

TUGAS AKHIR

PERBANDINGAN *SLOPE PROTECTION* DARURAT DENGAN METODE CERUCUK BAMBU & BRONJONG (STUDI KASUS JALAN TOL SEMARANG ABC)

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Dalam Menyelesaikan Pendidikan
Program Studi Program Sarjana (S1) Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil
Universitas Islam Sultan Agung



Disusun Oleh :

Bayu Surya Agung Widodo

30.2019.00.225

Dian Eko Saputro

30.2019.00.228

**FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL UNIVERSITAS
ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG
2021**



HALAMAN PENGESAHAN

PERBANDINGAN *SLOPE PROTECTION DARURAT*
DENGAN METODE CERUCUK BAMBU & BRONJONG
(STUDI KASUS JALAN TOL SEMARANG ABC)

Oleh :



Bayu Surya Agung Widodo

30.2019.00.225



Dian Eko Saputro

30.2019.00.228

Telah disetujui dan disahkan di Semarang tanggal

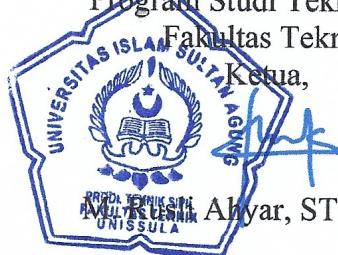
Juli 2021

Tim Penguji

1. Dr. Abdul Rochim ST, MT
2. Lisa Fitriyana, ST, M.Eng
3. Selvia Agustina, ST, M.Eng

Tanda Tangan

Universitas Islam Sultan Agung
Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Ketua,



Ahyar, ST., M.Eng



YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Raya Kaligawe KM. 4 Po. BOX 1054 Telp. (024) 6583584 Ext. 507 Semarang 50112

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR

Nomor :

Pada hari ini, Senin tanggal Februari 2021 berdasarkan Surat Keputusan Rektor Universitas Islam Sultan Agung (UNISSULA) Semarang perihal penunjukan Dosen Pembimbing I dan Dosen Pembimbing II :

1. Nama : Dr. Abdul Rochim ST, MT
Jabatan Akademik : Lektor Kepala
Jabatan : Dosen Pembimbing I
2. Nama : Lisa Fitriyana ST, M.Eng
Jabatan Akademik : Asisten Ahli
Jabatan : Dosen Pembimbing II

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa yang tersebut di bawah ini telah menyelesaikan bimbingan Tugas Akhir / Skripsi :

Nama : Bayu Surya Agung Widodo Nama : Dian Eko Saputro
NIM : 30.2019.00.225 NIM : 30.2019.00.228

Judul : Perbandingan *Slope Protection Darurat* Dengan Metode Cerucuk Bambu & Bronjong. Dengan tahapan sebagai berikut :

No.	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1	Penunjukan dosen pembimbing	30 November 2020	-
2	Proposal	15 Maret 2021	ACC
3	Pengumpulan data	18 Maret 2021	-
4	Analisis data	28 April 2021	-
5	Penyusunan laporan	23 Juni 2021	-
6	Selesai laporan	08 Juli 2021	ACC

Demikian Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir ini dibuat untuk diketahui dan dipergunakan seperlunya oleh pihak – pihak yang berkepentingan.

Dosen Pembimbing I

Dr. Abdul Rochim ST, MT

Dosen Pembimbing II

Lisa Fitriyana ST, M.Eng

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil



Ahyar ST, M. Eng

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

NAMA : 1. Bayu Surya Agung Widodo
2. Dian Eko Saputro

NIM : 30201900225
30201900228

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul :

PERBANDINGAN *SLOPE PROTECTION* DARURAT DENGAN METODE CERUCUK BAMBU & BRONJONG (STUDI KASUS JALAN TOL SEMARANG ABC)

Benar bebas dari plagiat, dan apabila pernyataan ini tidak terbukti benar maka kami bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini kami buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.



Semarang, Juli 2021

Yang membuat pernyataan,

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized, overlapping letters and lines.

Bayu Surya Agung Widodo

A handwritten signature in black ink, featuring a large, bold initial 'D' followed by a cursive name.

Dian Eko Saputro

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda – tangan di bawah ini :

NAMA : 1. Bayu Surya Agung Widodo
2. Dian Eko Saputro

NIM : 30201900225
30201900228

JUDUL SKRIPSI : Perbandingan *Slope Protection* Darurat Dengan Metode Cerucuk Bambu & Bronjong (Studi Kasus Jalan Tol Semarang ABC).

