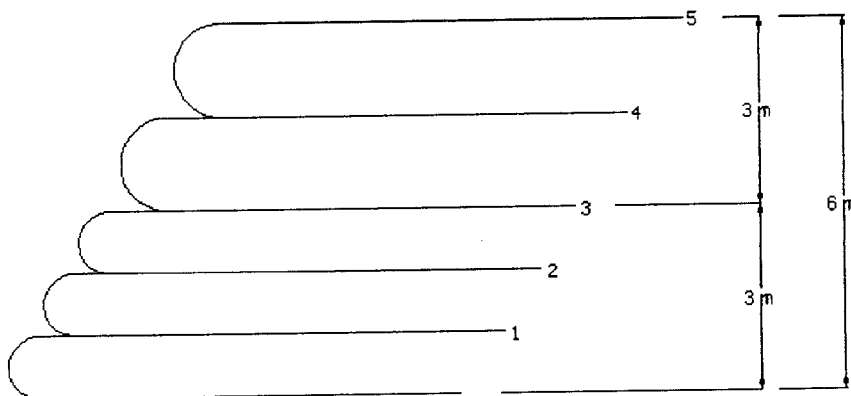
$$l_2 = \frac{S_v(0,721z)}{(2,8 + 2,924z_1 + 1,432z_2)}$$

$$l_1 = (H - z) \tan\left(\left(45 - \frac{\phi}{2}\right) - \tan(90 - \beta)\right)$$

$$L = l_1 + l_2$$

Tabel 4.11 Perhitungan perkuatan lereng dengan geotekstil sudut 60°

Lap	Kedalaman z (m)	Tebal Sv (m)	l_2 (m)	l_2 min (m)	l_1 (m)	L (m)	L terpakai (m)
5	1.5	1.5	0,249	1	2,146	3,146	3,5
4	3	1.5	0,295	1	1,431	2,431	3,5
3	4	1	0,2069	1	0,954	1,954	2
2	5	1	0,213	1	0,477	1,477	2
1	6	1	0,218	1	0,000	1,000	2

Gambar 4.15 Perencanaan Jarak Geotekstil Sudut 60°

	Gaya		Lengan thd. A	Momen thd. A
W_1	$2(0,5)2.3.1,94.\cos 60$	5.82	1.5	8.730
W_2	$2(0,5)3,5.3.1,94.\cos 60$	10.185	1.5	15.278
	Total	16.005		24.008

$$S_f = \sum \frac{M_{tahan}}{M_{guling}}$$

$$S_f = \frac{24,006}{14,531} = 1,652 > 1,5 \text{ aman}$$

$$P_u = 0,5 \cdot 1,94 \cdot 6^2 \cdot 0,248 - 2 \cdot 1,4 \cdot \sqrt{0,248} = 7,2657 \text{ T}$$

Momen terhadap titik A

$$M_A = \left(\frac{H}{3}\right) P_u$$

$$M_A = \left(\frac{6}{3}\right) 7,2657 = 14,531 \text{ Tm}$$

b. Gaya akibat beban titik

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

$$P_t = 6 \times 0,077 = 0,462 \text{ T}$$

Momen terhadap titik A

$$M_t = \left(\frac{H}{3,44}\right) P_t$$

$$M_t = \left(\frac{6}{3,44}\right) 0,462 = 1,386 \text{ Tm}$$

$$l_2 = \frac{S_v \sigma_h (S_f)}{2(c + \gamma \cdot z \cdot \tan \phi)}$$

$$l_2 = \frac{S_v (0,481z_1 + 0,236z_2 + 0,077) 1,5}{2(1,4 + (1,94 \cdot z_1 + 0,95z_2) \tan 37)}$$

$$l_2 = \frac{S_v (0,721z_1 + 0,354z_2 + 0,1155)}{(2,8 + 2,924 \cdot z_1 + 1,432z_2)}$$

$$l_1 = (H - z) \tan \left(\left(45 - \frac{\phi}{2} \right) - \tan(90 - \beta) \right)$$

$$L = l_1 + l_2$$

Tabel 4.12 Perhitungan perkuatan lereng dengan geotekstil sudut 60°
dengan diberi beban

Lap	Kedalaman z(m)	Tebal Sv(m)	l_2 (m)	l_2 min (m)	l_1 (m)	L (m)	L terpakai (m)
5	1.5	1.5	0,249	1	2.525	3.525	3,5
4	3	1.5	0,295	1	1.683	2.683	3,5
3	4	1	0,2069	1	1.122	2.122	2
2	5	1	0,213	1	0.561	1.561	2
1	6	1	0,218	1	0.000	1.000	2

