

SKRIPSI

**ANALISIS STABILITAS LERENG DENGAN PERKUATAN GEOTEKSTIL
MENGUNAKAN PROGRAM *PLAXIS 2D* PADA STA 2+700B JALAN RAYA
PUSUK DI KABUPATEN LOMBOK UTARA**

Diajukan Sebagai Syarat Menyelesaikan Studi
Pada Program Studi Teknik Sipil Jenjang Strata I
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Mataram



DISUSUN OLEH :

ARSY ROSIDARTA

41411A0070

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM

TAHUN 2021

**HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING
SKRIPSI**

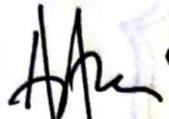
**ANALISIS STABILITAS LERENG DENGAN PERKUATAN GEOTEKSTIL
MENGUNAKAN PROGRAM *PLAXIS 2D* PADA STA 2+700B JALAN RAYA
PUSUK DI KABUPATEN LOMBOK UTARA**

Disusun Oleh :

ARSY ROSIDARTA
41411A0070

Mataram, 30 Juli 2021

Pembimbing I,



Dr. Heni Rujastuti, ST., MT
NIDN. 0828087201

Pembimbing II,



Titik Wahyuningsih, ST, MT
NIDN. 0819097401

Mengetahui,

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
FAKULTAS TEKNIK**



Dekan,

Dr. Ent M. Ihamy Rusyda, ST., MT
NIDN. 0824017501

**HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI
SKRIPSI**

**ANALISIS STABILITAS LERENG DENGAN PERKUATAN GEOTEKSTIL
MENGUNAKAN PROGRAM *PLAXIS 2D* PADA STA 2+700B JALAN RAYA
PUSUK DI KABUPATEN LOMBOK UTARA**

Yang Dipersiapkan dan Disusun Oleh:

**NAMA : ARSY ROSIDARTA
NIM : 41411A0070**

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji

Pada hari, Selasa, 10 Agustus 2021

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Susunan Tim Penguji

- | | | |
|----------------|--------------------------------------|---|
| 1. Penguji I | : Dr. Heni Pujiastuti, ST., MT |  |
| 2. Penguji II | : Titik Wahyuningsih, ST., MT |  |
| 3. Penguji III | : Dr. Eng. M. Islamy Rusyda, ST., MT |  |

Mengetahui,

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
FAKULTAS TEKNIK**

Dekan,



**Dr. Eng. M. Islamy Rusyda, ST., MT
NIDN. 0824017501**

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tugas akhir/skripsi dengan judul “Analisis Stabilitas Lereng dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan Program *Plaxis 2D* Pada STA 2+700B Jalan Raya Pusuk Di Kabupaten Lombok Utara” yang dibuat untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Mataram. Selama yang saya ketahui skripsi bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasikan dan/atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar akademik Sarjana Teknik di lingkungan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram, maupun di perguruan tinggi atau institusi mana pun. Kecuali, yang bagian informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat tanpa tekanan dari pihak mana pun dan dengan kesadaran penuh terhadap tanggung jawab dan konsekuensi.

Mataram, 10 Agustus 2021

Yang membuat pernyataan



Arsy Rosidarta

41411A0070



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
UPT. PERPUSTAKAAN

Jl. K.H.A. Dahlan No. 1 Mataram Nusa Tenggara Barat
Kotak Pos 108 Telp. 0370 - 633723 Fax. 0370-641906
Website : <http://www.lib.ummat.ac.id> E-mail : upt.perpusummat@gmail.com

**SURAT PERNYATAAN BEBAS
PLAGIARISME**

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Mataram, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : ARSY ROSIDARTA
NIM : 41411A0070
Tempat/Tgl Lahir : TALIWANO, 23 MARET 1996
Program Studi : TEKNIK SIPIL
Fakultas : TEKNIK
No. Hp/Email : 081-237-222 830 / arsy28r@gmail.com
Judul Penelitian : -

ANALISIS STABILITAS LERENG DENGAN PERKUATAN GEOTEKSTIL
MENGEUNAKAN PROGRAM PLAXIS 2D PADA STA 2+700B
JALAN RAYA PUSUK DI KABUPATEN LOMBOK UTARA

Bebas dari Plagiarisme dan bukan hasil karya orang lain. 37 %

Apabila dikemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian dari karya ilmiah dari hasil penelitian tersebut terdapat indikasi plagiarisme, saya *bersedia menerima sanksi* sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Muhammadiyah Mataram.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun dan untuk dipergunakan sebagai mana mestinya.

Dibuat di : Mataram

Pada tanggal : 19 Agustus 2021

Penulis



ARSY ROSIDARTA
NIM. 41411A0070

Mengetahui,
Kepala UPT Perpustakaan UMMAT



Iskandar, S.Sos., M.A.
NIDN: 0802048904



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM

UPT. PERPUSTAKAAN

Jl. K.H.A. Dahlan No. 1 Mataram Nusa Tenggara Barat

Kotak Pos 108 Telp. 0370 - 633723 Fax. 0370-641906

Website : <http://www.lib.ummat.ac.id> E-mail : upt.perpusummat@gmail.com

SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Mataram, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : ARSY ROSIPARTA
NIM : 41411A0070
Tempat/Tgl Lahir : TALIWANE, 23 MARET 1996
Program Studi : TEKNIK SIPIL
Fakultas : TEKNIK
No. Hp/Email : 081.237.222.830 / arsy23r@gmail.com
Jenis Penelitian : Skripsi KTI

Menyatakan bahwa demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada UPT Perpustakaan Universitas Muhammadiyah Mataram hak menyimpan, mengalih-media/format, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Repository atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama *tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta* atas karya ilmiah saya berjudul:

ANALISIS STABILITAS LERENG DENGAN PEREVATAN GEOTEKSTIL
MENGEVNAKAN PROGRAM PLAXIS 2D PADA STA 2+700B
JALAN RAYA PUSK DI KABUPATEN LOMBOK UTARA

Segala tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah ini menjadi tanggungjawab saya pribadi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya tanpa ada unsur paksaan dari pihak manapun.

Dibuat di : Mataram

Pada tanggal : 19 Agustus 2021

Penulis



ARSY ROSIPARTA
NIM. 41411A0070

Mengetahui,
Kepala UPT Perpustakaan UMMAT



Iskandar, S.Sos., M.A.
NIDN. 0802048904

HALAMAN MOTO

اللَّهُمَّ إِنِّي أَسْأَلُكَ عِلْمًا نَافِعًا، وَرِزْقًا طَيِّبًا، وَعَمَلًا مُتَقَبَّلًا

“Ya Allah, aku mohon kepada-Mu ilmu yang bermanfaat, rezeki yang tayib, dan amal yang diterima“

- Rasulullah Shallallahu ‘alaihi wa sallam -

(H.R Ibnu Majah No. 925, sahih oleh Syaikh Al-Albani)

“Gantunglah cita-citamu setinggi langit ! bermimpilah setinggi langit. Jika engkau jatuh, engkau akan jatuh di antara bintang-bintang”

- Ir. Soekarno -

“Everybody is a genius. But if you judge a fish by its ability to climb a tree, it will live its whole life believing that it is stupid”

- Albert Einstein -

“Twenty years from now you will be more disappointed by the things you didn’t do than by the ones you did do. So throw off the bowlines, sail away from the safe harbor. Catch the trade winds in your sails. Explore. Dream. Discover.”

- Mark Twain -

“Tidak ada gunanya IQ anda tinggi namun malas, tidak memiliki disiplin. Yang penting adalah anda sehat dan mau berkorban untuk masa depan yang cerah”

- Bacharuddin Jusuf Habibie -

“Aku lebih ingin menjadi Marco Polo walaupun Christopher Columbus sangat hebat”

- Arsy R. -

“Percayalah, Einstein dan ilmuwan lainnya melakukan ribuan percobaan sebelum mereka berhasil dengan penemuannya”

- Arsy R. -

ABSTRAK

Pada ruas Jalan Pusuk Kecamatan Pemenang, setiap ruas jalannya memiliki kemiringan lereng yang tinggi sehingga dapat mempengaruhi longsor terlihat dari sudut kemiringan yang tinggi dengan parameter tanah yang lunak berpasir. Kemungkinan faktor keamanan dari lereng tersebut kecil sehingga perlu ditambahkannya perkuatan geotekstil. Geotekstil yang digunakan adalah *jenis non woven* karena dapat menjadi separator/pemisah jika sewaktu-waktu tanah tersebut longsor.

Pada analisis ini menggunakan metode elemen hingga atau *finite element methode* (FEM) yang dimana data yang diperoleh di lapangan kemudian diolah menjadi data yang siap di *input* ke dalam program. Dalam input *plaxis*, parameter yang digunakan adalah γ_{sat} , γ_{unsat} , modulus young, angka poison, kohesi, sudut geser dalam. Lereng dianalisa dengan menggunakan *plaxis* dengan kondisi eksisting. Jika lereng tidak aman, maka diberikan variasi perbaikan dengan tiga variasi. Variasi pertama menggunakan geotekstil dengan lereng asli, variasi kedua menggunakan geotekstil dengan kemiringan sebesar 60^0 dan variasi ketiga menggunakan geotekstil dengan kemiringan sebesar 50^0 .

Dari hasil analisis diperoleh jika faktor keamanan pada lereng menunjukkan jika lereng dengan kondisi eksisting, faktor keamanan lereng sebesar 0,776 yang menandakan lereng tersebut tidak aman. Variasi perbaikan pertama, menggunakan geotekstil dengan sudut 71^0 menunjukkan angka faktor keamanan sebesar 0,957 yang dimana lereng tersebut tidak aman. Variasi perbaikan kedua menggunakan geotekstil dengan sudut kemiringan lereng sebesar 60^0 , lereng tersebut masih tergolong tidak aman dengan faktor keamanan sebesar 1,042. Pada variasi perbaikan ketiga menggunakan geotekstil pada kemiringan lereng sebesar 50^0 , faktor keamanan lereng sebesar 1,229 yang dimana lereng tersebut aman.

Kata kunci : kestabilan lereng, *plaxis*, *FEM*, Faktor keamanan

ABSTRACT

Each road portion on the Pusuk Road in Pemenang Subdistrict has a high slope to affect landslides due to the high slope angle and soft sandy soil features. The potential of the slope's safety factor being small, geotextile reinforcement is required. The non-woven geotextile was chosen because it can act as a divider in the event of landslides. The data received in the field is transformed into data ready to be fed into the software using the finite element method (FEM). Sat, unsat, Young's modulus, poison number, cohesiveness, and inner shear angle are the parameters utilized in plaxis input. Plaxis was used to analyze slopes under present conditions. If the slope is not safe, a three-variation variation of improvement is offered. Geotextiles with original slopes are used in the first version. Geotextiles with 600 slopes are used in the second version, and one with 500 slopes are used in the third variation. It isn't secure. The first improvement option, which uses geotextile at a 710-degree angle, yields a safety rating of 0.957, indicating that the slope is unsafe. With a safety factor of 1.042, the second repair variation uses geotextiles with a slope angle of 600. The slope is still categorized as dangerous. The slope safety factor for the third repair variation employing geotextiles on a slope of 500 is 1.229, which is considered safe.

Keywords: slope stability, plaxis, FEM, the safety factor



KATA PENGANTAR

Dengan mengucap puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan nikmat iman dan kesehatan. Tidak lupa pula penulis menghaturkan sholawat serta salam kepada baginda besar, Rasulullah Muhammad SAW. Alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan tugas akhir Skripsi dengan judul “Analisis Stabilitas Lereng dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan Program *Plaxis 2D* Pada STA 2+700B Jalan Raya Pusuk Di Kabupaten Lombok Utara”.

Dalam penyusunan skripsi ini tidak terlepas dukungan dari berbagai pihak. Penulis secara khusus menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak yang telah membantu:

1. Kedua orang tua saya, bapak Rosidi Poril, S.Sos dan ibu Sa'diyatullah yang selalu memberikan semuanya. Mungkin ini bukan hal terbesar yang saya berikan, tapi saya berusaha menyelesaikan apa yang sudah saya bangun. Jujur, saya pernah putus harapan untuk menyelesaikannya, tapi hadir anda yang selalu memberikan motivasi dan semangat untuk kembali bangkit dan kembali melakukan semuanya. Jika dalam konstruksi, anda adalah fondasi kuat. Jika dalam matematika, anda merupakan bilangan tak terhingga, yang tak dapat dibagi, sebab hadir anda dalam kehidupan saya adalah hal hebat yang Allah berikan dan hal tak terhingga itu bahkan sangat banyak, baik berupa finansial, pesan moral, maupun do'a terbaik yang selalu dipanjatkan. Mutu beton $f'c$ melebihi 35 Mpa, perumpamaan yang terlalu kecil dibandingkan kekuatan yang selalu anda berikan.
2. Dr. H.Arsyad Abd Gani., M.Pd, selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Mataram.
3. Bapak Dr. Eng. M. Islamy Rusyda, ST., MT., selaku dekan fakultas teknik, yang selalu memberikan *support* serta pelayanan terbaik untuk seluruh mahasiswa fakultas teknik.
4. Ibu Agustini Ernawati, M. Tech, selaku Kaprodi Teknik Sipil yang selalu memberikan pelayanan terbaik bagi setiap mahasiswa prodi teknik sipil.