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli kami sendiri. Kami tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan – bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain, atau sebagai bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijazah pada Universitas Islam Sultan Agung Semarang atau perguruan tinggi lainnya.

Apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka kami bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Demikian pernyataan ini kami buat.

Semarang, Juli 2021

Yang membuat pernyataan,

Bayu Surya Agung Widodo

Dian Eko Saputro

MOTTO

- Bayu Surya Agung Widodo

خَيْرُ النَّاسِ أَنْفَعُهُمْ لِلنَّاسِ

“Khairunnas anfau`hum linnas”

“Sebaik-baik manusia adalah yang paling bermanfaat bagi manusia”.
(HR. Ahmad).

- Dian Eko Saputro

إِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا

” inna ma'al-'usri yusrā”

“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan”.
(QS. Al-Insyirah : 6)



PERSEMBAHAN

- Bayu Surya Agung Widodo

Persembahan khusus untuk :

1. Dr. Abdul Rochim, ST., MT. dosen pembimbing I yang senantiasa memberikan ilmunya serta membimbing penulis sampai akhir terselesaikan tugas akhir ini.
2. Lisa Fitriyana, ST., M.Eng., dosen pembimbing II yang senantiasa memberikan ilmunya serta membimbing penulis sampai akhir terselesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak Ibu Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang yang senantiasa memberikan ilmu selama menuntut ilmu di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
4. Terima kasih kepada orang tua yang tercinta, yang telah memberi dukungan dan doa untuk jiwa, raga, yang tidak bisa terbalaskan. Tugas Akhir ini untuk kalian. Semoga selalu dalam lindungan Allah SWT.
5. Terima kasih kepada keluarga yang tersayang, yang selalu memberikan dukungan dan doa, dan selalu ada untuk mendampingi. Semoga segala kebaikan akan menjadi berkah untuk keluarga.
6. Terima kasih kepada partner tugas akhir, yaitu Dian Eko Saputro. Yang selalu mau sabar dan tidak patah semangat untuk menyelesaikan tugas akhir ini sampai tuntas. Semoga lelah dan sabarmu menjadi berkah untukmu.
7. Terima kasih kepada teman – teman Sipil kelas sore angkatan 2019, yang selalu membantu dalam menyelesaikan tugas dan pekerjaan yang harus di selesaikan di Teknik Sipil Unissula. Semoga perjuangan akan selalu terbayarkan.
8. Terima kasih kepada diri saya sendiri, karena sudah mau berjuang dan bertahan untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

PERSEMBAHAN

- Dian Eko Saputro

Persembahan khusus untuk :

1. Dr. Abdul Rochim, ST., MT. dosen pembimbing I yang senantiasa memberikan ilmunya serta membimbing penulis sampai akhir terselesaikan tugas akhir ini.
2. Lisa Fitriyana, ST., M.Eng., dosen pembimbing II yang senantiasa memberikan ilmunya serta membimbing penulis sampai akhir terselesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak Ibu Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang yang senantiasa memberikan ilmu selama menuntut ilmu di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
4. Terima kasih kepada orang tua yang tercinta, yang tidak pernah lelah telah memberi segala bentuk dukungan dan doa. Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk Bapak Mamak. Semoga selalu diberikan kesehatan dan perlindungan dari Allah SWT.
5. Terima kasih kepada adik dan keluarga yang tersayang, yang selalu memberikan dukungan dan doa, dan selalu ada untuk mendampingi. Semoga segala kebaikan akan menjadi berkah untuk keluarga.
6. Terima kasih kepada partner tugas akhir, yaitu Bayu Surya Agung Widodo. Yang selalu semangat dan sabar dalam berpartner dengan saya untuk menyelesaikan tugas akhir ini sampai tuntas. Semoga lelah dan sabarmu menjadi keberkahan untukmu.
7. Terima kasih kepada teman – teman Sipil kelas sore angkatan 2019, yang selalu membantu dalam hal apapun selama bersama di Teknik Sipil Unissula. Apapun langkah kita kedepannya, semoga kita semua sukses dengan cara kita masing-masing.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur senantiasa tercurah kehadirat Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga laporan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik tentang "Perbandingan *Slope Protection* Darurat Dengan Metode Cerucuk Bambu & Bronjong. (Studi Kasus Jalan Tol Semarang ABC)".