	Gaya		Lengan thd. A	Momen thd. A
W_1	$2(0,5)2.3.1,94.\cos 60$	5.82	1.5	8.730
W_2	$2(0,5)3,5.3.1,94.\cos 60$	10.185	1.5	15.278
	Total	16.005		24.008

$$S_f = \sum \frac{M_{tahan}}{M_{guling}}$$

$$S_f = \frac{24,008}{14,531 + 1,386} = 1,51 > 1,5 \text{ aman}$$

c. Stabilitas terhadap gaya geser

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

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

$$Sf_s = \frac{\left(1,4 + \left(\frac{16,005}{3,5} \right) \tan 37 \right) 3,5}{7,2657 + 0,462} = 2,194 > 1,5 \text{ aman}$$

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Besarnya sudut kemiringan lereng mempengaruhi besarnya angka keamanan, semakin besar sudut kemiringan maka semakin kecil angka keamanannya, begitu pula sebaliknya. Pada sudut kemiringan 15° , 30° , 45° , 60° tanpa beban memiliki angka keamanan berturut-turut adalah 2,574, 1,702, 1,51, dan 1,32.
2. Pondasi bujur sangkar dengan lebar pondasi $B = 0,85$ m aman untuk mendukung beban menara air dengan $P = 2,224$ T.
3. Beban struktur pada daerah lereng mengurangi besarnya angka keamanan lereng tersebut. Pada lereng dengan diberi beban pada sudut kemiringan 15° , 30° , 45° , 60° angka keamanannya adalah 2,498, 1,646, 1,44, dan 1,31.
4. Perkuatan dengan geotekstil adalah untuk menstabilkan tanah, yaitu dengan cara mengurangi gaya geser dalam tanah pada bidang yang menyebabkan longsor dan meningkatkan tahanan geser dalam tanah untuk mengimbangi longsor sepanjang bidang longsor. Pada sudut 45° dengan beban, angka aman terhadap bahaya guling adalah 4,85, sedang angka aman terhadap gesernya adalah 3,041. Pada sudut 60° tanpa beban angka aman terhadap bahaya guling adalah 1,652, sedang angka aman terhadap gesernya adalah 2,334. Pada sudut 60° dengan beban angka aman terhadap bahaya guling adalah 1,51, sedang angka aman terhadap gesernya adalah 2,194.

5.2 Saran

1. Perlu diadakan penelitian serupa dengan :
 - a. Memperhitungkan pengaruh gaya rembesan yang terjadi.
 - b. Menggunakan sudut kemiringan lereng yang lebih besar.
 - c. Kondisi lereng dengan lapisan tanah yang berlapis-lapis.
 - d. Menggunakan beban eksternal yang berbeda.
 - e. Memperhitungkan jarak beban titik terhadap tepi lereng yang bervariasi.
 - f. Memperhitungkan beban gempa.
2. Penggunaan geotekstil untuk perkuatan lereng sangat dianjurkan, disamping bernilai ekonomis juga menghasilkan konstruksi teknik sipil yang handal.

DAFTAR PUSTAKA

Djarmiko Soedarmo, G, Ir, Edy Purnomo, S, J, Ir, 1997, **MEKANIKA TANAH 2**, Kanisius, Yogyakarta

Dunn, I.S, Anderson, L.R, Kiefer, F.R, 1992, **DASAR-DASAR ANALISIS GEOTEKNIK**, IKIP Semarang Press, Semarang

Hary Christady Hardiyatmo, 1992, **MEKANIKA TANAH 1**, Gramedia, Jakarta

Hary Christady Hardiyatmo, 1994, **MEKANIKA TANAH 2**, Gramedia, Jakarta

Hary Christady Hardiyatmo, 1996, **TEKNIK FONDASI 1**, Gramedia, Jakarta

Joseph E. Bowles, 1968, **FOUNDATION ANALYSIS AND DESIGN**, *International Student Edition*, McGraw-Hill Kogakusha, Ltd, Tokyo

Suyono Sostrodarsono, Ir, Kazuto Nakazawa, 1988, **MEKANIKA TANAH & TEKNIK PONDASI**, Pradnya Paramitha, Jakarta