5. Ibu Dr. Heni Pujiastuti, ST.,MT., selaku Dosen Pembimbing I, yang telah meluangkan waktunya, rela mempertanyakan progres skripsi saya hingga hampir tiap minggu. Dan saya mengucapkan permohonan maaf apabila saya selalu membuat ibu kesal sepanjang konsultasi skripsi. Pada akhirnya, saya sangat berterima kasih atas bimbingan ibu selama ini dan banyak hal yang dapat saya pelajari dari cara ibu membimbing, yaitu ibu sangat baik sekali dan sangat peduli dengan mahasiswa bimbingan ibu dan cara pendekatan yang ibu lakukan membuat saya terkesan.
6. Ibu Titik Wahyuningsih, ST., MT., selaku Dosen Pembimbing II, yang telah memberikan bimbingan terbaiknya, bahkan ibu dapat mengerti apa yang diinginkan oleh mahasiswanya.
7. Terima kasih untuk dosen tercinta yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu yang telah membimbing dan membagi ilmunya dengan penuh kesabaran.
8. Seluruh civitas akademika Fakultas Teknik yang terlibat baik secara langsung dan tidak langsung dalam penyelesaian skripsi ini yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.
9. Kepada kedua adik saya tercinta, Arfy Rosiastawa dan Ismy Rosipertiwi, yang memberikan semangat secara tidak langsung. Mungkin kalian tidak menyadarinya, jika hanya dengan hadir kalian dapat memberikan saya semangat lebih untuk menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Akhir kata penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Mataram, 10 Agustus 2021

Yang membuat pernyataan

Arsy Rosidarta

41411A0070

DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing	ii
Lembar Pengesahan Penguji.....	iii
Surat Pernyataan Keaslian	iv
Surat Bebas Plagiarisme	v
Surat Pernyataan Persetujuan Publikasi Karya Ilmiah	vi
Halaman Moto	vii
Abstrak	viii
Abstract.....	ix
Kata Pengantar.....	x
Daftar Isi	xii
Daftar Tabel.....	xv
Daftar Gambar	xvi
Daftar Lambang dan Singkatan	xviii
Daftar Lampiran	xx
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1.Latar Belakang	1
1.2.Rumusan Masalah	2
1.3.Tujuan Penelitian	2
1.4.Batasan Masalah	2
1.5.Lokasi Penelitian.....	2
1.6.Manfaat Penelitian	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	4
2.1.Tinjauan Pustaka	4
2.1.1.Penelitian Terdahulu.....	4
2.2.Landasan Teori.....	6
2.2.1.Berat Volume Tanah.....	6
2.2.2.Kuat Geser Tanah	9

2.2.3. Uji Kuat Geser Tanah	10
2.2.4. Penentuan Modulus Elastisitas	13
2.2.5. Faktor Keamanan.....	15
2.2.6. Geotekstil.....	16
2.2.6.1. Jenis Geotekstil.....	16
2.2.6.2. Fungsi Geotekstil.....	18
2.2.6.3. Metode Perencanaan.....	20
2.2.7. <i>Plaxis</i>	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	31
3.1. Tinjauan Umum	31
3.2. Objek dan Subjek Penelitian	31
3.3. Data Penelitian	32
3.4. Langkah-langkah Penelitian.....	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	35
4.1. Data Analisis	35
4.2. Perhitungan Geotekstil.....	36
4.3. Pengoperasian <i>Plaxis</i>	38
4.3.1. Geometri	39
4.3.2. Input Data Parameter Tanah.....	40
4.3.3. <i>Standard Fixities</i>	41
4.3.4. <i>Mesh Generation</i>	42
4.3.5. <i>Initial Condition</i>	43
4.3.6. <i>Calculations</i>	43
4.4. Pengoperasian <i>Plaxis</i> pada Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil	45
4.4.1. <i>Input</i> Geotekstil pada Kemiringan Lereng 71^0	46
4.4.2. <i>Calculations</i> Geotekstil pada Kemiringan Lereng 71^0	48
4.4.3. <i>Input</i> Geotekstil pada Kemiringan Lereng 60^0	49
4.4.4. <i>Calculations</i> Geotekstil pada Kemiringan Lereng 60^0	51
4.4.5. <i>Input</i> Geotekstil pada Kemiringan Lereng 50^0	52
4.4.6. <i>Calculations</i> Geotekstil pada Kemiringan Lereng 50^0	54
4.5. Pembahasan.....	55

Bab V KESIMPULAN DAN SARAN.....	56
5.1.Kesimpulan.....	56
5.2.Saran.....	56
DAFTAR PUSTAKA.....	57



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Nilai Perkiraan Modulus Elastis Tanah.....	14
Tabel 2.2 Perkiraan Angka Poison Tanah	15
Tabel 2.3 Jenis Geotekstil Bima Geoteks (Bima Geoteks)	17
Tabel 2.4 Angka Keamanan Parsial yang Direkomendasikan	22
Tabel 3.1 <i>Input</i> Angka Parameter Tanah pada <i>Plaxis</i>	32
Tabel 4.1 Data Masukan Parameter Tanah pada <i>Plaxis</i>	35
Tabel 4.2 Titik-Titik Pemodelan Lereng Eksisting	39
Tabel 4.3 Titik Pemodelan Lereng Perbaikan Variasi Sudut 71^0	46
Tabel 4.4 Data Parameter Tanah pada Variasi Sudut 71^0	47
Tabel 4.5 Panjang dan Jumlah Geotekstil yang Digunakan pada Variasi Sudut 71^0	47
Tabel 4.6 Titik Pemodelan Lereng Perbaikan Variasi Sudut 60^0	49
Tabel 4.7 Data Parameter Tanah pada Variasi Sudut 60^0	50
Tabel 4.8 Panjang dan Jumlah Geotekstil yang Digunakan pada Variasi Sudut 60^0	50
Tabel 4.9 Titik Pemodelan Lereng pada Variasi Sudut 50^0	52
Tabel 4.10 Data Parameter Tanah pada Variasi Sudut 50^0	53
Tabel 4.11 Panjang Dan Jumlah Geotekstil yang Digunakan	53
Tabel 4.12 Faktor Keamanan Lereng dari Hasil Analisa Menggunakan Program <i>Plaxis</i>	55

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Bagian Tanah dalam Bentuk Diagram Fase	6
Gambar 2.2 Variasi Volume dan Kadar Air pada Kedudukan Batas Cair, Batas Plastis dan Batas Susut	9
Gambar 2.3 Kriteria Kegagalan Mohr-coulomb	10
Gambar 2.4 Alat Uji Geser Langsung	12
Gambar 2.5 Penentuan Modulus Elastis dari Uji Triaksial	13
Gambar 2.6 Geotekstil <i>Non Woven</i>	17
Gambar 2.7 Penahan Tanah dengan Geotekstil.....	21
Gambar 2.8 Jendela Penggambaran Geometri Model.....	24
Gambar 2.9 Jendela Tampilan <i>Soil And Interface</i>	25
Gambar 2.10 Jendela Tampilan <i>Plate Properties</i>	26
Gambar 2.11 Jendela Tampilan <i>Geogrid Properties</i>	26
Gambar 2.12 Jendela Tampilan <i>Anchor Properties</i>	27
Gambar 2.13 <i>Mesh Generation</i>	27
Gambar 2.14 <i>K₀ Procedure</i>	28
Gambar 2.15 <i>General Setting</i>	29
Gambar 3.1 Kondisi Lereng	31
Gambar 3.2 Peta Topografi Lereng pada STA 2+700B	33
Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian.....	34
Gambar 4.1 Hasil Pemodelan Lereng dan Geotekstil	37
Gambar 4.2 Bagan Alir Pengoperasian Plaxis	38
Gambar 4.3 Hasil Pemodelan Lereng.....	39
Gambar 4.4 Geometri Lereng.....	40
Gambar 4.5 Tampilan Jendela <i>Material Sets</i>	41
Gambar 4.6 Sisi-sisi yang Sudah Diberikan <i>Standard Fixities</i>	41
Gambar 4.7 <i>Menu Mesh</i>	42
Gambar 4.8 <i>Meshing</i> pada Pemodelan Lereng.....	42
Gambar 4.9 Tampilan Jendela <i>Initial Condition</i>	43

Gambar 4.10 Jendela <i>Calculations</i>	44
Gambar 4.11 Tab <i>Parameters</i>	44
Gambar 4.12 Keruntuhan pada Lereng	45
Gambar 4.13 <i>Calculation Information</i>	45
Gambar 4.14 Geometri Lereng dengan Sudut 71°	48
Gambar 4.15 Hasil dari Proses <i>Calculation</i>	49
Gambar 4.16 Geometri Lereng dengan Sudut 60°	51
Gambar 4.17 Faktor Keamanan dengan Perkuatan	52
Gambar 4.18 Geometri Lereng pada Sudut 50°	54
Gambar 4.19 Faktor Keamanan dengan Perkuatan	54



DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN

γ_w	= Berat volume air (g/cm^3)
m_1	= Berat cawan tanah basah dalam percobaan (kg)
m_2	= Berat tanah kering oven (g)
v_1	= Volume tanah basah dalam cawan (cm^3)
v_2	= Volume tanah kering dalam oven (cm^3)
μ	= Angka poisson
c	= Kohesi (KN/m^2)
D	= Kedalaman timbunan (m)
E	= Modulus elastisitas (KN/m^2)
e	= Angka pori
f	= Sudut geser dalam tanah
FS	= Angka keamanan global antara 1,3 sampai dengan 1,5
FS	= Faktor keamanan
FS_{BD}	= Angka keamanan akibat degradasi biologi
FS_{CD}	= Angka keamanan akibat degradasi kimia
FS_{CR}	= Angka keamanan karena rayapan
FS_{ID}	= Angka keamanan akibat kerusakan saat instalasi
H	= Ketinggian lereng (m)
Ka	= Koefisien tekanan tanah aktif = $\tan^2 45 - \phi/2$
L	= Panjang total geotekstil (m)
L_E	= Panjang geotekstil di belakang bidang longsor (m)
L_o	= Panjang overlap, minimum 1 meter
L_R	= Panjang geotekstil di depan bidang longsor (m)
n	= Porositas
P	= Beban terpusat
ϕ	= Sudut geser dalam
PL	= Batas plastis
R	= Jarak radial beban titik ke dinding
s	= Derajat kejenuhan

SL = Batas susut
 S_v = Jarak vertikal antar geotekstil (m)
 T_{ijin} = Tegangan ijin (KN/m)
 $\tan \phi$ = Koefisien gesek antar partikel tanah
 V = Volume total
 V_a = Volume udara
 V_s = Berat butiran padat
 V_v = volume rongga dengan
 V_w = Volume air
 w = Kadar air
 W_s = Berat butiran padat
 W_w = Berat air
 x = Jarak horizontal beban ke permukaan dinding
 z = Kedalaman yang ditinjau
 δ = $2/3 \tan (\text{rad } (45 - (\phi/2)))^2$
 σ_h = Tekanan total
 σ_{hl} = Tekanan akibat beban lalu lintas
 σ_{hq} = Tekanan oleh beban q
 σ_{hs} = Tekanan oleh tanah
 γ = Berat volume tanah timbunan
 γ_b = Berat volume lembap atau basah
 γ_d = Tanah kering sempurna
 γ_s = Berat volume butiran padat
 ψ = Sudut dilatasi
 G_s = Berat jenis atau berat spesifik (*Specific Gravity*)
 σ_n = Tegangan normal pada bidang tinjauan
 τ = Kuat geser

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Geometri Lereng	59
Gambar 1-1.1 Geometri Lereng	59
Lampiran 2 Peta Topografi Lereng	60
Gambar 1-2.1 Peta Topografi Lereng	60
Lampiran 3 Hasil Uji Parameter Tanah	61
Gambar 1-3.1 Hasil Uji Parameter Tanah	61
Lampiran 4 Perhitungan Panjang dan Jumlah Geotekstil.....	62
Tabel 1-4.1	62
Lampiran 5 Analisa Plaxis pada Lereng Eksisting	65
Gambar 1-5.1 Pemodelan Lereng Eksisting.....	65
Gambar 1-5.2 <i>Material Sets</i> Tanah Pertama pada <i>Tab General</i> untuk Lereng Eksisting	65
Gambar 1-5.3 <i>Material Sets</i> Tanah Pertama pada <i>Tab Parameters</i> untuk Lereng Eksisting	66
Gambar 1-5.4 <i>Material Sets</i> Tanah Kedua pada <i>Tab General</i> untuk Lereng Eksisting	66
Gambar 1-5.5 <i>Material Sets</i> Tanah Kedua pada <i>Tab Parameters</i> untuk Lereng Eksisting	66
Gambar 1-5.6 <i>Material Sets</i> Tanah Ketiga pada <i>Tab General</i> untuk Lereng Eksisting	67
Gambar 1-5.7 <i>Material Sets</i> Tanah Ketiga pada <i>Tab Parameters</i> untuk Lereng Eksisting	67
Gambar 1-5.8 <i>Material Sets</i> Tanah Keempat pada <i>Tab General</i> Untuk Lereng Eksisting	67
Gambar 1-5.9 <i>Material Sets</i> Tanah Keempat pada <i>Tab Parameters</i> untuk Lereng Eksisting	68
Gambar 1-5.10 <i>Meshing</i> pada Lereng Eksisting	68
Gambar 1-5.11 Tampilan <i>Calculations</i> pada <i>Tab General</i>	69