Penyelesaian laporan ini dimaksudkan untuk menyelesaikan Program studi Strata 1 (S1) di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Laporan Tugas Akhir ini semata-mata tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak yang sangat membantu. Untuk itu tiada kata-kata yang lebih tepat selain ucapan terima kasih kepada:

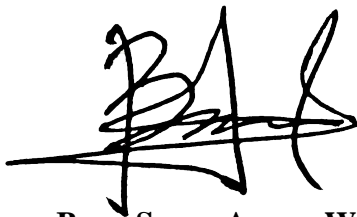
1. Bapak Dr. Abdul Rochim, ST., MT., selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir, yang telah meluangkan waktu dan tenaga untuk memberikan bimbingan kepada kami serta memberikan kritik dan saran mengenai laporan tugas akhir.
2. Ibu Lisa Fitriyana, ST., M.Eng, selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir, yang telah meluangkan waktu dan tenaga untuk memberikan bimbingan kepada kami dan memberikan dorongan semangat untuk kami serta memberikan kritik dan saran mengenai laporan tugas akhir.
3. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.

Disadari, karena keterbatasan ilmu pengetahuan, kemampuan, dan pengalaman yang kami miliki, dalam Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, segala saran dari pembaca sangat kami harapkan demi hasil yang lebih baik dan semoga Tugas Akhir ini memenuhi syarat untuk menyelesaikan program Strata 1 (S1) Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Semarang, Juli 2021

Penyusun I



Bayu Surya Agung Widodo
NIM. 30.2019.00.225

Penyusun II



Dian Eko Saputro
NIM. 30.2019.00.228

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iv
PERNYATAAN KEASLIAN	v
MOTTO	vi
PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR NOTASI	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
ABSTRAK	xix
ABSTRACT	xx
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Kajian	3
1.5 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Tanah	5
2.2 Parameter Tanah	6
2.2.1 Kadar air (w)	7
2.2.2 Angka pori (e)	7
2.2.3 Porositas (n)	7
2.2.4 Berat volume tanah basah (γ_b)	7
2.2.5 Berat volume tanah kering (γ_d)	8
2.2.6 Derajat kejenuhan (S)	8
2.2.7 Kohesi (c)	8

2.2.8	Sudut geser dalam (ϕ)	8
2.2.9	Nilai Standart Penetration Test (N-SPT)	9
2.2.10	Modulus Elastisitas <i>Young</i>	11
2.3	Klasifikasi Tanah	12
2.3.1	The United States Department of Agriculture (USDA).....	13
2.3.2	Unified Soil Classification System (USCS).....	15
2.3.3	Sistem Klasifikasi AASHTO	17
2.4	Tanah Longsor	18
2.4.1	Jenis-Jenis Tanah Longsor	19
2.4.2	Faktor Penyebab Longsor	21
2.5	Perkuatan Lereng	27
2.5.2	Mengendalikan air permukaan	28
2.5.3	Mengendalikan air rembesan (drainase bawah permukaan)	30
2.5.4	Penambatan	34
2.6	<i>Geo-Studio (Slope /W)</i>	39
2.6.2	Langkah penyelesaian	40
2.7	PLAXIS.....	47
2.7.1	Contoh Parameter	48
2.7.2	Langkah Penyelesaian.....	48
2.8	Metode Stabilisasi Lereng	58
2.8.1	Cerucuk Bambu	58
2.8.2	Bronjong.....	59
BAB III METODE PENELITIAN		
3.1	Pengertian Umum	61
3.2	Tipe Penelitian.....	61
3.3	Teknik Pengumpulan Data.....	61
3.4	Tahap Persiapan.....	64
3.5	Metode Analisa Data	64
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN		
4.1	Parameter Tanah	66
4.2	Analisis Stabilitas Lereng Eksisting dengan <i>Geo-Studio (Slope/W)</i>	67
4.3	Analisis Stabilitas Lereng Eksisting dengan Plaxis.....	75
4.4	Analisis Stabilitas Lereng Perkuatan Cerucuk Bambu dengan Plaxis....	84
4.5	Analisis Stabilitas Lereng Perkuatan Bronjong dengan Plaxis	93

4.6	Perbandingan Rencana Anggaran Biaya Perkuatan Darurat.....	105
BAB V PENUTUP		
5.1	Kesimpulan.....	107
5.2	Saran	108
DAFTAR PUSTAKA.....		xxi
LAMPIRAN		