LAMPIRAN 1

CATATAN KONSULTASI TUGAS

NO	TANGGAL	CATATAN KONSULTASI
	8-02-03	Foto/buku tentang Molen, dan terdapat Doffen lampiran Revisi nomor yg dilipat Gambar nomor dan foto harus Gisa
	17-02-03	BISA WAK

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

NO	NAMA	NO. MHS.	BID. STUDI
1	M. SIRRI WATA	93 310 156	STRUKTUR
2	M. CHARIFTA	93 310 074	STRUKTUR

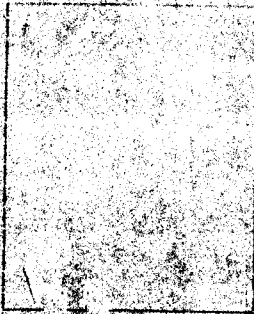
TUGAS AKHIR:
ANALISIS PONDASI BANGKAL PADA TANAH Miring

PERIODE IV : JUNI - NOPEMBER
TAHUN : 2000 / 2001

No	Kegiatan	Bulan Ke :					
		Junj	Juli	Agustus	Sept	Oktober	Nop
1.	Pondasaran						
2.	Pengantar Dosen Pembimbing						
3.	Pembuatan Proposal						
4.	Seminar Proposal						
5.	Konsultasi Penyusunan TA						
6.	Sidang-Sidang						
7.	Pendadaran						

DOSEN PEMBIMBING I
 DOSEN PEMBIMBING II

IR. H. A. HALIM HASMAR, MT.
 IR. IBNU SUDARMADJI, MS.



Yogyakarta, 19 Juli 2001
 An Dekan

(Signature)
 IR. H. MUNTALIR, MS

Catatan :

- Seminar :
- Sidang :
- Pendadaran :

LAMPIRAN 2

LAPORAN PENYELIDIKAN TANAH

PROYEK : KAMPUS III UNIVERSITAS ACHMAD DAHLAN
ALAMAT : Jl. PROF. DR. SOEPOMO - JANTURAN YOGYAKARTA

PENDAHULUAN

1. Atas Permintaan :
Nama : UNIVERSITAS ACHMAD DAHLAN
Alamat : YOGYAKARTA
Oleh laboratorium Mekanika Tanah Universitas Atma Jaya Yogyakarta telah dilaksanakan penyelidikan tanah di lokasi tersebut di atas.
2. Maksud penyelidikan tanah adalah untuk mengetahui keadaan dan situasi serta sifat-sifat tanah setempat yang akan digunakan sebagai data perencanaan pondasi beserta daya dukungnya.
3. Pelaksanaan penyelidikan yang meliputi pekerjaan lapangan dan laboratorium telah dilaksanakan pada bulan Februari - Maret 1999.