Gambar 1-5.12 Tampilan <i>Calculations</i> pada <i>Tab Parameters</i>	69
Gambar 1-5.13 <i>Effective Stresses</i> pada Lereng Eksisting	70
Gambar 1-5.14 Arah Pergerakan Tanah Lereng Eksisting.....	70
Gambar 1-5.15 <i>Deformed Mesh</i> pada Lereng Eksisting	71
Gambar 1-5.16 <i>-msf</i> Menunjukkan Faktor Keamanan Lereng untuk Lereng Eksisting	71
Lampiran 6 Analisa Lereng pada Perkuatan Geotekstil Variasi Sudut 71^0	72
Gambar 1-6.1 Pemodelan Lereng Perbaikan Variasi Sudut 71^0	72
Gambar 1-6.2 <i>Material Sets</i> Tanah Pertama pada <i>Tab General</i> Untuk Lereng Perbaikan Variasi Sudut 71^0	72
Gambar 1-6.3 <i>Material Sets</i> Tanah Pertama pada <i>Tab Parameters</i> untuk Lereng Perbaikan Variasi Sudut 71^0	73
Gambar 1-6.4 <i>Material Sets</i> Tanah Kedua pada <i>Tab General</i> untuk Lereng Perbaikan Variasi Sudut 71^0	73
Gambar 1-6.5 <i>Material Sets</i> Tanah Kedua pada <i>Tab Parameters</i> untuk Lereng Perbaikan Variasi Sudut 71^0	73
Gambar 1-6.6 <i>Material Sets</i> Tanah Ketiga pada <i>Tab General</i> untuk Lereng Perbaikan Variasi Sudut 71^0	74
Gambar 1-6.7 <i>Material Sets</i> Tanah Ketiga pada <i>Tab Parameters</i> untuk Lereng Perbaikan Variasi Sudut 71^0	74
Gambar 1-6.8 <i>Material Sets</i> Tanah Keempat pada <i>Tab General</i> untuk Lereng Perbaikan Variasi Sudut 71^0	74
Gambar 1-6.9 <i>Material Sets</i> Tanah Keempat pada <i>Tab Parameters</i> untuk Lereng Perbaikan Variasi Sudut 71^0	75
Gambar 1-6.10 <i>Material Sets</i> Geotekstil pada Lereng Perbaikan Variasi Sudut 71^0	75
Gambar 1-6.11 <i>Meshing</i> Pada Lereng Perbaikan Variasi Sudut 71^0	76
Gambar 1-6.12 Tampilan <i>Calculations</i> pada <i>Tab General</i>	76
Gambar 1-6.13 Tampilan <i>Calculations</i> pada <i>Tab Parameters</i>	77
Gambar 1-6.14 <i>Effective Stresses</i> pada Lereng Perbaikan Variasi Sudut 71^0	77

Gambar 1-6.15 Arah Pergerakan Tanah Lereng Perbaikan Variasi Sudut 71 ⁰	78
Gambar 1-6.16 <i>Deformed Mesh</i> pada Lereng Perbaikan Variasi Sudut 71 ⁰	78
Gambar 1-6.17 <i>-msf</i> Menunjukkan Faktor Keamanan Lereng Perbaikan Variasi Sudut 71 ⁰	79
Lampiran 7 Analisa Lereng pada Perkuatan Geotekstil Variasi Sudut 60 ⁰	79
Gambar 1-7.1 Pemodelan Lereng Perbaikan Variasi Sudut 60 ⁰	79
Gambar 1-7.2 <i>Material Sets</i> Tanah Pertama pada <i>Tab General</i> untuk Lereng Perbaikan Variasi Sudut 60 ⁰	80
Gambar 1-7.3 <i>Material Sets</i> Tanah Pertama pada <i>Tab Parameters</i> untuk Lereng Perbaikan Variasi Sudut 60 ⁰	80
Gambar 1-7.4 <i>Material Sets</i> Tanah Kedua pada <i>Tab General</i> untuk Lereng Perbaikan Variasi Sudut 60 ⁰	81
Gambar 1-7.5 <i>Material Sets</i> Tanah Kedua pada <i>Tab Parameters</i> untuk Lereng Perbaikan Variasi Sudut 60 ⁰	81
Gambar 1-7.6 <i>Material Sets</i> Tanah Ketiga pada <i>Tab General</i> untuk Lereng Perbaikan Variasi Sudut 60 ⁰	81
Gambar 1-7.7 <i>Material Sets</i> Tanah Ketiga pada <i>Tab Parameters</i> untuk Lereng Perbaikan Variasi Sudut 60 ⁰	82
Gambar 1-7.8 <i>Material Sets</i> Tanah Keempat pada <i>Tab General</i> untuk Lereng Perbaikan Variasi Sudut 60 ⁰	82
Gambar 1-7.9 <i>Material Sets</i> Tanah Keempat pada <i>Tab Parameters</i> untuk Lereng Perbaikan Variasi Sudut 60 ⁰	82
Gambar 1-7.10 <i>Material Sets</i> Geotekstil pada Lereng Perbaikan Variasi Sudut 60 ⁰	83
Gambar 1-7.11 <i>Meshing</i> Pada Lereng Perbaikan Variasi Sudut 60 ⁰ .	83
Gambar 1-7.12 Tampilan <i>Calculations</i> pada <i>Tab General</i>	84
Gambar 1-7.13 Tampilan <i>Calculations</i> pada <i>Tab Parameters</i>	84
Gambar 1-7.14 <i>Effective Stresses</i> pada Lereng Perbaikan Variasi Sudut 60 ⁰	85

Gambar 1-7.15 Arah Pergerakan Tanah Lereng Perbaikan Variasi Sudut 60 ⁰	85
Gambar 1-7.16 <i>Deformed Mesh</i> pada Lereng Perbaikan Variasi Sudut 60 ⁰	86
Gambar 1-7.17 <i>-msf</i> Menunjukkan Faktor Keamanan Lereng untuk lereng Perbaikan Variasi Sudut 60 ⁰	86
Lampiran 8 Analisa Lereng pada Perkuatan Geotekstil Variasi Sudut 50 ⁰	87
Gambar 1-8.1 Pemodelan Lereng Perbaikan Variasi Sudut 50 ⁰	87
Gambar 1-8.2 <i>Material Sets</i> Tanah Pertama pada <i>Tab General</i> untuk Lereng Perbaikan Variasi Sudut 50 ⁰	87
Gambar 1-8.3 <i>Material Sets</i> Tanah Pertama pada <i>Tab Parameters</i> untuk Lereng Perbaikan Variasi Sudut 50 ⁰	88
Gambar 1-8.4 <i>Material Sets</i> Tanah Kedua pada <i>Tab General</i> untuk Lereng Perbaikan Variasi Sudut 50 ⁰	88
Gambar 1-8.5 <i>Material Sets</i> Tanah Kedua pada <i>Tab Parameters</i> untuk Lereng Perbaikan Variasi Sudut 50 ⁰	88
Gambar 1-8.6 <i>Material Sets</i> Tanah Ketiga pada <i>Tab General</i> Untuk Lereng Perbaikan Variasi Sudut 50 ⁰	89
Gambar 1-8.7 <i>Material Sets</i> Tanah Ketiga pada <i>Tab Parameters</i> untuk Lereng Perbaikan Variasi Sudut 50 ⁰	89
Gambar 1-8.8 <i>Material Sets</i> Tanah Keempat pada <i>Tab General</i> untuk Lereng Perbaikan Variasi Sudut 50 ⁰	89
Gambar 1-8.9 <i>Material Sets</i> Tanah Keempat pada <i>Tab Parameters</i> untuk Lereng Perbaikan Variasi Sudut 50 ⁰	90
Gambar 1-8.10 <i>Material Sets</i> Geotekstil pada Lereng Perbaikan Variasi Sudut 50 ⁰	90
Gambar 1-8.11 <i>Meshing</i> pada Lereng Perbaikan Variasi Sudut 50 ⁰	91
Gambar 1-8.12 Tampilan <i>Calculations</i> pada <i>Tab General</i>	91
Gambar 1-8.13 Tampilan <i>Calculations</i> pada <i>Tab Parameters</i>	92
Gambar 1-8.14 <i>Effective Stresses</i> pada Lereng Perbaikan Variasi Sudut 50 ⁰	92

Gambar 1-8.15 Arah Pergerakan Tanah Lereng Perbaikan Variasi
 Sudut 50° 93

Gambar 1-8.16 *Deformed Mesh* pada Lereng Perbaikan Variasi
 Sudut 50° 93

Gambar 1-8.17 *-msf* Menunjukkan Faktor Keamanan Lereng untuk
 Lereng Perbaikan Variasi Sudut 50° 94



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Lereng merupakan tanah miring yang dimana membentuk sudut terhadap bidang horizontal. Pada umumnya lereng dapat dikelompokkan menjadi 2 jenis, yaitu lereng yang terbentuk secara alamiah seperti sungai dan bukit. Sedangkan lereng buatan manusia dapat berupa galian dan timbunan. Lereng dengan kondisi sudut kemiringan yang tinggi dan juga parameter tanah yang pada umumnya lunak dapat mengakibatkan longsor.

Pada kondisi tertentu pada lereng, seperti pergerakan masa batuan, tanah atau puing-puing, pada kondisi tersebut kelongsoran terjadi. Bahkan dari pergerakan tersebut berupa material yang bergerak, jenis gerakan dan mekanismenya dapat diketahui jenis-jenis dari kelongsoran tersebut. Faktor besar yang mempengaruhi lereng rawan longsor adalah kondisi kemiringan sudut dan parameter tanah. Dalam lebih spesifiknya, parameter pemicu tanah kelongsoran digunakan 7 parameter berupa curah hujan, kemiringan lereng, tata guna lahan, permeabilitas tanah, tekstur tanah, kedalaman solum dan geologi.

Pada ruas Jalan Pusuk Kecamatan Pemenang, setiap ruas jalannya memiliki kemiringan lereng yang tinggi sehingga dapat mempengaruhi longsor terlihat dari sudut kemiringan yang tinggi dengan parameter tanah yang lunak berpasir. Pada lereng yang dengan kemiringan tinggi dan tanah berpasir lunak, besar kemungkinan faktor keamanan dari lereng tersebut kecil sehingga perlu ditambakkannya perkuatan geotekstil. Geotekstil yang digunakan adalah jenis *non woven* karena dapat menjadi separator/pemisah jika sewaktu-waktu tanah tersebut longsor. Dengan menggunakan program *plaxis* dapat dimodelkan keadaan lereng dengan input parameter tanah dan geometri tanah sehingga mempermudah dalam menganalisa faktor keamanan dan penambahan perkuatan lereng tersebut.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana perhitungan angka keamanan lereng dengan program *plaxis* pada STA 2+700B Jalan Raya Pusuk di Kabupaten Lombok Utara ?
2. Bagaimana perhitungan angka keamanan lereng dengan program *plaxis* pada STA 2+700B Jalan Raya Pusuk di Kabupaten Lombok Utara setelah ditambahkannya perkuatan ?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui angka keamanan lereng dengan program *plaxis* pada STA 2+700B Jalan Raya Pusuk di Kabupaten Lombok Utara
2. Mengetahui angka keamanan lereng dengan program *plaxis* pada STA 2+700B Jalan Raya Pusuk di Kabupaten Lombok Utara setelah ditambahkannya perkuatan geotekstil.

1.4. Batasan Masalah

1. Program yang digunakan adalah *plaxis 2D* dengan menggunakan metode *Finite Elemen Methode* dengan data topografi dan data parameter tanah yang telah diuji oleh Balai Pengujian Konstruksi Dinas Pekerjaan Umum dan Penata Ruang Pemerintah Provinsi Nusa Tenggara Barat
2. Menganalisa faktor keamanan dan pemodelan penanganan lereng menggunakan geotekstil dengan menggunakan *plaxis 2D*
3. Data parameter tanah dalam input data *plaxis* berupa modulus young, angka poisson, kohesi, sudut geser dalam, dan jenis tanah.

1.5. Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan pada kasus STA 2 + 700 B Jalan Raya Pusuk tepatnya di Kecamatan Pemenang.

1.6. Manfaat Penelitian

- a. Untuk meningkatkan kemampuan berpikir penulis sebagai bentuk pengetahuan yang didapatkan selama perkuliahan.

- b. Untuk dapat mengetahui analisa kestabilan lereng dengan menggunakan plaxis.
- c. Diharapkan agar dapat menjadi perbandingan untuk penelitian selanjutnya
- d. Untuk dapat memberikan informasi kepada masyarakat serta gambaran kestabilan lereng baik tanpa perbaikan atau dengan perbaikan.
- e. Untuk dapat dijadikan bahan pertimbangan atau masukan dalam konstruksi kestabilan lereng.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

2.1.1. Penelitian Terdahulu

Saleh dan Purwanto (2018) melakukan penelitian mengenai analisis stabilitas lereng dengan perkuatan geotekstil menggunakan program *plaxis* pada Tol Trans Sumatera. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai faktor keamanan dan besar konsolidasi yang terjadi pada lereng dengan tinggi timbunan yang bervariasi dari 2m sampai 8m. Hasil analisis stabilitas lereng dengan Metode tanah yang diberi *replacement* menghasilkan angka aman yang lebih besar dibandingkan lereng dengan tanah asli. Selisih perbedaan angka aman tidak terlalu besar yaitu 0,4, dan pada saat menggunakan perkuatan selisih antara lereng tanah asli dengan tanah yang diberi *replacement* semakin kecil. Sedangkan untuk konsolidasi yang dihasilkan pada tanah yang diberi *replacement* lebih besar.

Aini (2018) melakukan penelitian analisis kestabilan lereng studi kasus kelongsoran ruas Jalan Sicincin malalak km 27,6 Kecamatan Malalak, Kabupaten Agam, hasil analisa dengan mengurangi kemiringan lereng dengan mengubah kemiringan lereng dari 61° menjadi 42° dapat menaikkan nilai FK lereng dimana dari hasil analisis *software* tambang nilainya 1,403 dan dari analisis manual nilainya 1,39, dimana menurut Joseph E. Bowles (1984) lereng tersebut sudah pada kondisi aman.

Luriyanto dkk. (2014) melakukan penelitian analisis stabilitas lereng dan alternatif penanganannya berupa studi kasus longsoran pada ruas Jalan Pringsurat KM. Mgl. 22+631 – 22+655 Kabupaten Temanggung. Bertujuan untuk mengevaluasi kelongsoran dan memperoleh penanganan yang tepat. Hasil analisis menunjukkan terjadi kelongsoran, alternatif penanganan digunakan perkuatan *geotextile* jenis BW250 *Woven* dan perkuatan *bored pile* mampu untuk menanggulangi longsor yang dibuktikan dengan hasil nilai *safety factor* 1,4114 untuk *geotextile* dan 1,4617 untuk *bored pile*.

Sompie dkk. (2018) melakukan penelitian analisis stabilitas tanah dengan model material *mohr coulomb* dan *soft soil*. bertujuan : untuk mengetahui berapa besar penurunan (Utot) dan faktor keamanan (FK) pada tanah timbunan dengan model material *mohr coulomb* dan *Soft soil* dengan menggunakan program *plaxis v8.6*. hasil dari analisis menunjukkan dari pemodelan pada program *plaxis 2d v.8.6* diperoleh bahwa semakin tinggi muka air tanah maka semakin besar faktor keamanan.