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Peta Ruas Jalan Tol Semarang ABC.....	1
Gambar 2. 1 Tiga Fase Elemen Tanah.....	6
Gambar 2. 2 Tabung <i>split-spoon sampler</i>	9
Gambar 2.3 Segitiga Tekstur Tanah	14
Gambar 2.4 Contoh Aplikasi USDA	15
Gambar 2. 5 Jenis Longsoran	20
Gambar 2. 6 Lereng Terjal	22
Gambar 2. 7 Tanah Kurang Padat dan Tebal	22
Gambar 2. 8 Batuan yang Kurang Kuat	23
Gambar 2. 9 Jenis Tata Lahan	24
Gambar 2. 10 Longsor Akibat Gempa Bumi	24
Gambar 2. 11 Tipikal Perubahan Geometri Lereng	28
Gambar 2. 12 Tipikal Penanggulangan Pengendalian Air Permukaan.....	30
Gambar 2. 13 Tipikal Penanggulangan Pengendalian Air Rembesan	34
Gambar 2. 14 Macam - Macam Metode Stabilisasi Lereng Tanah	35
Gambar 2. 15 Macam - Macam Metode Stabilisasi Lereng Batuan.....	37
Gambar 2. 16 Tampilan utama <i>Geo Studio 2012</i>	40
Gambar 2. 17 Kotak Dialog <i>Page</i>	40
Gambar 2. 18 Kotak Dialog <i>Units & Scale</i>	41
Gambar 2. 19 Kotak Dialog <i>Grid</i>	41
Gambar 2. 20 Kotak Dialog <i>Keyin Analyses - Settings</i>	42
Gambar 2. 21 Kotak Dialog <i>Keyin Analyses – Slip Surface</i>	42
Gambar 2. 22 Kotak Dialog <i>Keyin Analyses – F of S Distribution</i>	43
Gambar 2. 23 Kotak Dialog <i>Keyin Analyses – Advanced</i>	43
Gambar 2. 24 Kotak Dialog <i>Keyin Materials</i>	44
Gambar 2. 25 Kotak Dialog <i>Keyin Points</i>	44
Gambar 2. 26 Tampilan <i>Region</i>	45
Gambar 2. 27 Kotak Dialog <i>Draw Materials</i>	45
Gambar 2. 28 Kotak Dialog <i>Draw Slip Surface Entry and Exit Range</i>	46
Gambar 2. 29 Kotak Dialog <i>Solve Manager</i>	46
Gambar 2. 30 Tampilan Hasil Analisa <i>Safety Factor</i>	47
Gambar 2. 31 Kotak Dialog Buat/Buka Proyek	48
Gambar 2. 32 Kotak Dialog Pengaturan Global – Proyek	49
Gambar 2. 33 Kotak Dialog Pengaturan Global – Dimensi.....	49
Gambar 2. 34 Kotak Dialog Tabel Koordinat Titik Geometri	50
Gambar 2. 35 Kotak Dialog Tanah Sampel Tab Umum.....	50
Gambar 2. 36 Kotak Dialog Tanah Sampel Tab Parameter.....	51
Gambar 2. 37 Kotak Dialog Tanah Sampel Tab Antarmuka	51
Gambar 2. 38 Tampilan Geometri dengan Jepit Standar	51
Gambar 2. 39 Tampilan Geometri dengan Jaring Elemen	52
Gambar 2. 40 Tampilan Kondisi Awal	52
Gambar 2. 41 <i>Toolbar</i> Pengaturan tekanan air pori awal	52