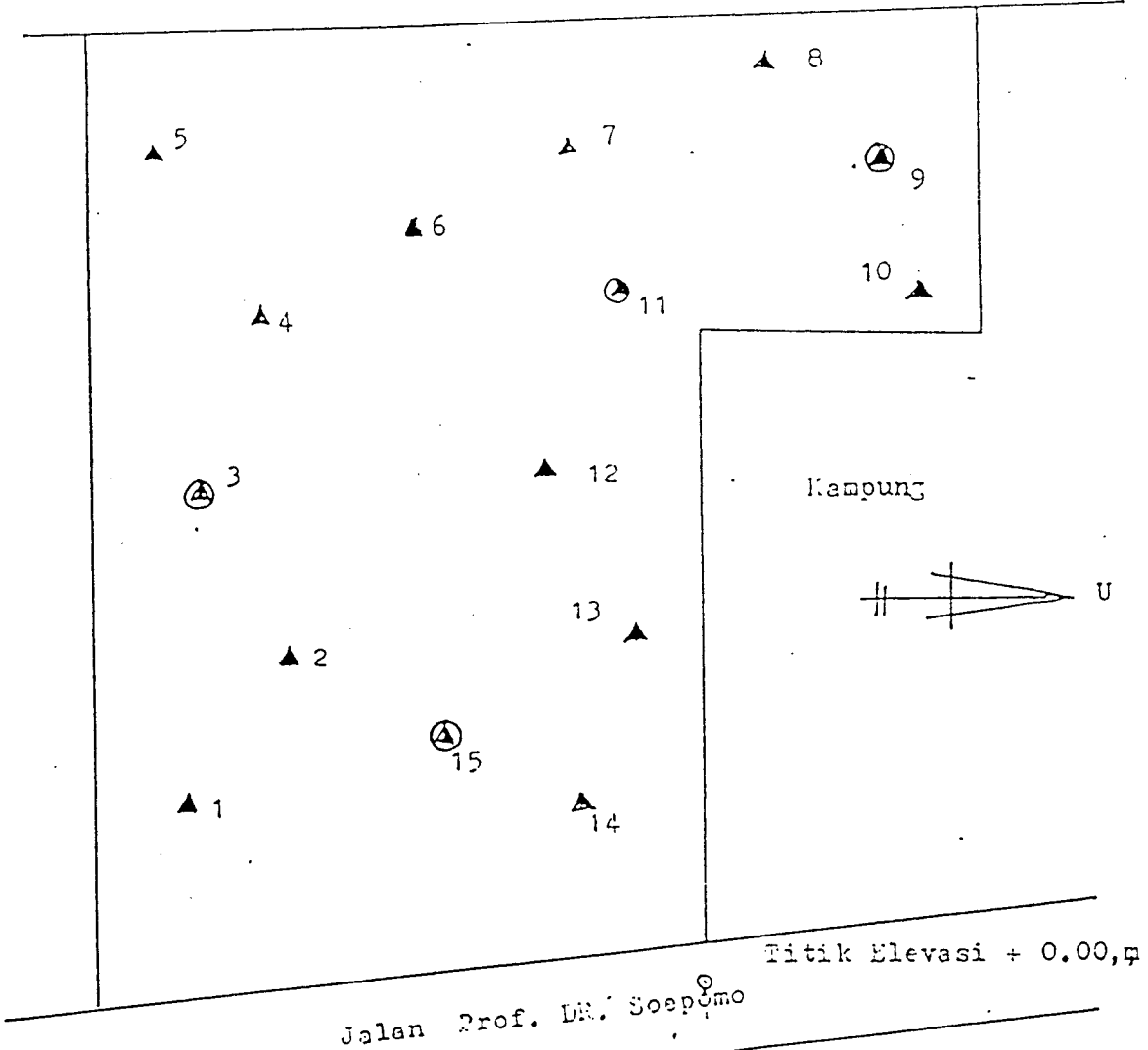
UMUM

1. Rencana bangunan yang tanahnya diselidiki terletak di :
Lokasi tersebut berupa : Tanah kosong
Batas - batas Bangunan :
Sebelah Utara : Perkampungan
Sebelah Barat : Jalan Kampung
Sebelah Selatan : Perkampungan
Sebelah Timur : Jl. Prof. Dr. Soepomo
Luas rencana Bangunan : + 9.500 m²
Direncanakan bertingkat : 3 (tiga) lantai
2. Penyelidikan tanah yang telah dilaksanakan :

SITUASI TITIK - TITIK PENYELIDIKAN TANAH
 RENCANA KAMPUS UNIVERSITAS
 AHMAD DAHLAN
 YOGYAKARTA

Kampung

Jalan Kampung



Keterangan :

▲ : Titik Pengujian Sondir

⊕ : Titik Pengujian Sondir dan Boor

○ : Titik Elevasi + 0,00 m

- : Elevasi diukur terhadap permukaan As Jalan sisi Timur (Timur Laut) rencana bangunan ini.