Tay dkk. (2014) telah melakukan penelitian mengenai analisa perkuatan geotekstil pada timbunan konstruksi jalan dengan *plaxis 2D*. Bertujuan untuk menganalisa kuat tarik geotekstil yang digunakan serta menentukan kuat tarik optimum geotekstil yang akan digunakan sebagai perkuatan dengan memperhatikan nilai angka keamanan dan penurunan. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa dengan adanya penggunaan geotekstil, pola keruntuhan yang terjadi mengalami perubahan, dimana bagian yang runtuh hanya pada timbunan saja sedangkan penurunan yang terjadi pada timbunan dengan perkuatan geotekstil semakin kecil dan nilai angka keamanan yang diperoleh melebihi batas minimum nilai angka keamanan ijin.

Turangan, dkk. (2014) melakukan penelitian analisis kestabilan lereng dengan metode bishop (studi kasus: kawasan Citraland STA.1000 m) bertujuan untuk mendapatkan faktor keamanan pada lereng didaerah Citraland yang memenuhi syarat. Hasil dari analisis bahwa kondisi lereng dalam keadaan kritis kemudian diberikan perbaikan lereng diantaranya dengan menggunakan *end anchored* yang memberikan nilai faktor keamanan sebesar 1,522 yang menunjukkan lereng dalam kondisi yang stabil.

Fauzi (2012) melakukan penelitian analisis tegangan-perpindahan dan faktor keamanan (SF) pada lereng miring dengan perkuatan *soil nailing* menggunakan program *plaxis 8.2* bertujuan untuk menghitung faktor keamanan dengan perkuatan *soil nailing* dengan variasi jenis tanah, sudut kemiringan lereng, sudut kemiringan *nail*, dan panjang nail menggunakan program *plaxis 8.2*. Dari hasil analisis diperoleh bahwa semua variasi data analisis untuk tipe tanah A mengalami keruntuhan nilai faktor keamanan (*safety factor* atau SF) paling besar adalah 4,433.

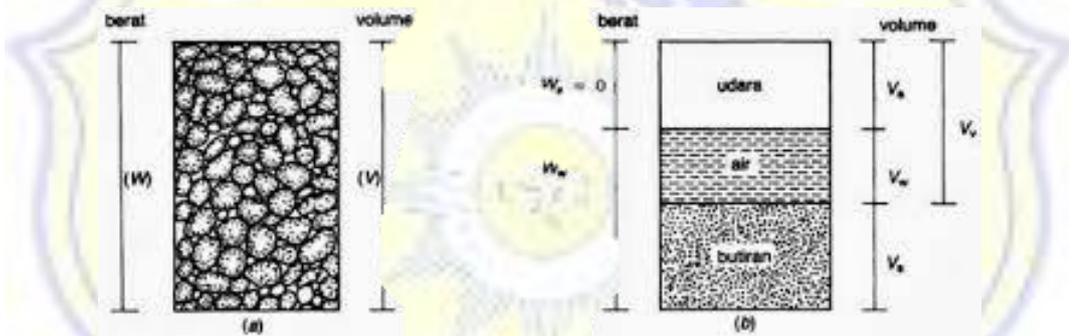
Terjadi pada kemiringan lereng 30^0 , kemiringan nail 30^0 , panjang nail 30 m, dan tanah tipe C yang memiliki nilai $c = 0$ dan $\phi = 48,67$.

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Berat Volume Tanah

Pada umumnya tanah terdiri dari 3 jenis bagian. Tetapi, pada kondisi tanah kering, tanah dibagi menjadi 2 bagian yaitu butir-butir tanah dan pori-pori udara. Dan untuk kondisi tanah jenuh pun sama, menjadi 2 bagian yaitu bagian padat dan air pori-pori. Tetapi, pada keadaan tanah tidak jenuh, jenis tanah dibagi menjadi 3 bagian, yaitu bagian padat, pori-pori udara, dan air pori.

Hardiyatmo (2002), Gambar 2.1a memperlihatkan elemen tanah yang mempunyai volume V dan berat total W , sedangkan gambar 2.1b memperlihatkan hubungan berat dengan volumenya.



Gambar 2.1 Diagram fase tanah (Hardiyatmo, 2002)

Dari memperhatikan gambar tersebut, dapat dibentuk persamaan :

$$W = W_s - W_w \quad (2.1)$$

dan

$$V = V_s + V_w + V_a \quad (2.2)$$

$$V_v = V_w + V_a \quad (2.3)$$

dengan :

W_s = berat butiran padat

W_w = berat air

V_s = berat butiran padat

V_w = Volume air

V_a = Volume Udara

Berat volume udara, W_a dianggap sama dengan nol. kadar air (w), angka pori (e), porositas (n) dan derajat kejenuhan (s) merupakan hubungan-hubungan volume yang digunakan dalam mekanika tanah.

Kadar air (w) adalah perbandingan antara berat air (W_w) dengan berat butiran padat (W_s) dalam tanah tersebut, dinyatakan dalam persen.

$$w(\%) = \frac{W_w}{W_s} \times 100\% \quad (2.4)$$

Porositas (n), adalah perbandingan antara volume rongga (V_v) dengan volume total (V). Nilai n dapat dinyatakan dalam persen atau desimal.

$$n = \frac{V_v}{V} \quad (2.5)$$

Angka pori (e) didefinisikan sebagai perbandingan antara volume rongga (V_v) dengan volume butiran (V_s), biasanya dinyatakan dalam desimal

$$e = \frac{V_v}{V_s} \quad (2.6)$$

Berat volume lembap atau basah (γ_b), adalah perbandingan antara berat volume butiran tanah termasuk air dan udara (W) dengan volume total (V)

$$\gamma_b = \frac{W}{V} \quad (2.7)$$

Berat volume basah dapat dinyatakan dalam :

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

Untuk tanah kering sempurna :

$$\gamma_d = \frac{G_s \gamma_w}{1+e}$$

dengan $W = W_w + W_s + W_a$ ($W_a=0$). Jika ruang udara terisi oleh air seluruhnya ($V_a=0$), maka tanah menjadi jenuh.

Berat volume kering (γ_d) adalah perbandingan antara berat butiran (W_s) dengan volume (V) total tanah.

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V} \quad (2.8)$$

Berat volume butiran padat (γ_s) adalah perbandingan antara berat butiran padat (W_s) dengan volume butiran padat (V_s).

$$\gamma_s = \frac{W_s}{V_s} \quad (2.9)$$

Tanah merupakan material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang.

Ukuran setiap butiran padat tanah sangat bervariasi dan sifat-sifat fisik dari tanah banyak tergantung dari faktor-faktor seperti ukuran, bentuk, dan komposisi kimia dari butiran.

2.4.1. Batas plastis (*Plastic limit*)

Hardiyatmo (2002), Batas plastis (PL), didefinisikan sebagai kadar air pada kedudukan antara daerah plastis dan semi padat, yaitu persentase kadar air dimana tanah dengan diameter silinder 3,2 mm mulai retak-retak ketika digulung.

2.4.2. Batas Susut (*shrinkage limit*)

Hardiyatmo (2002), Batas susut (SL), didefinisikan sebagai kadar air pada kedudukan antara daerah semi padat dan padat, yaitu persentase kadar air yang dimana pada pengurangan kadar air selanjutnya tidak mengakibatkan perubahan volume tanah. Percobaan batas susut dilaksanakan dalam laboratorium dengan cawan porselen diameter 44,4 mm dengan tinggi 12,7 mm. Bagian dalam cawan dilapisi dengan pelumas dan diisi dengan tanah jenuh sempurna. Kemudian dikeringkan dalam oven. Volume ditentukan dengan mencelupkannya dengan air raksa. Batas susut dinyatakan dalam persamaan :

$$SL = \left(\frac{(m_1 - m_2)}{m_2} - \frac{(v_1 - v_2) \gamma_w}{m_2} \right) \times 100\% \quad (2.12)$$

dengan,

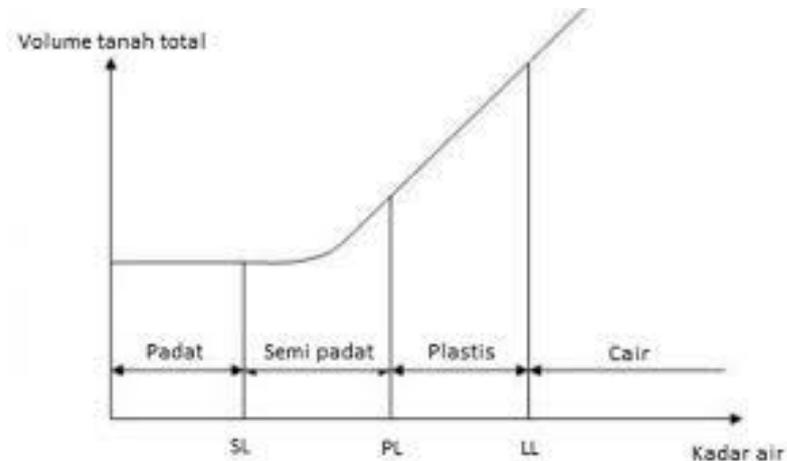
m_1 = berat cawan tanah basah dalam percobaan (kg)

m_2 = berat tanah kering oven (g)

v_1 = volume tanah basah dalam cawan (cm³)

v_2 = volume tanah kering dalam oven (cm³)

γ_w = berat volume air (g/cm³)



Gambar 2.2 Variasi volume dan kadar air pada kedudukan batas cair, batas plastis dan batas susut (Hardiyatmo, 2002).

Gambar 2.2 menunjukkan hubungan antara variasi kadar air dengan volume total tanah pada kedudukan batas cair, batas plastis dan batas susut. Batas-batas Atterberg sangat berguna untuk mengidentifikasi dan mengklasifikasikan jenis tanah. Batas-batas ini sering digunakan secara langsung dalam spesifikasi untuk mengontrol tanah yang akan digunakan dalam pembangunan struktur urukan tanah dalam Hardiyatmo (2002).

2.2.2. Kuat Geser Tanah

Sompie dkk. (2018) gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir-butir tanah terhadap keruntuhan dan pergeseran yang terjadi akibat beban yang dialaminya disebut dengan kuat geser tanah. Secara khusus dalam bidang geoteknik untuk kekuatan tanah umumnya ditunjukkan pada kekuatan gesernya. Hal ini disebabkan karena kekuatan tarik tanah sangat kecil dan beban-beban yang bekerja akhirnya akan menyebabkan tanah mengalami keruntuhan dalam bentuk geser. Dengan dasar pengertian ini, maka jika tanah mengalami pembebanan akan ditahan oleh :

- a. Kohesi tanah yang tergantung pada jenis tanah dan kepadatannya, tetapi tidak tergantung pada tegangan vertikal yang bekerja pada bidang gesernya.
- b. Gesekan antara butir-butir tanah yang besarnya berbanding lurus dengan tegangan vertikal pada bidang gesernya.

Sompie dkk (2018) keruntuhan terjadi ketika tegangan menyentuh atau melewati garis keruntuhan *Mohr-Coulomb* .:

$$\tau = c + \sigma_n \tan \phi \quad (2.14)$$

dengan,

τ = Kuat Geser

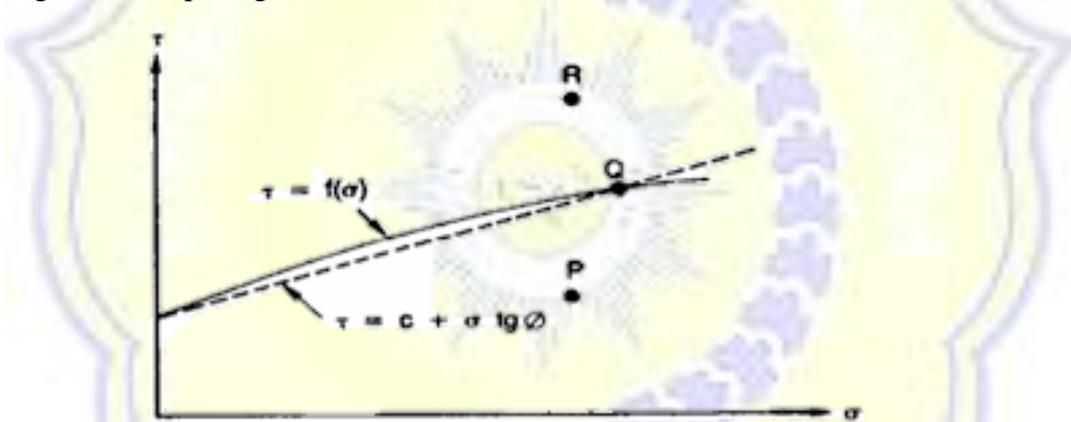
c = Kohesi

σ_n = Tegangan Normal Pada Bidang Tinjauan

$\tan \phi$ = Koefisien Gesek antar Partikel Tanah

ϕ = Sudut Geser

Persamaan (2.14) ini disebut sebagai kriteria keruntuhan atau kegagalan mohr-coulomb, dimana garis selubung kegagalan dari persamaan tersebut digambarkan pada gambar 2.3



Gambar 2.3 Kriteria kegagalan mohr-coulomb (Hardiyatmo, 2002).

Hardiyatmo (2002), Jika tegangan-tegangan baru mencapai titik P, keruntuhan tanah akibat geser tidak akan terjadi. Keruntuhan geser akan terjadi jika, tegangan-tegangan mencapai titik Q yang terletak pada garis selubung kegagalan (*failure envelope*). Kedudukan kegagalan yang ditunjukkan oleh titik R tidak akan pernah terjadi, karena sebelum tegangan terjadi mencapai titik R, bahan telah mengalami keruntuhan.