Gambar 2. 42 <i>Toolbar</i> tegangan awal dan konfigurasi geometri.	53
Gambar 2. 43 Kotak Dialog Prosedur-K0.....	53
Gambar 2. 44 Tampilan Tegangan Efektif.....	53
Gambar 2. 45 Tampilan Kotak Dialog Perhitungan	54
Gambar 2. 46 Tampilan Kotak Dialog Perhitungan Tab Umum.....	54
Gambar 2. 47 Pengaturan Identifikasi Tahap 1 (Konstruksi) Tab Parameter	55
Gambar 2. 48 Pengaturan Identifikasi Tahap 1 (Konstruksi) Tab Umum	55
Gambar 2. 49 Pengaturan Identifikasi Tahap 2 (Identifikasi SF) Tab Umum	56
Gambar 2. 50 Pengaturan Identifikasi Tahap 2 (Identifikasi SF) Tab Parameter	56
Gambar 2. 51 Pengaturan Identifikasi Tahap 2 (Identifikasi SF) Tab Pengali	56
Gambar 2. 52 Proses Analisa Perhitungan.....	57
Gambar 2. 53 Kotak Dialog Informasi Perhitungan	57
Gambar 2. 54 Aplikasi cerucuk bambu pada lereng pada.....	59
Gambar 2. 55 Aplikasi bronjong pada lereng.....	60
Gambar 3. 1 Bagan Alir Metode Penelitian.....	63
Gambar 4. 1 Tampilan utama <i>Geo Studio 2012</i>	67
Gambar 4. 2 Kotak Dialog <i>Page</i>	67
Gambar 4. 3 Kotak Dialog <i>Units & Scale</i>	68
Gambar 4. 4 Kotak Dialog <i>Grid</i>	68
Gambar 4. 5 Kotak Dialog <i>Keyln Analyses – Settings</i>	69
Gambar 4. 6 Kotak Dialog <i>Keyln Analyses – Slip Surface</i>	69
Gambar 4. 7 Kotak Dialog <i>Keyln Analyses – F of S Distribution</i>	70
Gambar 4. 8 Kotak Dialog <i>Keyln Analyses – Advanced</i>	70
Gambar 4. 9 Kotak Dialog <i>Keyln Materials</i>	71
Gambar 4. 10 Kotak Dialog <i>Keyln Points</i>	71
Gambar 4. 11 Tampilan <i>Region</i>	72
Gambar 4. 12 Kotak Dialog <i>Draw Materials</i>	72
Gambar 4. 13 Kotak Dialog <i>Draw Surface Entry and Exit Range</i>	73
Gambar 4. 14 Kotak Dialog <i>Pore Water Pressure</i>	73
Gambar 4. 15 Kotak Dialog <i>Solve Manager</i>	74
Gambar 4. 16 Tampilan Hasil Analisa <i>Safety Factor</i>	74
Gambar 4. 17 Kotak Dialog <i>Create / Open Project</i>	75
Gambar 4. 18 Kotak Dialog <i>General Setting – Project</i>	76
Gambar 4. 19 Kotak Dialog <i>General Setting – Dimensions</i>	76
Gambar 4. 20 Kotak Dialog <i>Coordinate Table</i>	76
Gambar 4. 21 Kotak Dialog <i>Material Sets</i>	77
Gambar 4. 22 Kotak Dialog Tanah Tab <i>General</i>	78
Gambar 4. 23 Kotak Dialog Tanah Tab <i>Parameters</i>	78
Gambar 4. 24 Kotak Dialog Tanah Tab <i>Interfaces</i>	78
Gambar 4. 25 Tampilan Geometri dengan <i>Standard Fixities</i>	79
Gambar 4. 26 Tampilan Geometri dengan <i>Generate Mesh</i>	79
Gambar 4. 27 Tampilan Pemodelan Muka Air Tanah.....	80
Gambar 4. 28 Tampilan <i>Pore pressures</i>	80
Gambar 4. 29 Kotak Dialog <i>K0-procedure</i>	81
Gambar 4. 30 Tampilan <i>Initial soil stresses</i>	81