UJI SONDIR

Proyek : Universitas Ahmad Dahlan

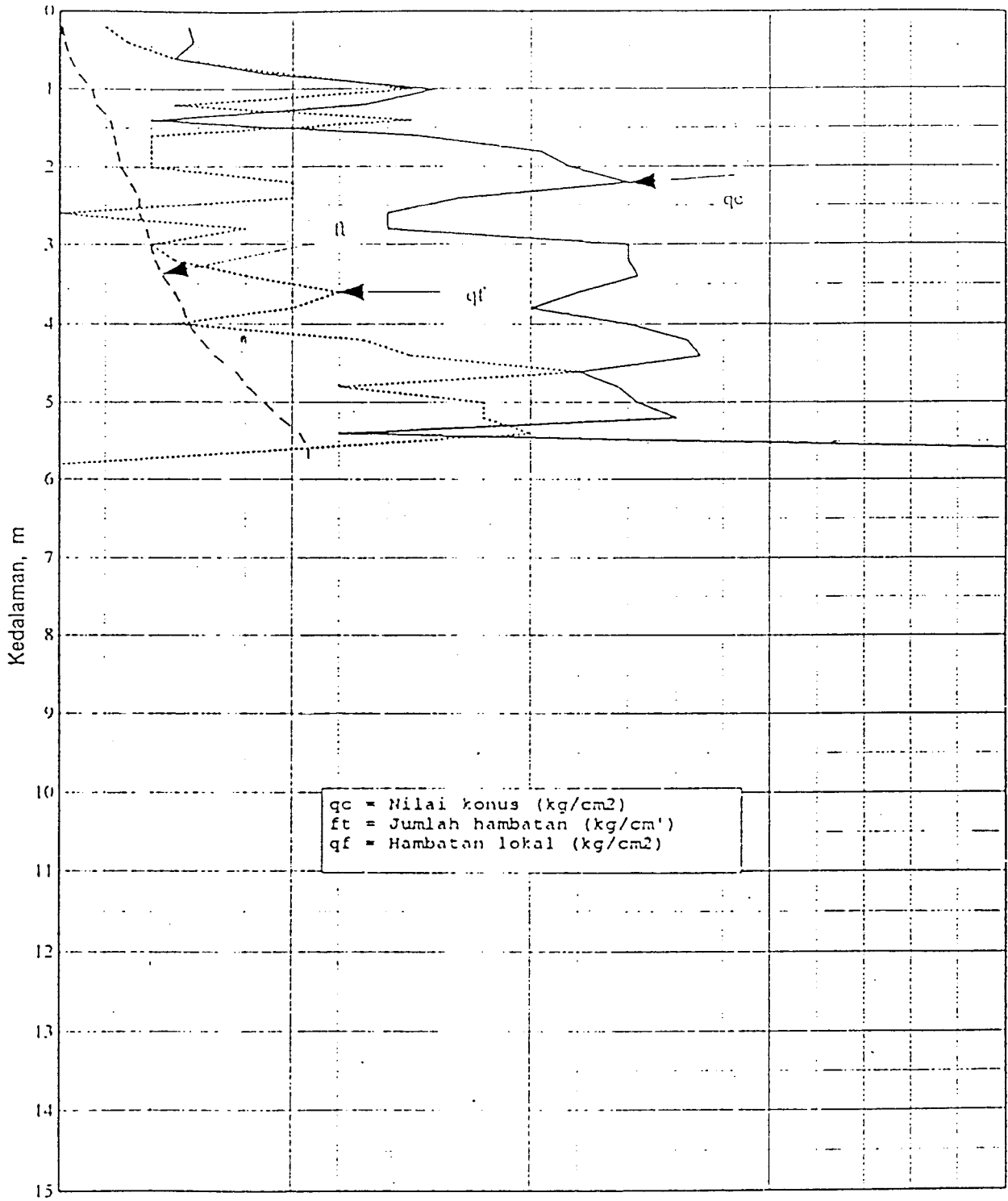
Titik No. : 9

Tanggal : 7-2-1999

Lokasi : Glagahsari, Yogyakarta

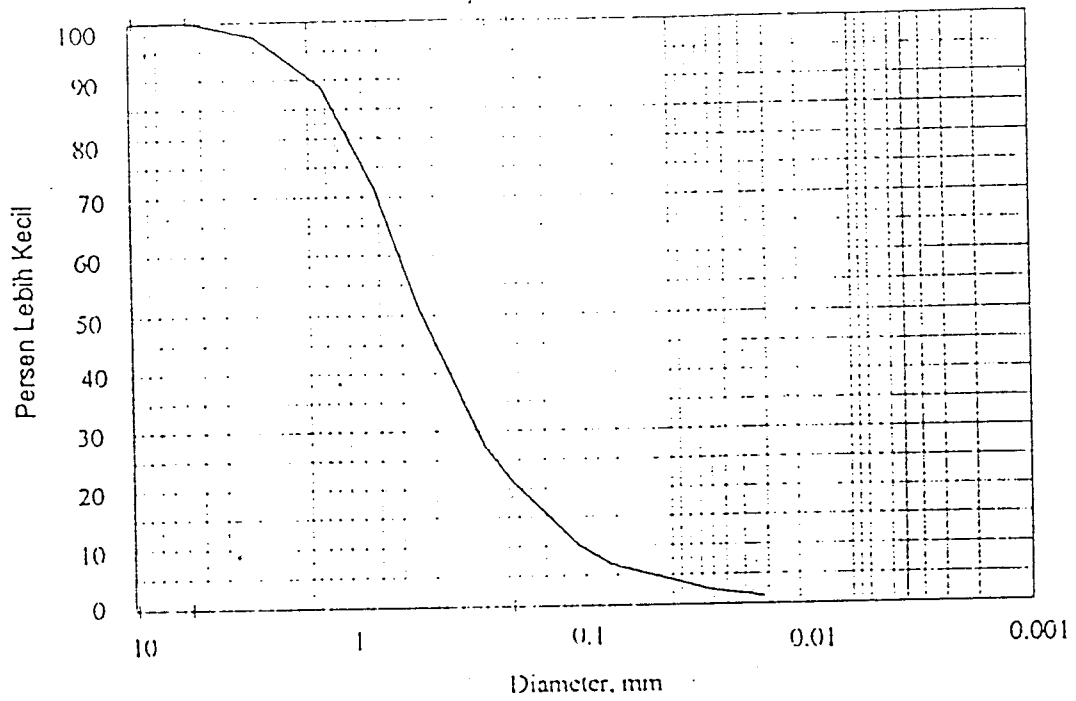
Elevasi : +100.28

ft---> 0 (kg/cm)	500	1000	1500	2000
qc---> 0 (kg/cm ²)	50	100	150	200
qf---> 0 (kg/cm ²)	1	2	3	4



GRADASI BUTIR TANAH

Proyek : Universitas Ahmad Dahlan
 Lokasi : Gilagahsuri
 No. Titik Bor : T 9
 Kedalaman : 2.40 m
 Tanggal : 16 Februari 1999



Kerikil	Pasir	Lanau	Lempung
---------	-------	-------	---------

Lolos # 200	=	20.9 %
Kerikil	=	0.0 %
Pasir	=	79.1 %
Lanau	=	20.9 %
Lempung	=	0.0 %

LAMPIRAN 3

program: MRSSlope (Ver 1.2 March 1993)

Licensed to: NURCAHYO S.PUTRO
CIVIL ENGINEERING
UII YOGYA
ALCATRAZ-IROMEJAN GKIII/783

Copyright (c) Mirafi, A Division of Nicolon Corporation 1992

Project: Stabilitas lereng
Location: Yogyakarta
Owner: Gharif & Nanang
Client: Gharif & Nanang
Prepared by: Gharif & Nanang
Date/Time: 10-20-2002 / 12:08:14
Analysis no: 19

SLOPE GEOMETRY and SURCHARGE:

Slope height = 6.0 (m)
Slope Angle = 45.0 (degrees)
No surcharge

SOIL DATA:	COHESION (kN/m ²)	FRICTION ANGLE (degrees)	BULK UNIT WEIGHT (kN/m ³)	THICKNESS (m)
Slope Soil	1.4	37.0	19.4	6.0
Base Layer 1 Soil	1.4	37.0	19.4	2.0
Base Layer 2 Soil	1.4	37.0	19.4	

PHREATIC SURFACE DATA

Phreatic surface elevation at TOE of slope = 0.00 (m)
Phreatic surface elevation at CREST of slope = 4.00 (m)

GROUND ACCELERATION DATA

No ground acceleration. Static analysis

Project: Stabilitas lereng
Location: Yogyakarta
Prepared by: Gharif & Nanang
Date/Time: 10-20-2002 / 12:08:14

ANALYSIS DETAILS:

TYPE: Circular Slip Analysis using Bishop's Method of Slices

OPTION: Multiple Slip Analyses passing through a FIXED POINT

INPUT:

X coordinate of fixed point = 0.00 (m)
Y coordinate of fixed point = 0.00 (m)
X coordinate of search grid origin = 3.00 (m)
Y coordinate of search grid origin = 10.00 (m)
Width and height of search grid = 4.00 (m)
Search grid spacing = 0.50 (m)
Number of centers of rotation = 81