2.2.3. Uji Kuat Geser Tanah

Hardiyatmo (2002), parameter kuat geser tanah ditentukan dari uji-uji laboratorium dengan benda ujinya diambil dari lapangan berupa hasil pengeboran tanah yang dianggap mewakili. Tanah tersebut harus diusahakan tidak berubah

kondisinya, terutama pada contoh asli (*undisturbed*), dimana masalahnya adalah harus menjaga kadar air dan susunan tanah di lapangan agar tidak berubah. Pengaruh kerusakan contoh benda uji akan berakibat fatal terutama pada pengujian jenis tanah lempung. Umumnya, contoh benda uji diperoleh baik dengan kondisi terganggu atau tidak asli (*disturbed-sample*) maupun di dalam tabung contoh (*undisturbed-sample*). Pada pengujian tanah benda uji dengan tabung, umumnya contoh kerusakan tanah relatif lebih kecil.

Kuat geser tanah dari benda uji yang diperiksa di laboratorium, biasanya dilakukan dengan besar beban yang ditentukan lebih dulu dan dikerjakan dengan menggunakan tipe peralatan yang khusus. Beberapa faktor yang mempengaruhi besarnya kuat geser tanah yang di uji di laboratorium :

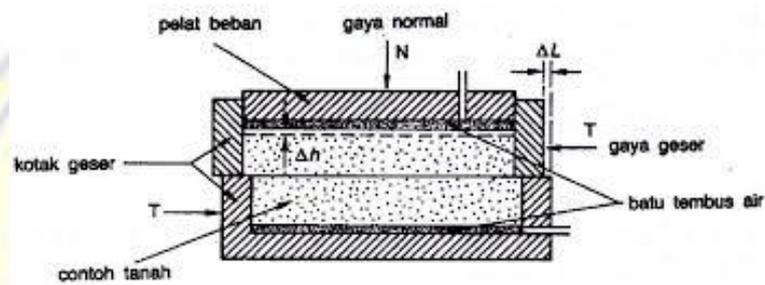
- 1) Kandungan mineral dari butiran tanah
- 2) Bentuk partikel
- 3) Angka pori dan kadar air
- 4) Sejarah tegangan yang pernah dialami
- 5) Tegangan yang ada di lokasi (di dalam tanah)
- 6) Perubahan tegangan selama pengambilan contoh dari dalam tanah
- 7) Tegangan yang dibebankan sebelum pengujian
- 8) Cara pengujian
- 9) Kecepatan pembebanan
- 10) Kondisi drainase yang dipilih, drainase terbuka (*drained*) atau drainase tertutup (*undrained*)
- 11) Tekanan air pori yang ditimbulkan
- 12) Kriteria yang diambil untuk penentuan kuat geser.

Ada beberapa cara untuk menentukan kuat geser tanah, antara lain :

- 1) Uji geser langsung (*direct shear test*)
- 2) Uji triaksial (*triaxial test*)
- 3) Uji tekan bebas (*unconfined compression test*)
- 4) Uji geser kipas (*vane shear test*)

2.2.3.1. Uji Geser langsung (*direct shear test*)

Diagram skematis dari alat uji geser langsung diperlihatkan pada gambar 2.4. peralatan pengujian meliputi kotak geser dari besi, yang berfungsi sebagai tempat benda uji. Kotak geser tempat benda uji dapat berbentuk bujur sangkar maupun lingkaran, dengan luas lingkaran kira-kira 19,35 cm² sampai 25,8 cm² dengan tinggi 2,54 cm (1"). Kotak terpisah menjadi dua bagian yang simetris. Tegangan normal pada benda uji diberikan dari atas kotak geser. Gaya geser diterapkan pada setengah bagian atau dari kotak geser, untuk memberikan geseran pada tengah-tengah benda uji.



Gambar 2.4 Alat uji geser langsung (Hardiyatmo, 2002).

Pada benda uji yang kering, kedua batu tembus air (*porous*) tidak diperlukan. Selama pengujian, perpindahan (ΔL) akibat gaya geser dari setengah bagian atau kotak geser dan perubahan tebal (Δh) benda uji dicatat.

Alat uji geser langsung dapat berbentuk bujur sangkar. Kotak pengujian dapat bervariasi dari yang luasnya 100 mm x 100 mm² sampai 300 x 300 mm². Kotak geser dengan ukuran yang besar digunakan untuk uji tanah dengan butiran yang berdiameter lebih besar.

Terdapat batasan atau kekurangan dalam uji geser langsung antara lain :

- 1) Tanah benda uji dipaksa untuk mengalami keruntuhan (*failure*) pada bidang yang telah ditentukan sebelumnya.
- 2) Distribusi tegangan pada bidang kegagalan tidak *uniform*.
- 3) Tekanan air pori tidak dapat diukur.
- 4) Deformasi yang diterapkan pada benda uji hanya terbatas pada gerakan maksimum sebesar alat geser langsung dapat digerakkan.

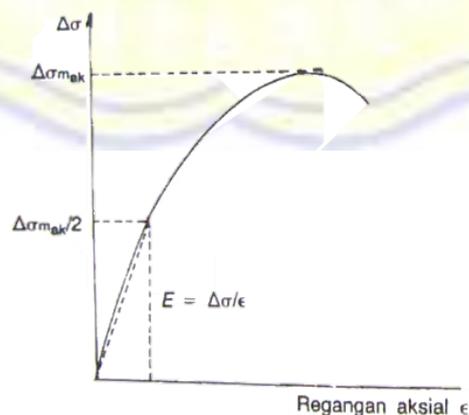
- 5) Pola tegangan pada kenyataannya adalah sangat kompleks dan arah dari bidang-bidang tegangan utama berotasi ketika regangan geser ditambah.
- 6) Drainase tidak dapat dikontrol, kecuali hanya dapat ditentukan kecepatan pergeserannya.
- 7) Luas bidang kontak antara tanah di kedua setengah bagian kotak geser berkurang ketika pengujian berlangsung. Koreksi mengenai kondisi ini diberikan oleh Petley (1966) dalam Hardiyatmo (2002). Tetapi pengaruhnya sangat kecil pada hasil pengujian, hingga dapat diabaikan.

2.2.4. Penentuan Modulus Elastis

Hardiyatmo (2007), untuk menghitung penurunan segera (*immediate settlement*) dibutuhkan nilai modulus elastis atau modulus young (E). modulus elastis (E) dan angka poisson (μ) sangat penting untuk hitungan penurunan. Dalam praktik, sangat sulit untuk menentukan nilai modulus elastis E , karena modulus elastis bertambah jika kedalaman tanah bertambah.

Pada umumnya, modulus elastis ditentukan dari uji triaksial kondisi *undrained*, dimana E ditentukan dari pendekatan kemiringan kurva tegangan-regangan yang diambil pada $\frac{1}{2}$ dari beban ultimit aksial (gambar 2.5). Angka poisson (μ) dapat dihitung dari pengukuran regangan kompresi aksial dan regangan lateral selama uji triaksial.

gangguan benda uji (*sample disturbance*) mempunyai pengaruh yang besar pada nilai modulus elastis yang diperoleh (Simons, 1957 ; Ladd, 1969 ; Raymond dkk., 1971) dalam Hardiyatmo (2007).



Gambar 2.5 Penentuan modulus elastis dari uji triaksial (Hardiyatmo, 2007).

Hardiyatmo (2007), Karena sulitnya nilai E_u di laboratorium, beberapa peneliti telah mengusulkan besarnya modulus elastis yang dikorelasikan dengan kuat geser undrained (S_u atau C_u) untuk memperkirakan besarnya penurunan pada tanah lempung. Masing-masing peneliti menghasilkan korelasi nilai E_u dan S_u yang berbeda-beda. Sebagai contoh, Bjerrum (1964) telah mengamati nilai E_u antara 250 sampai 500 S_u . Penelitian selanjutnya, Bjerrum (1964) dalam Hardiyatmo (2007) menunjukkan nilai E_u di antara 500 sampai 1500 S_u .

Nilai perkiraan modulus elastis dapat pula diperoleh dari uji SPT. Mitchell dan Gardner (1975) dalam Hardiyatmo (2007) mengusulkan nilai modulus elastis yang dihubungkan dengan nilai SPT, sebagai berikut :

$$E = 10 (N+15) \text{ k/ft}^2 \text{ (untuk pasir)} \quad (2.15)$$

$$E = 6 (N+5) \text{ k/ft}^2 \text{ (untuk pasir berlempung)} \quad (2.16)$$

Dengan $1 \text{ k/ft}^2 = 4,882 \text{ t/m}^2$ dan N adalah jumlah pukulan dalam uji SPT. Nilai-nilai modulus elastis (E), dan angka poisson (μ) perkiraan untuk berbagai macam tanah berturut-turut disajikan dalam tabel 2.1 dan 2.2.

Tabel 2.1 Nilai perkiraan modulus elastis tanah (Bowless, 1977) dalam Hardiyatmo (2007).

Macam Tanah	E (KN/m ²)
Lempung :	
Sangat lunak	300 – 3000
Lunak	2.000 – 4.000
Sedang	4.500 – 9.000
Keras	7.000 – 20.000
Berpasir	30.000 – 42.500
Pasir :	
Berlanau	5.000 – 20.000
Tidak padat	10.000 – 25.000
Padat	50.000 – 100.000
Pasir dan kerikil :	
<i>Bersambung . . .</i>	

<i>Sambungan . . .</i>	
Padat	80.000 – 200.000
Tidak Padat	50.000 – 140.000
Lanau	2.000 – 200.000
<i>Loess</i>	15.000 – 60.000
Cadas	140.000 – 1.400.000

Tabel 2.2 Perkiraan angka poisson tanah (Bowless, 1977) dalam Hardiyatmo (2007)

Macam Tanah	μ
Lempung Jenuh	0,40 – 0,50
Lempung tak jenuh	0,10 – 0,30
Lempung berpasir	0,20 – 0,30
Lanau	0,30 – 0,35
Pasir padat	0,20 – 0,40
Pasir Kasar ($e = 0,4 - 0,7$)	0,15
Pasir halus ($e = 0,4 - 0,7$)	0,25
Batu	0,10 – 0,40
<i>Loess</i>	0,10 – 0,30

2.2.5. Faktor Keamanan

Faktor keamanan dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara beban runtuh dengan beban kerja. Dengan demikian, definisi yang lebih tepat untuk faktor keamanan adalah:

$$FS = \frac{\tau_{ult}}{\tau_{all}} \quad (2.17)$$

Rasio dari kekuatan tanah yang tersedia terhadap kekuatan minimum yang dihitung untuk mencapai keseimbangan adalah faktor keamanan yang secara konvensional digunakan dalam Mekanika Tanah. Dengan menerapkan kondisi standar dari *coulomb*, faktor keamanan dapat diperoleh dengan persamaan :

$$FS = \frac{c_{ult} + \sigma_n \tan \phi_{ult}}{c_{all} + \sigma_n \tan \phi_{all}} \quad (2.18)$$

Hardiyatmo (2007), umumnya faktor aman stabilitas lereng atau faktor aman terhadap kuat geser tanah diambil lebih besar atau sama dengan 1,2.

2.2.6. Geotekstil

Geotekstil merupakan material lembaran yang dibuat dari bahan tekstil *polymeric*, bersifat lolos air, yang dapat berbentuk bahan nir-anyam (*non woven*), rajutan atau anyaman (*woven*) yang digunakan dalam kontak dengan tanah atau material lain dalam aplikasi teknik sipil. Fungsi perkuatan pada geotekstil dapat diterjemahkan sebagai fungsi tulangan, seperti istilah pada beton bertulang. Dalam pengertian yang identik, tanah hanya mempunyai kekuatan untuk menahan tekan, tapi tidak dapat menahan tarik. Kelemahan terhadap tarik ini dipenuhi oleh geotekstil. Material ini dapat diletakkan di bawah timbunan yang dibangun di atas tanah lunak, dapat digunakan untuk membangun penahan tanah, dan dapat pula digunakan untuk perkuatan bahan perkerasan jalan menurut Hardiyatmo (2007) dalam Chasanah (2012).

2.2.6.1. Jenis Geotekstil

Geotekstil meliputi *woven* (tenun) dan *non woven* (tidak ada tenun). Yang dimana pada umumnya untuk perbaikan lereng digunakan geotekstil *non woven*.

Geotekstil dibagi menjadi 2, yaitu :

1. *Woven* Geotekstil

Bima Geoteks, geotekstil *woven* tersusun atas filamen *polypropylene* yang mengandung *U.V stabilized*. Filamen tersebut dianyam sedemikian rupa sehingga membentuk anyaman yang kokoh tidak terurai dan memiliki kuat tarik yang seragam, PT. Panca Tetrasa (2011 b).

2. *Non Woven* Geotekstil

Bima Geoteks, geotekstil *non woven* tersusun dari serat *polyester* dengan kandungan *U.V stabilized*. Pembuatan bima geoteks, geotekstil *non woven* melalui proses *needle-punch* sehingga menghasilkan lembaran geotekstil yang kokoh tidak terurai dan memiliki kuat tarik seragam, PT. Panca Tetrasa (2011 a).



Gambar 2.6 Geotekstil *Non Woven* (PT. Panca Tetrasa, 2011)

Dari penjelasan diatas, seperti pada tabel 2.3 menunjukkan jenis geotekstil yang digunakan, dimana geotekstil ini merupakan jenis *non woven*. Dalam tabel ini memuat jenis geotekstil baik dari segi *physical, mechanical & Hydraulic, biological & chemical* serta *packaging* yang kemudian dibagi ke dalam 5 tipe yang tersedia, yaitu BnW 210, BnW 260, BnW 310, BnW 410 serta BnW 510.