Gambar 4. 31 Tampilan Kotak Dialog <i>Calculations</i> tahap 1	82
Gambar 4. 32 Tampilan Kotak Dialog <i>Calculations</i> tahap 2	82
Gambar 4. 33 Kotak Dialog Hasil <i>Calculation</i>	83
Gambar 4. 34 Kotak Dialog <i>Create / Open Project</i>	84
Gambar 4. 35 Kotak Dialog <i>General Setting – Project</i>	84
Gambar 4. 36 Kotak Dialog <i>General Setting – Dimensions</i>	85
Gambar 4. 37 Kotak Dialog <i>Coordinate Table</i>	85
Gambar 4. 38 Kotak Dialog <i>Material Sets</i>	86
Gambar 4. 39 Kotak Dialog Tanah Eksisting Tab <i>General</i>	86
Gambar 4. 40 Kotak Dialog Tanah Eksisting Tab <i>Parameters</i>	87
Gambar 4. 41 Kotak Dialog Tanah Eksisting Tab <i>Interfaces</i>	87
Gambar 4. 42 Kotak Dialog <i>Material Sets</i>	88
Gambar 4. 43 Kotak Dialog <i>Plate Properties</i>	88
Gambar 4. 44 Tampilan Geometri dengan Perkuatan Cerucuk	89
Gambar 4. 45 Tampilan Geometri dengan <i>Generate Mesh</i>	89
Gambar 4. 46 Tampilan Pemodelan Muka Air Tanah	90
Gambar 4. 47 Tampilan <i>Pore Pressures</i>	90
Gambar 4. 48 Kotak Dialog <i>K0-procedure</i>	91
Gambar 4. 49 Tampilan <i>Initial soil stresses</i>	91
Gambar 4. 50 Tampilan Kotak Dialog <i>Calculations</i> Tahap 1	91
Gambar 4. 51 Tampilan Kotak Dialog <i>Calculations</i> Tahap 2	92
Gambar 4. 52 Tampilan Kotak Dialog Hasil <i>Calculation</i>	92
Gambar 4. 53 Kotak Dialog <i>Create / Open Project</i>	93
Gambar 4. 54 Kotak Dialog <i>General Settings – Project</i>	94
Gambar 4. 55 Kotak Dialog <i>General Settings – Dimensions</i>	94
Gambar 4. 56 Kotak Dialog <i>Coordinate Table</i>	95
Gambar 4. 57 Kotak Dialog <i>Coordinate Table</i>	95
Gambar 4. 58 Kotak Dialog Tanah Eksisting Tab <i>General</i>	96
Gambar 4. 59 Kotak Dialog Tanah Eksisting Tab <i>Parameters</i>	96
Gambar 4. 60 Kotak Dialog Tanah Eksisting Tab <i>Interfaces</i>	97
Gambar 4. 61 Kotak Dialog <i>Material Sets</i>	97
Gambar 4. 62 Kotak Dialog Batuan Bronjong Tab <i>General</i>	98
Gambar 4. 63 Kotak Dialog Batuan Bronjong Tab <i>Parameters</i>	98
Gambar 4. 64 Kotak Dialog Batuan Bronjong Tab <i>Interfaces</i>	99
Gambar 4. 65 Kotak Dialog <i>Material Sets</i>	99
Gambar 4. 66 Kotak Dialog <i>Geogrid properties</i>	100
Gambar 4. 67 Tampilan Geometri dengan <i>Generate Mesh</i>	100
Gambar 4. 68 Tampilan Pemodelan Muka Air Tanah	101
Gambar 4. 69 Tampilan <i>Pore Pressures</i>	101
Gambar 4. 70 Kotak Dialog <i>K0-procedure</i>	102
Gambar 4. 71 Tampilan <i>Initial soil stresses</i>	102
Gambar 4. 72 Tampilan Kotak Dialog <i>Calcalations</i> Tahap 1	103
Gambar 4. 73 Tampilan Kotak Dialog <i>Calculations</i> Tahap 2	103
Gambar 4. 74 Kotak Dialog Hasil <i>Calculation</i>	104

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Besaran Sudut Geser dalam Tanah.....	8
Tabel 2. 2 Hubungan Antara Sudut Geser Dalam dan Jenis Tanah.....	9
Tabel 2. 3 Hubungan nilai N-SPT	10
Tabel 2. 4 Hubungan nilai N-SPT dengan berat volume tanah jenuh	10
Tabel 2. 5 Hubungan nilai N-SPT dengan nilai kohesi	11
Tabel 2. 6 Nilai Perkiraan Modulus Elastisitas Tanah.....	11
Tabel 2. 7 Cakupan Golongan Tanah Berdasarkan Ukuran.....	13
Tabel 2. 8 Klasifikasi Tanah Berbutir Kasar Menurut USCS	16
Tabel 2. 9 Klasifikasi Tanah Berbutir Halus Menurut USCS	17
Tabel 2. 10 Klasifikasi Tanah Menurut AASHTO	18
Tabel 2. 11 Jenis Tanah Longsor Menurut Varnes	19
Tabel 2. 12 Tindakan Stabilisasi Lereng Batuan.....	38
Tabel 2. 13 Contoh Koordinat Lereng <i>Slope/W</i>	39
Tabel 2. 14 Contoh Data Tanah pada <i>Slope/W</i>	40
Tabel 2. 15 Klasifikasi Nilai <i>Safety Factor</i> pada <i>Slope/W</i>	47
Tabel 2. 16 Contoh Koordinat Lereng <i>Plaxis</i>	48
Tabel 2. 17 Contoh Data Tanah pada <i>Plaxis</i>	48
Tabel 2. 18 Klasifikasi Nilai <i>Safety Factor</i> pada <i>Plaxis</i>	58
Tabel 2. 19 Perbandingan Klasifikasi Nilai <i>Safety Factor</i>	58
Tabel 3. 1 Hasil Uji <i>Bore Log</i> pada titik BH. 2 pada Jalan Tol Semarang.....	65
Tabel 4. 1 Parameter Tanah pada Eksisting <i>Geo-Studio (Slope/W)</i>	66
Tabel 4. 2 Klasifikasi Nilai <i>Safety Factor</i> Eksisting <i>Geo-Studio (Slope/W)</i>	75
Tabel 4. 3 Parameter Tanah pada Eksisting <i>Plaxis</i>	77
Tabel 4. 4 Klasifikasi Nilai <i>Safety Factor</i> Eksisting <i>Plaxis</i>	83
Tabel 4. 5 Perbandingan Nilai <i>Safety Factor</i> <i>Plaxis & Geo-Studio (Slope/W)</i>	83
Tabel 4. 6 Data Koordinat Lereng pada Metode Cerucuk Bambu	85
Tabel 4. 7 Parameter Tanah pada Metode Cerucuk Bambu.....	86
Tabel 4. 8 Data <i>Plate Properties</i>	88
Tabel 4. 9 Klasifikasi Nilai <i>Safety Factor</i> pada Metode Cerucuk Bambu.....	93
Tabel 4. 10 Data Koordinat Lereng pada Metode Bronjong.....	94
Tabel 4. 11 Parameter Tanah pada Metode Bronjong	96
Tabel 4. 12 Parameter Batu Bengisi Bronjong.....	98
Tabel 4. 13 Parameter pendekatan kawat <i>Bron Box</i>	100
Tabel 4. 14 Klasifikasi Nilai <i>Safety Factor</i> pada Metode Bronjong	104
Tabel 4. 15 Perbandingan Nilai <i>Safety Factor</i> Cerucuk & Bronjong.....	104
Tabel 4. 16 RAB Perkuatan Lereng Darurat Metode Cerucuk Bambu	105
Tabel 4. 17 RAB Perkuatan Lereng Darurat Metode Bronjong	106
Tabel 4. 18 Perbandingan Nilai RAB Cerucuk & Bronjong.....	106