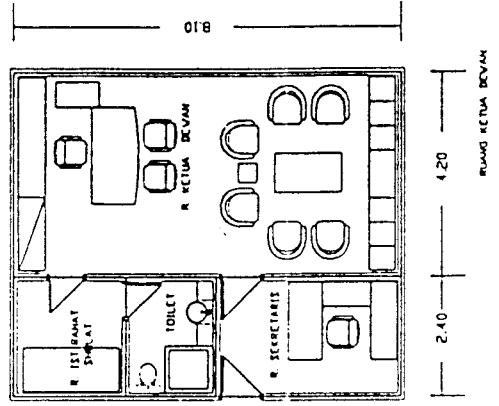
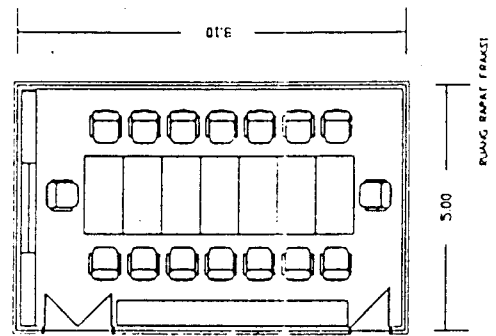
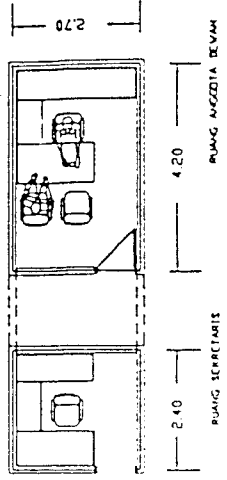
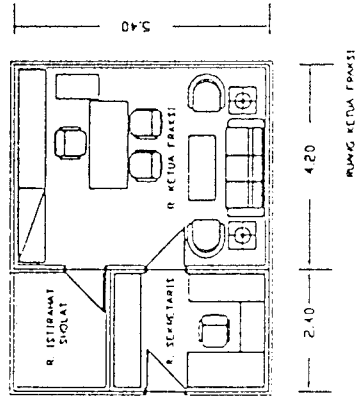
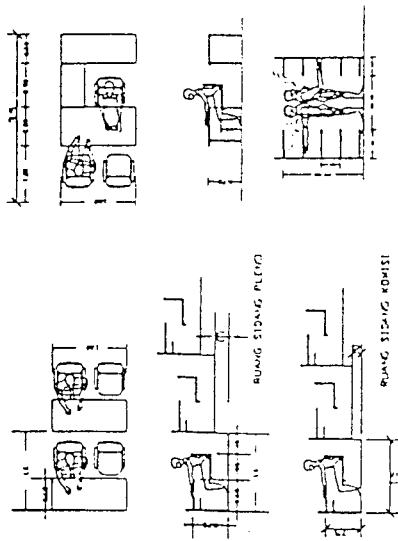
OUTPUT:

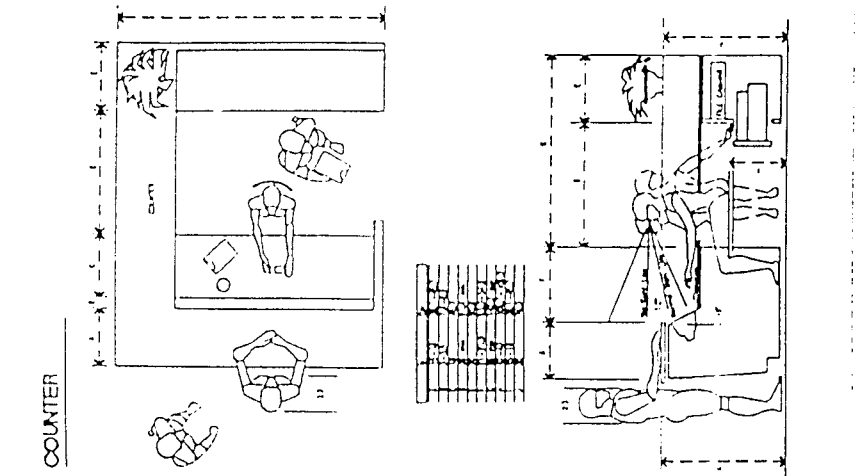
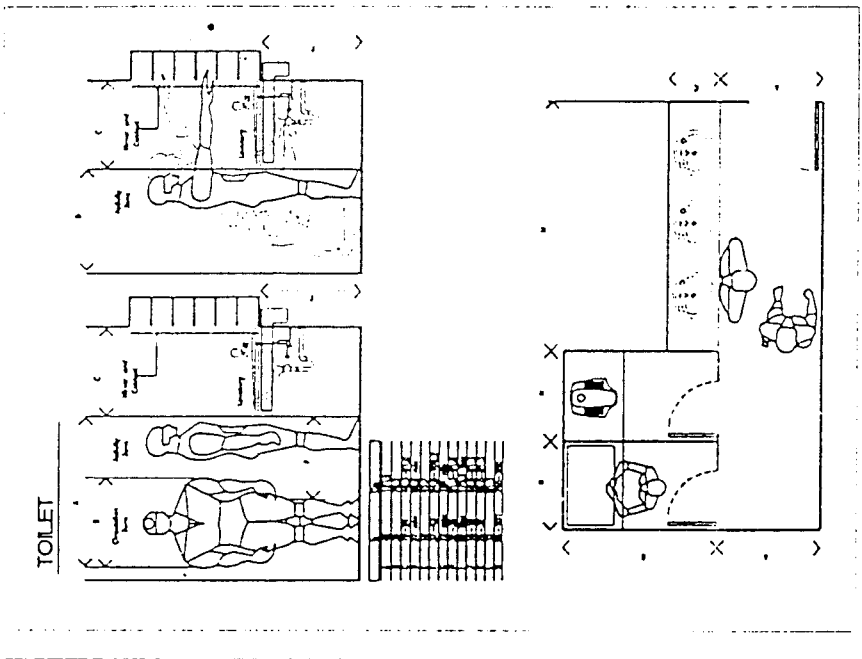
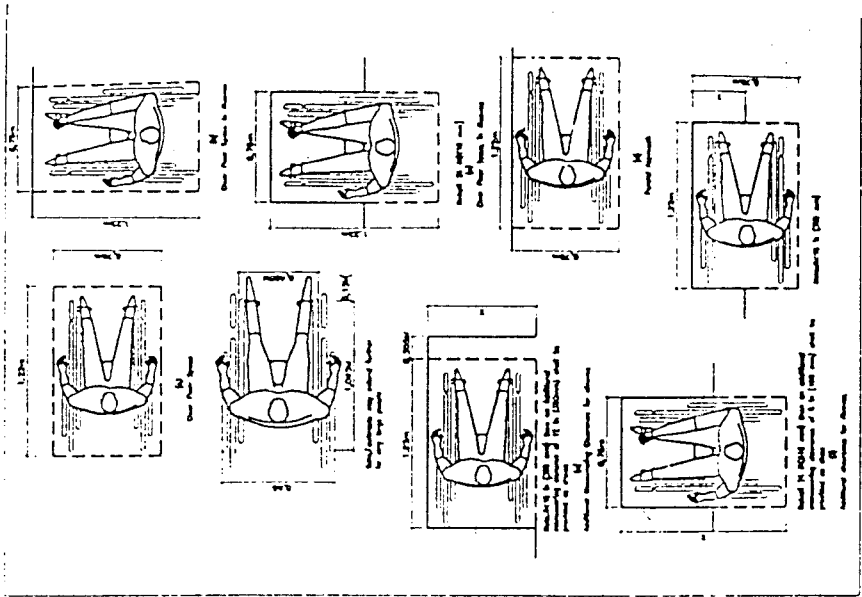
X coordinate of critical center of rotation = 3.00 (m)
Y coordinate of critical center of rotation = 10.00 (m)
Radius of critical circular arc = 10.44 (m)
X coordinate of critical slip circle exit = 12.64 (m)
Y coordinate of critical slip circle exit = 6.00 (m)
Factor of Safety = 1.521

SUMMARY OF CALCULATIONS:

Number	Center of Rotation		Radius	Factor of Safety
	X Coord	YCoord		
1	3.00	10.00	10.44	1.521 <-- critical circle
2	3.50	10.00	10.59	1.643
3	4.00	10.00	10.77	1.777
4	4.50	10.00	10.97	1.923
5	5.00	10.00	11.18	2.081
6	5.50	10.00	11.41	2.252
7	6.00	10.00	11.66	2.432
8	6.50	10.00	11.93	2.627
9	7.00	10.00	12.21	2.835
10	3.00	10.50	10.92	1.544
11	3.50	10.50	11.07	1.663
12	4.00	10.50	11.24	1.793
13	4.50	10.50	11.42	1.934
14	5.00	10.50	11.63	2.088
15	5.50	10.50	11.85	2.254
16	6.00	10.50	12.09	2.429
17	6.50	10.50	12.35	2.617
18	7.00	10.50	12.62	2.819
19	3.00	11.00	11.40	1.567
20	3.50	11.00	11.54	1.683
21	4.00	11.00	11.70	1.810
22	4.50	11.00	11.88	1.947
23	5.00	11.00	12.08	2.096
24	5.50	11.00	12.30	2.258
25	6.00	11.00	12.53	2.429
26	6.50	11.00	12.78	2.611
27	7.00	11.00	13.04	2.805

STUDI RUANG





STANDART-STANDART
 ERGONOMI

COUNTER