Tabel 2.3 Jenis geotekstil *non woven* (bima geoteks) dalam Layuk (2009)

BIMA GEOTEKS		<i>Test Standard</i>	<i>Unit</i>	BnW 210	BnW 260	BnW 310	BnW 410	BnW 510
<i>Physical</i>	<i>Weight</i>	ASTM D 3776	gr/m ²	210	260	310	410	510
	<i>Thickness</i>	ASTM D 3777	mm	1	1,25	1,5	2	2,5
	<i>Colour</i>	-	-	<i>white</i>	<i>white</i>	<i>white</i>	<i>white</i>	<i>white</i>
<i>mechanical & Hydraulic</i>	<i>Strip Tensile Strenght</i>	ASTM D 5035	KN/m	12	16	17	21	28
<i>Sambungan . . .</i>								

<i>Bersambung . . .</i>								
<i>mechanical & Hydraulic</i>	<i>Elongation at maximum load</i>	ASTM D 5035	%	>65	>65	>65	>65	>65
	<i>Coef. Of. Permeability</i>	BS 6906	I/m ² /sec	100	65	45	45	45
	<i>Trapezoidal tear strength</i>	ASTM D 4533	N	180	320	350	530	600
	<i>Punchture resistance</i>	ASTM D 4833	N	280	460	470	590	770
	<i>Effective opening size</i>	ASTM D 4751	µm	75	75	75	75	75
<i>biological & chemical</i>	<i>Bacteria and other biological effect</i>	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Bacteria and other biological effect</i>	-	-	-	-	-	-	-
<i>biological & chemical</i>	<i>Soil acidity effect</i>	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Soil alkalinity effect</i>	-	-	-	-	-	-	-
	<i>U.V. Light effect</i>	-	<i>U.V. Stabilized</i>					
<i>packaging</i>	<i>Roll width</i>	-	m	2,3/4	2,3/4	2,3/4	2,3/4	2,3/4
	<i>Roll lenght</i>	-	m	100	100	100	100	100
	<i>Area</i>	-	m ²	230 / 400	230 / 400	230 / 400	230 / 400	230 / 400
	<i>Roll diameter</i>	-	m	0,5	0,55	0,55	0,6	0,65
	<i>Roll weight</i>		kg	48 / 84	59,5 / 104	71 / 124	94 / 164	112,5 / 196

2.2.6.2.Fungsi Geotekstil

Departemen Pekerjaan Umum (2009), geosintetik memiliki fungsi primer dan fungsi sekunder yang biasanya lebih dari satu fungsi. Kedua fungsi tersebut menjadikan geosintetik dapat berkontribusi secara total pada saat penerapannya. Dengan demikian, kedua fungsi ini perlu dipertimbangkan pada saat perhitungan dan pembuatan spesifikasi perencanaan.

Geosintetik memiliki enam fungsi sebagai berikut:

1. Filtrasi

Bahan geosintetik digunakan untuk mengalirkan air ke dalam sistem drainase dan mencegah terjadinya migrasi partikel tanah melalui filter. Contoh penggunaan geosintetik sebagai filter adalah pada sistem drainase porous.

2. Drainase

Bahan geosintetik digunakan untuk mengalirkan air dari dalam tanah. Bahan ini contohnya digunakan sebagai drainase di belakang abutmen atau dinding penahan tanah.

3. Separator

Bahan geosintetik digunakan di antara dua material tanah yang tidak sejenis untuk mencegah terjadi pencampuran material. Sebagai contoh, bahan ini digunakan untuk mencegah bercampurnya lapis pondasi jalan dengan tanah dasar yang lunak sehingga integritas dan tebal rencana struktur jalan dapat dipertahankan.

4. Perkuatan

sifat tarik bahan geosintetik dimanfaatkan untuk menahan tegangan atau deformasi pada struktur tanah.

5. Penghalang

Bahan geosintetik digunakan untuk mencegah perpindahan zat cair atau gas. Fungsi geosintetik ini contohnya adalah geomembran untuk menjaga fluktuasi kadar air pada tanah ekspansif atau digunakan pada penampungan sampah.

1. Proteksi

Bahan geosintetik digunakan sebagai lapisan yang memperkecil tegangan lokal untuk mencegah atau mengurangi kerusakan pada permukaan atau lapisan tersebut. Sebagai contoh, tikar geotekstil (*mat*) digunakan untuk mencegah erosi tanah akibat hujan dan aliran air. Contoh lainnya, geotekstil tak-teranyam digunakan untuk mencegah tertusuknya geomembran oleh tanah atau batu di sekelilingnya pada saat pemasangan.

Menurut GTM Geotekxtile indonesia (2021), fungsi utama geotekstil non *woven* adalah :

a. Sebagai separator

Geotekstil memiliki kekuatan jebol (*puncture resistance*) yang tinggi untuk menjamin material tidak rusak pada saat pelaksanaan. *Geotextile non woven* dapat menjadi media pemisah antara dua lapisan material yang berbeda propertiesnya sehingga material yang propertiesnya jauh lebih baik tetap terjaga selama masa pelayanan.

b. Sebagai filter dan drainasi

Geotekstil memiliki bukaan pori yang relative kecil namun memiliki permeabilitas yang tinggi. *Geotextile non woven* berfungsi sebagai penahan butiran tanah yang baik, namun tetap memungkinkan aliran air tidak terganggu.

c. Sebagai perkuatan

Karena *geotextile non woven* memiliki kuat tarik yang cukup memadai.

2.2.6.3. Metode Perencanaan

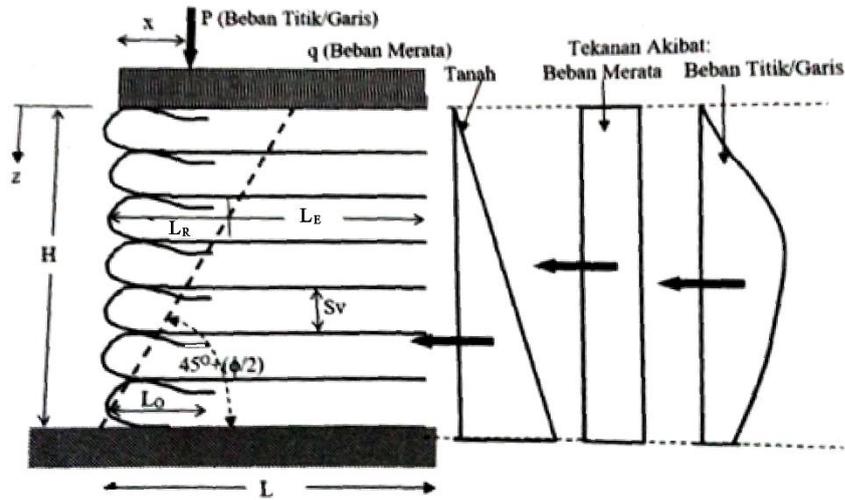
Ada dua pendekatan yang agak berbeda untuk perencanaan geotekstil sebagai penulangan tanah yaitu yang diajukan oleh Broms (1978), Steward (1977) dan yang diajukan oleh Whitcomb dan Bell (1979) dalam Hatmoko (2020).

Hatmoko (2020), metode Whitcomb dan Bell mengikuti metode yang diajukan oleh Lee (1973). Proses perencanaannya dibagi menjadi dua, yaitu stabilitas internal dan stabilitas eksternal.

1. Stabilitas internal, sebenarnya adalah proses perencanaan dinding dengan geotekstil. Pada proses tersebut ditentukan jarak, overlap dan panjang geotekstil.
2. Stabilitas eksternal, adalah tinjauan stabilitas dinding yang sudah direncanakan terhadap penggulingan (*overturning*), dan penggeseran (*sliding*), dan keruntuhan fondasi (daya dukung tanah dasar). Untuk menentukan jarak geotekstil, tekanan tanah dianggap linier dengan menggunakan K_a untuk tanah timbunan dan K_o untuk timbunan tanah.

Gambar 2.7 menunjukkan prosedur perencanaan :

$$\sigma_{hs} = K_a \cdot \gamma \cdot z \quad (2.19)$$



Gambar 2.7 Penahan tanah dengan geotekstil (Hatmoko, 2020)

dengan,

σ_{hs} = Tekanan oleh tanah

σ_{hq} = Tekanan oleh beban q

σ_{hl} = Tekanan akibat beban lalu lintas

σ_h = Tekanan total

K_a = Koefisien tekanan tanah aktif = $\tan^2(45-\phi/2)$

P = Beban terpusat

x = Jarak horizontal beban ke permukaan dinding

R = Jarak radial beban titik ke dinding

ϕ = Sudut gesek dalam tanah timbunan

γ = Berat volume tanah timbunan

z = Kedalaman yang ditinjau

D = Kedalaman timbunan

Perhitungan jarak vertikal (S_v)

$$\sigma_h S_v = \frac{T_{ijin}}{FS} \quad (2.20)$$

$$S_v = \frac{T_{ijin}}{FS \cdot \sigma_h} \quad (2.21)$$

dengan,

S_v = Jarak vertikal geotekstil

T_{ijin} = Tegangan tarik ijin geotekstil

$$T_{ijin} = T_{ult} \left(\frac{1}{FS_{ID} + FS_{CR} + FS_{CD} + FS_{BD}} \right) \quad (2.22)$$

FS_{ID} = angkat keamanan akibat kerusakan saat instalasi

FS_{CR} = angka keamanan karena rayapan

FS_{CD} = angka keamanan akibat degradasi kimia

FS_{BD} = angka keamanan akibat degradasi biologi

FS = angka keamanan global (antara 1,3 sampai dengan 1,5)

Tabel 2.4 Angka keamanan parsial yang direkomendasikan (Hatmoko, 2020)

Area Penerapan	Beberapa angka keamanan parsial			
	Instalasi (FS_{ID})	Rayapan (FS_{CR})	Degradasi Kimia (FS_{CD})	Degradasi Biologi (FS_{BD})
Pemisah	1,1 – 2,5	1,5 – 2,5	1,0 – 1,5	1,0 – 1,2
<i>Cushioning</i>	1,1 – 2,0	1,2 – 1,5	1,1 – 2,0	1,0 – 1,2
Jalan tanpa perkerasan	1,1 – 2,0	1,5 – 2,5	1,0 – 1,5	1,0 – 1,2
Dinding	1,1 – 2,0	2,5 – 4,0	1,0 – 1,5	1,0 – 1,3
Timbunan	1,1 – 2,0	2,0 – 3,5	1,0 – 1,5	1,0 – 1,3
Daya dukung	1,1 – 2,0	2,0 – 4,0	1,0 – 1,5	1,0 – 1,3
Stabilitas lereng	1,1 – 1,5	2,0 – 3,0	1,0 – 1,5	1,0 – 1,3
<i>Overlay</i>	1,1 – 1,5	1,0 – 2,0	1,0 – 1,5	1,0 – 1,1
Jalan rel	1,1 – 3,0	1,0 – 1,5	1,5 – 2,0	1,0 – 1,2
Form fleksibilitas	1,1 – 1,5	1,5 – 3,0	1,0 – 1,5	1,0 – 1,1
Dinding lanau	1,1 – 1,5	1,5 – 2,5	1,0 – 1,5	1,0 – 1,1

Hitungan panjang geotekstil (L), Pendekatan yang sama dapat digunakan untuk menghitung panjang geotekstil (L), dimana :

$$L = L_E + L_R \quad (2.23)$$

dengan,

$$L_R = (H - z) \tan (45^\circ - \phi/2) \quad (2.24)$$

$$S_v \cdot \sigma_h \cdot FS = 2\tau L_E \quad (2.25)$$

$$= 2 (c + \sigma_v + \tan \delta) L_E$$

$$= 2 (c + \gamma \cdot z + \tan \delta) L_E$$

$$\text{maka } L_E = \frac{S_v \cdot \sigma_h \cdot FS}{2 (c + \gamma \cdot z + \tan \delta)} \quad (2.26)$$

dengan demikian, panjang geotekstil $L = L_E + L_R$

Hitungan panjang overlap (L_o) diperoleh dengan cara yang mirip dengan cara yang sebelumnya dengan beberapa pengecualian. Sebagai contoh jarak z diukur dari sekitar pertengahan lapisan, dan σ_h tidak sebesar seperti sebelumnya. Persamaan untuk menghitung panjang L_o sebagai berikut :

$$L_o = \frac{Sv \cdot \sigma_h \cdot FS}{4 (c + \gamma \cdot z + \tan \phi)} \quad (2.27)$$

dengan,

L_o adalah panjang overlap, minimum 1 meter.

2.2.7. *Plaxis*

Plaxis 2D merupakan program elemen hingga dua-dimensi, berfungsi untuk analisis deformasi/penurunan tanah, stabilitas lereng dan aliran air tanah dalam rekayasa geoteknik.

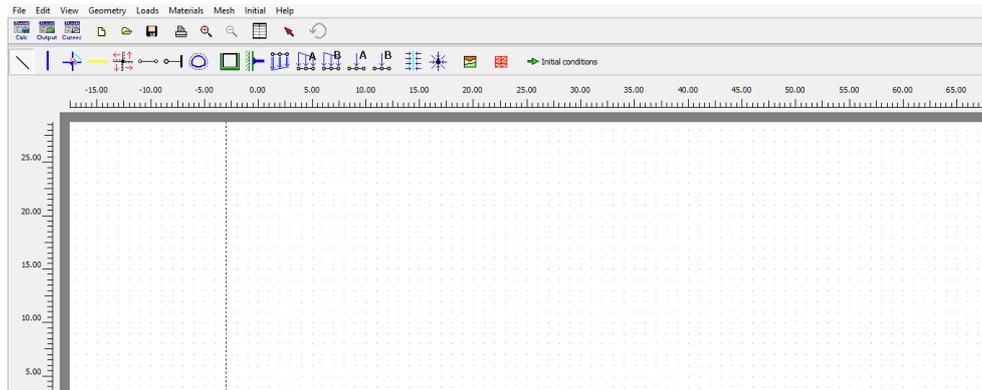
Pada tahun 1987 di Delft University of Technology sebagai inisiatif dari Kementerian Pekerjaan Umum dan Pengelolaan Air (Rijkswaterstaat) Belanda mengembangkan program *plaxis*. Dalam tujuannya untuk mengembangkan mode elemen hingga dengan visualisasi *2D* yang mudah digunakan untuk analisis tanggul sungai di tanah lunak dari dataran rendah Belanda. Karena aktivitas tersebut terus berkembang, perusahaan *plaxis (Plaxis bv)* dibentuk pada tahun 1993.