DAFTAR NOTASI



PI	= Indeks Plastisitas	
LL	= Batas Cair	
PL	= Batas Plastis	
V	= Volume	(m^3)
V_s	= Volume Tanah	(m^3)
V_v	= Volume Rongga Tanah	(m^3)
V_w	= Volume Air	(m^3)
V_a	= Volume Udara	(m^3)
W	= Berat	(kN)
W_s	= Berat Tanah	(kN)
W_w	= Berat Air	(kN)
w	= Kadar Air	(%)
e	= Angka Pori	
n	= Porositas	(%)
γ_b	= Berat Volume Tanah Basah	(kN/m^3)
γ_d	= Berat Volume Tanah Kering	(kN/m^3)
S	= Derajat Kejenuhan	(%)
c	= Kohesi	(kN/m^2)
\emptyset	= Sudut Geser	($^{\circ}$)
qc	= Perlawanan Konus	(kg/cm^2)
γ_{sat}	= Berat Volume Tanah Jenuh Air	(kN/m^3)
γ_{unsat}	= Berat Volume Tanah Tak Jenuh Air	(kN/m^3)
N-SPT = Nilai Standart Penetration Test		
E	= Modulus Elastisitas	(MPa)
SF	= Faktor Keamanan	
ν	= Angka Poisson	
k	= Koefisien Permeabilitas	(m/hari)

ABSTRAK

Jalan tol merupakan fasilitas sarana transportasi yang membutuhkan pemeliharaan rutin agar performanya selalu terjaga sesuai dengan aturan Standar Pelayanan Minimum (SPM) yang dikeluarkan oleh BPJT PUPR. Namun timbul masalah saat musim penghujan tiba, efek yang ditimbulkan dapat berdampak pada sarana dan prasarana yang terdapat pada jalan tol. Salah satu dampak buruk yang dapat terjadi ketika hujan yaitu tanah longsor. Saat longsor terjadi, lokasi kejadian harus segera ditangani tetapi disisi lain anggaran yang tersedia tidak mencukupi apabila dilakukan perbaikan secara permanen. Oleh karena itu perlu dilakukan perkuatan darurat atau perkuatan sementara yang menggunakan anggaran seminimal mungkin.

Pada Tugas Akhir ini, dilakukan analisa perbandingan tingkat kelayakan dari segi nilai *Safety Factor* antara metode perbaikan cerucuk bambu dan bronjong. Untuk menganalisa angka keamanan (*safety factor*) lereng eksisting digunakan aplikasi *Plaxis V.8.2 & Geo-Studio (Slope/w) 2012*, sedangkan analisa lereng setelah diperkuat menggunakan aplikasi *Plaxis* harus memenuhi $SF > 1,5$. Selanjutnya yang dilakukan perhitungan RAB dan membandingkan anggaran yang paling ekonomis dari kedua opsi tersebut.