Plaxis 2D adalah paket elemen hingga yang bertujuan untuk analisis dua dimensi pada deformasi dan stabilitas dalam rekayasa geoteknik. Dengan program yang sudah dilengkapi untuk menangani berbagai aspek struktur geoteknik dan proses konstruksi menggunakan prosedur komputasi yang kuat dan secara teoritis.

Aplikasi *plaxis* dapat mencakup kegiatan geoteknik berupa penilaian pemindahan permukaan jalan selama pembangunan terowongan, analisis konsolidasi tanggul, pemindahan tanah di sekitar pit penggalian, analisa bendungan, kestabilan lereng, pengaruh air dalam tanah dan lain sebagainya, Laboratorium Komputasi Teknik Sipil Universitas Gajah Mada (2016).

2.2.7.1. Geometri Model

Geometri model adalah sarana dalam menggambarkan kondisi geometri tanah yang akan di analisa.



Gambar 2.8 Jendela penggambaran geometri model

2.2.7.2. Kondisi Batas

Kondisi batas menggambarkan batas garis pada input geometri. Plaxis menyediakan pilihan kondisi batas standar yang bisa dipilih. Kondisi batas standar merupakan kondisi batas umum yang biasa digunakan dalam analisis. (Brinkgreve, 2007) dalam Fauzi (2012).

2.2.7.3. Data elemen

Plaxis merupakan program analisis non-linier sehingga perilaku tanah dan batuan pada saat dilakukan pembebanan adalah non-linier (Antonious, 2007) dalam Fauzi (2012). Tegangan dan regangan pada kondisi ini dapat dimodelkan menjadi beberapa jenis model. Oleh karena itu, diperlukan properties yang lengkap dari elemen yang akan dianalisis, antara lain :

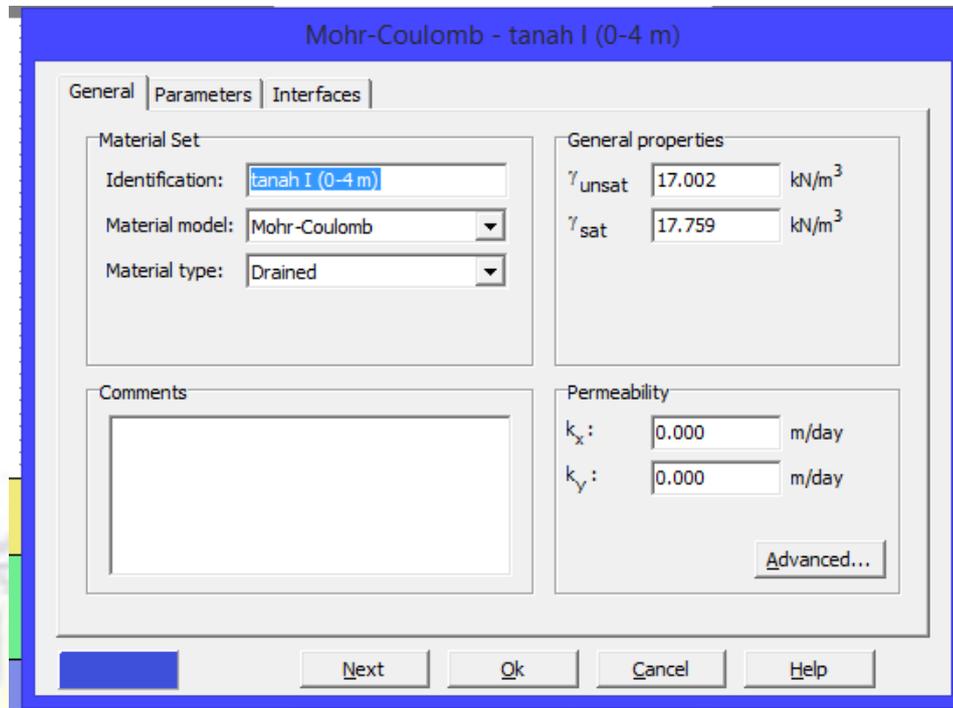
- 1) Tanah dan antarmuka (*soil and interface*)

Karena plaxis merupakan program analisis geoteknik, maka elemen tanah merupakan yang paling dominan dan memiliki jumlah properties yang paling banyak. Seperti :

- a) Material set, menampilkan nama material, model material dan tipe material. Model material tersedia dalam pilihan linier-elastic, mohr-coulomb, *hardening soft soil*, *soft soil* dan *soft soil creep*. Sedangkan tipe material tersedia dalam pilihan drained, undrained dan non-porous.
- b) General properties berupa berat isi kering dan berat isi basah
- c) *Permeability* menampilkan permeabilitas tanah arah x dan y.
- d) Kekakuan berupa modulus young dan poisson.

e) Kuat geser menampilkan kohesi (c), sudut geser dalam (ϕ) dan sudut dilatasi (ψ).

f) *Strenght* berupa rigid dan manual

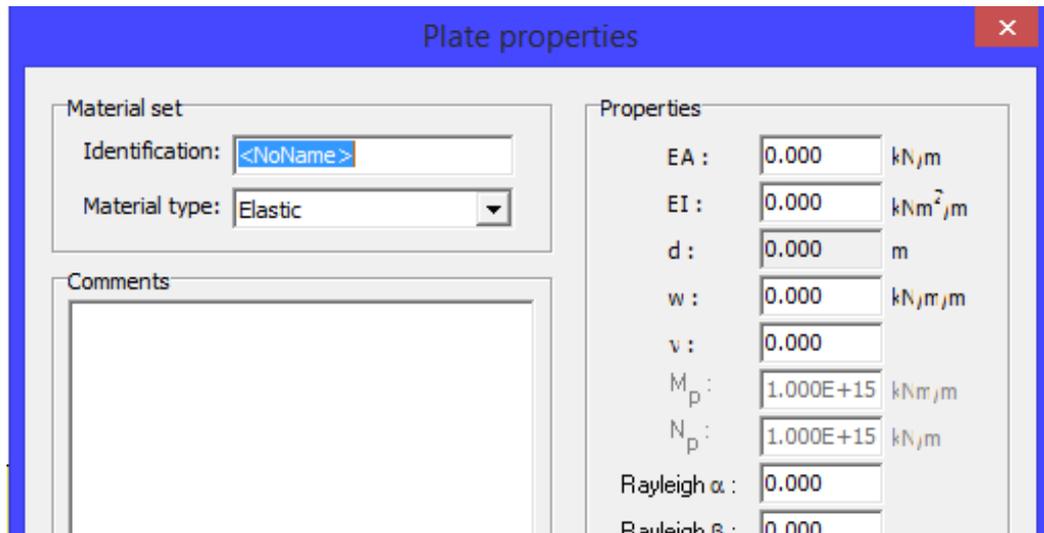


Gambar 2.9 Jendela tampilan *soil and interface*.

2) *Plates*

Data yang dimasukkan untuk parameter plates berupa :

- Material set menampilkan nama elemen plates dan tipe material yang tersedia dalam pilihan elastis dan elastoplastis.
- Data material menampilkan nilai kekakuan aksial (EA), kekakuan lentur (EI), diameter (D), berat elemen (W), dan angka rasio poison

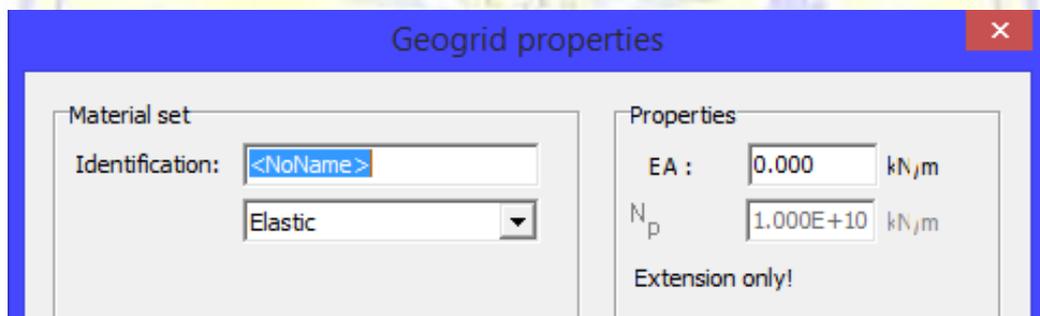


Gambar 2.10 Jendela tampilan *plate properties*

3) Geogrid

Data yang dimasukkan dalam geogrid berupa :

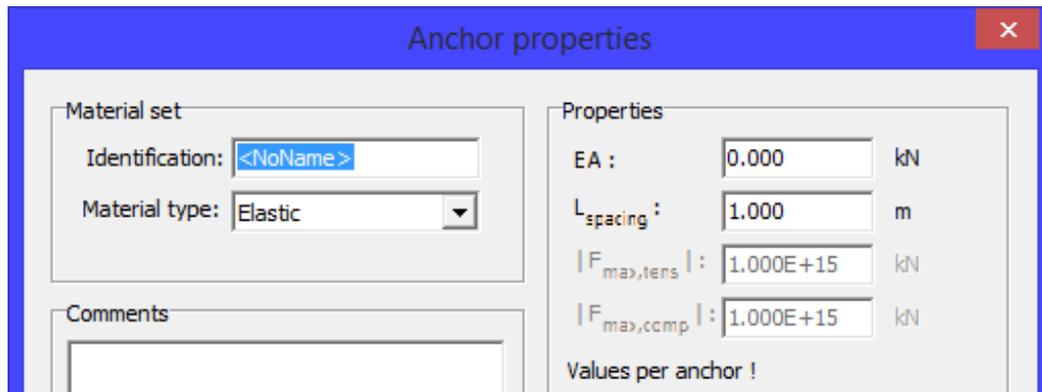
- a) Material set menampilkan nama elemen geogrid dan tipe material yang tersedia dalam pilihan elastis dan elastoplastis.
- b) *Properties* menampilkan nilai kekakuan aksial (EA).



Gambar 2.11 Jendela tampilan geogrid properties

4) Jangkar

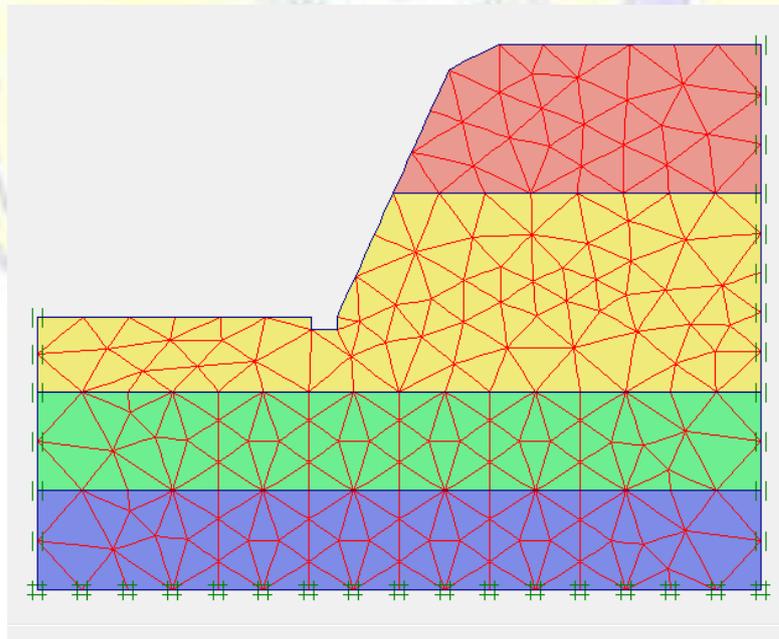
Data yang perlu dimasukkan adalah memilih tipe material dari jangkar, kekakuan aksial, dan jarak antar jangkar.



Gambar 2.12 Jendela tampilan *anchor properties*

2.2.7.4. Mesh generation

Mesh generation merupakan tahapan yang harus dilakukan dalam analisis plaxis. Jika mesh generation tidak bisa dilakukan, maka analisa untuk perhitungan tidak bisa dilanjutkan (Brinkgreve, 2007) dalam Fauzi (2012). Hal ini menunjukkan ada kesalahan dalam melakukan input, baik berupa garis geometri yang berdekatan atau berupa input parameter tanahnya. Jika mesh generation telah dilakukan, maka plaxis akan membagi kluster-kluster ke dalam segitiga kecil. Dalam ukuran segitiga, plaxis sudah menyedia berbagai jenis, antara lain *very coarse*, *coarse*, *medium*, *fine*, dan *very fine*.



Gambar 2.13 *Mesh generation*

2.2.7.5. Kondisi awal

Pada tahap ini, akan ditentukan nilai koefisien tekanan tanah (K_0), plaxis akan secara otomatis memasukkan nilai K_0 dari perhitungan persamaan (Hardiyatmo 2007) dalam Fauzi (2012) :

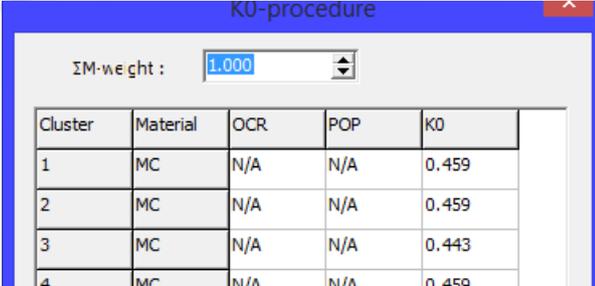
$$K_0 = 1 - \sin \theta$$

Keterangan :

K_0 = koefisien tekanan tanah lateral kondisi awal,

θ = sudut geser dalam tanah θ .

Selain nilai K_0 , penentuan kondisi awal juga dapat diatur untuk menunjukkan keberadaan muka air tanah.



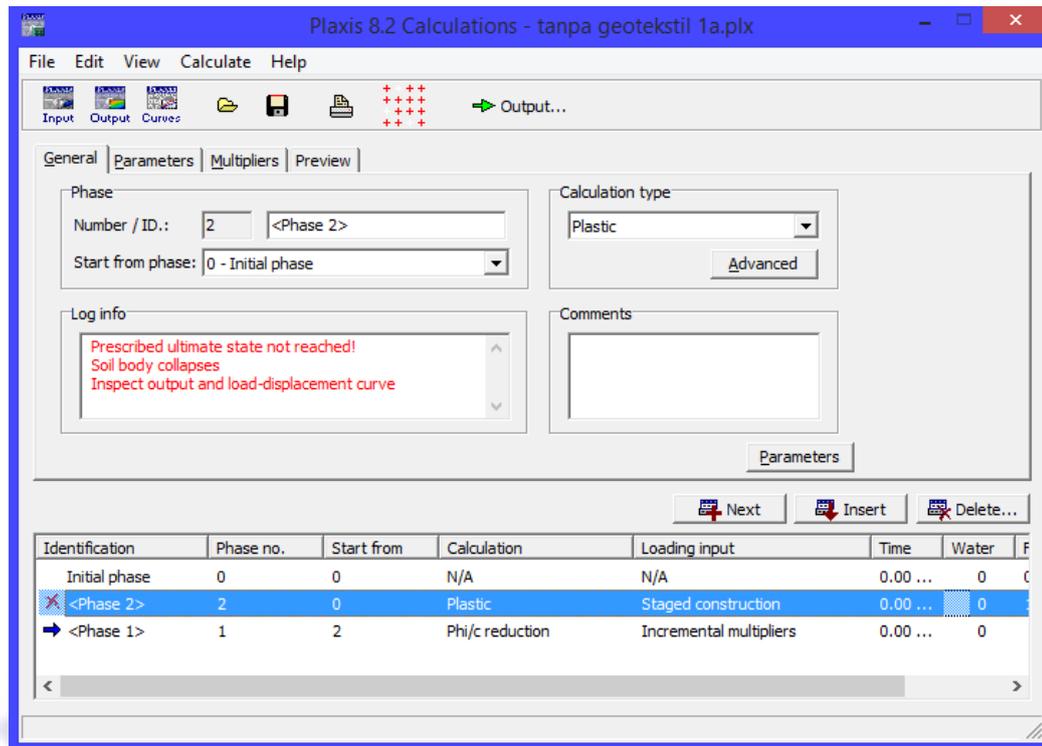
Cluster	Material	OCR	POP	K0
1	MC	N/A	N/A	0.459
2	MC	N/A	N/A	0.459
3	MC	N/A	N/A	0.443
4	MC	N/A	N/A	0.459

Gambar 2.14 K_0 procedure

2.2.7.6. Perhitungan

Perhitungan pada plaxis meliputi perhitungan aliran air tanah, konsolidasi, dan deformasi (Antonius 2007) dalam Fauzi (2012). Dalam melakukan analisis perhitungan, plaxis akan melakukan secara bertahap. Plaxis akan melakukan iterasi analisis dengan memasukkan nilai pembebanan secara bertahap sampai sebesar beban rencana. Jumlah iterasi dan besarnya kesalahan dalam iterasi dapat diatur dalam menu perhitungan. Jika selama tahapan perhitungan keruntuhan telah terjadi maka plaxis akan menghentikan perhitungan. Hal ini berarti bahwa, tanah tidak dapat menahan beban rencana.

Untuk analisis tegangan perpindahan calculation type yang digunakan adalah plastic, sedangkan untuk analisis faktor keamanan digunakan *phi-reduction*. Penggunaan calculation type dapat dipilih dalam *combo box* yang tersedia di *general setting*.



Gambar 2.15 General setting.

Jika keterangan dalam log info seperti gambar 2.14 berbunyi “*prescribed ultimate state not reached !, soil body collapse, inspect output and load displacement-curve*” menandakan bahwa lereng tersebut mengalami *collapse* atau keruntuhan, sehingga untuk analisa selanjutnya tidak dapat berjalan, Fauzi (2012).

2.2.7.7. Keluaran data

Data keluaran yang dihasilkan dari analisa plaxis adalah :

1. Tabel data masukan, pada tabel ini berisi semua data yang dimasukkan ke dalam masukan plaxis yang meliputi koordinat titik-titik pada elemen, penomoran elemen, kondisi batas, properties elemen dan kondisi air tanah.
2. Grafik data masukan, grafik yang ditampilkan adalah konfigurasi awal elemen, penomoran elemen, penomoran titik elemen, dan kondisi air tanah.
3. Tabel data keluaran, tabel data keluaran merupakan tabel dari hasil perhitungan yang telah dilakukan meliputi koordinat titik elemen,

peralihan dari titik elemen tersebut, tegangan yang terjadi dan tekanan air pori.

4. Grafik data keluaran, grafik yang ditampilkan pada keluaran perhitungan dapat berupa gaya-gaya dalam yang bekerja di potongan tertentu dan peralihan yang terjadi di potongan gambar yang dipilih.



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Tinjauan Umum

Metode penelitian merupakan hal penting dalam memperoleh hasil tujuan. Dalam metode penelitian menggambarkan dengan runtut sistematika penelitian dari mulai melakukan penelitian hingga hasil yang ingin diperoleh. Dalam penelitian ini, lebih mengupayakan data-data parameter tanah yang telah diuji hingga jenis tanah itu sendiri.

Menganalisis angka keamanan lereng dengan menggunakan *plaxis*. Jika faktor keamanan dari lereng tersebut tidak aman, maka akan diberikan perkuatan berupa geotekstil. Pada penelitian ini lereng dimodelkan dan difokuskan pada satu bagian STA. Sehingga dari hasil ini berupa *output* pada *plaxis* diperoleh hasil berupa faktor keamanan yang menunjukkan seberapa stabil lereng tersebut sebelum dan setelah ditambahkan perkuatan dengan geotekstil.

3.2. Objek dan Subjek Penelitian

Objek dalam penelitian ini adalah mengetahui stabilitas lereng yang dimodelkan dengan menggunakan program *plaxis* dengan dua kondisi yang berbeda. Dari permodelan *plaxis* didapatkan faktor keamanan lereng sebelum dan setelah adanya perkuatan geotekstil pada lereng. Sedangkan subjek dalam penelitian ini adalah lereng STA 2+700 B Jalan Raya Pusuk, kecamatan Pemenang, Kabupaten Lombok Utara.



Gambar 3.1 Kondisi lereng

3.3. Data Penelitian

Data penelitian yang akan dianalisis adalah data sekunder, yang meliputi:

1. Data pengujian tanah

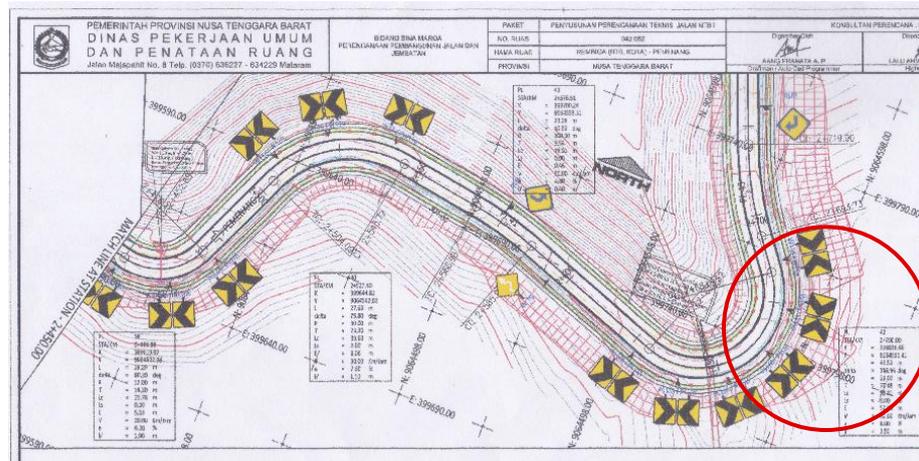
Parameter tanah dengan masukan (*input*) pada analisis program *Plaxis* didasarkan pada data sekunder yang diperoleh dari Balai Pengujian Konstruksi Dinas Pekerjaan Umum dan Penata Ruang Pemerintah Provinsi Nusa Tenggara Barat. Data parameter tanah yang dijadikan data *input* ke dalam program *Plaxis* dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 *Input* angka parameter tanah pada *plaxis* (Dinas Pekerjaan Umum dan Penata Ruang Pemerintah Provinsi Nusa Tenggara Barat, 2020)

Pengujian	BM 1				Satuan
	0 – 4 m	4 – 8 m	8 – 16 m	16 – 20 m	
Kadar air	4,26	-	9,54	17,45	%
Berat jenis tanah	2,582	-	2,597	2,654	-
Berat isi	1,811	2,098	1,709	1,778	gr/cm ³
ϕ	32,73	-	33,87	32,73	°
C	0,08	-	0,11	0,11	Kg/cm ²
hidrometer	H = <i>sandy loam</i>				

2. Peta topografi

Pada peta topografi diperoleh dari Balai Pengujian Konstruksi Dinas Pekerjaan Umum dan Penata Ruang Pemerintah Provinsi Nusa Tenggara Barat. Peta ini menunjukkan lokasi penelitian yang berada pada STA 2700+B

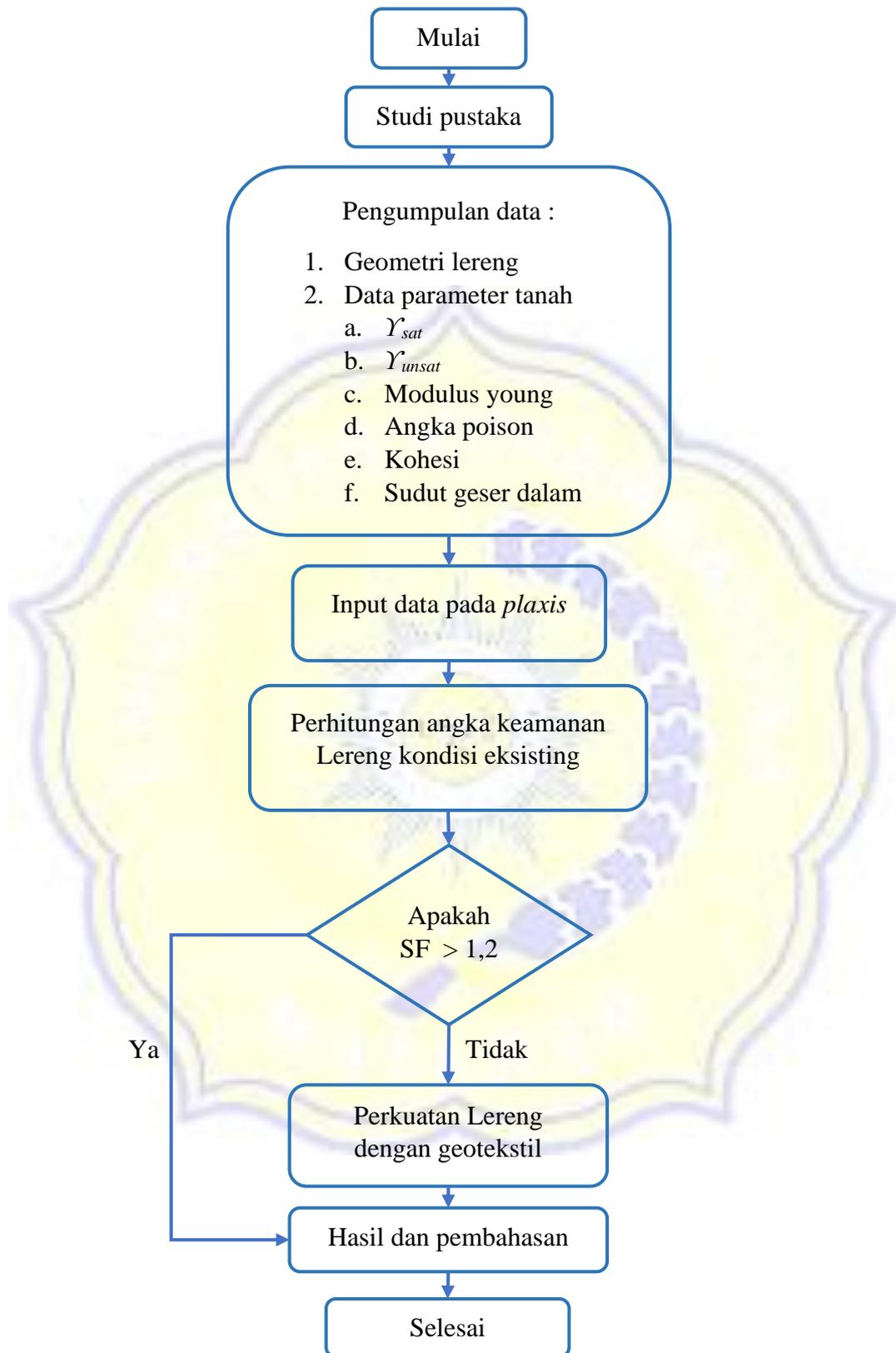


Gambar 3.2 Peta topografi lereng pada STA 2+700B (Dinas Pekerjaan Umum dan Penata Ruang Pemerintah Provinsi Nusa Tenggara Barat, 2020)

3.4. Langkah-Langkah Penelitian

Langkah-langkah dalam penelitian ini diuraikan pada uraian di bawah ini :

- 1) Mencari dan mempelajari literatur yang berhubungan dengan topik penelitian
- 2) Mengumpulkan data geometri lereng dan data parameter tanah
- 3) Memasukkan data geometri lereng dan parameter tanah pada program *plaxis*
- 4) Perhitungan angka keamanan lereng pada kondisi eksisting
- 5) Mendapatkan angka faktor keamanan diatas 1,2. Jika faktor aman di bawah 1,2 maka lereng diberikan perkuatan berupa geotekstil
- 6) Hasil dan pembahasan
- 7) Kesimpulan dan saran



Gambar 3.3 Diagram alir penelitian