Berdasarkan hasil analisa stabilitas lereng eksisting didapat nilai SF 1,223 (*Geo-Studio (Slope/W)*) dan 1,249 (*Plaxis*). Sedangkan hasil analisa stabilitas lereng dianalisa menggunakan aplikasi *Plaxis*, didapatkan nilai *safety factor* dengan perkuatan cerucuk bambu yaitu 1,531 sedangkan dengan perkuatan bronjong sebesar 1,563. Untuk perbandingan Rencana Anggaran Biaya (RAB) dari konstruksi perkuatan darurat dengan metode cerucuk bambu sebesar Rp.112.629.440,- dan bronjong sebesar Rp.134.859.340,-.

Kata Kunci : Cerucuk Bambu, Bronjong, *Safety Factor*, *Plaxis V.8.2* , *Geo-Studio (Slope /W) 2012*.

ABSTRACT

Highway Tollroads are transportation facilities that required routine maintenance, so that their performance is always maintained in according to regulations of the Minimum Service Standards (SPM) by BPJT PUPR. However, the problems came up when the rainy season, the effects can have an impact on Tollroad`s facilities and infrastructure. One of the bad effects that can occur when it rains is landslides. When a landslide occurs, the location of the incident need an reinforcement immediately but on the other hand the available budget is not sufficient if make a permanent reinforcement. Therefore, it is necessary to carry out emergency reinforcement using the minimum budget.

In this script, a comparative analysis of the safety factor value between the repair method of bamboo piles and gabion. To analyze the safety factor value of the existing slope we used Plaxis V.8.2 & Geo-Studio (Slope/w) 2012, while to analyze the safety factor value of slope after being reinforced we used Plaxis and it had to meet $SF > 1.5$. The next step is to calculate the Budget Plan and compare the most economical budget of the two options.

Based on the analysis of the existing slope stability, the SF values are 1,223 (Geo-Studio (Slope/W)) and 1,249 (Plaxis). While the results of the slope stability analysis were analyzed using the Plaxis application, the safety factor value with bamboo pile reinforcement was 1,531, while the cerucuk reinforcement was 1,563. For comparison of the Budget Plan of emergency reinforcement construction with the bamboo pile method is Rp.112.629.440,- and gabion is Rp.134.859.340,-.

Keywords : Bamboo Pile, Gabion, Safety Factor, Plaxis V.8.2 , Geo-Studio (Slope /W) 2012

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jalan Tol merupakan jalan umum dimana termasuk bagian sistem jaringan jalan dan sebagai jalan nasional yang penggunaannya diharuskan membayar tol (Peraturan Menteri PUPR No. 06/PRT/M/2018). Dalam pengaturan, penyelenggaraan dan pengusahaan jalan tol, pemerintah memberi wewenang kepada suatu instansi yang bernama Badan Pengatur Jalan Tol (BPJT), sehingga jalan dapat bermanfaat bagi masyarakat.

Terdapat badan usaha yang saat ini bergerak di bidang penyedia layanan jalan tol dan bisnis terkait lainnya salah satunya yaitu PT. Jasa Marga (Persero). Jalan tol merupakan fasilitas sarana transportasi yang membutuhkan pemeliharaan rutin agar performanya selalu terjaga sesuai aturan Standar Pelayanan Minimum (SPM) yang dikeluarkan BPJT PUPR, oleh karena itu untuk pemeliharaan seluruh ruas jalan tol Semarang ABC seperti pada Gambar 1.1, dikelola oleh PT Jasamarga *Tollroad Maintenance*.



Gambar 1. 1 Peta Ruas Jalan Tol Semarang ABC

(PT Jasamarga *Tollroad Maintenance*, 2021)

Belakangan ini Indonesia sedang memasuki musim penghujan yang cukup ekstrim, begitu juga dengan Kota Semarang yang saat ini sedang mengalami musim hujan. Bahkan seringkali hujan datang pada intensitas yang tinggi dan waktu yang tidak sebentar. Saat hujan datang terlebih dengan intensitas tinggi dapat berdampak kepada sarana dan prasarana yang terdapat di jalan tol. Salah satu dampak negatif yang dapat terjadi yaitu longsor pada lereng. Tentu saja longsor ini menyebabkan kerugian, seperti lajur pada jalan tol yang tertutup dan rusaknya konstruksi jalan, sehingga mengganggu lalu kendaraan dan berdampak pada terganggunya kegiatan perekonomian masyarakat.

Salah satu usaha yang dapat dilakukan agar tidak terjadinya longsor pada lereng yaitu perkuatan lereng. Cara yang dapat digunakan dengan membuat konstruksi untuk meningkatkan stabilitas lereng tersebut. Tentunya untuk melakukan perbaikan pada lereng membutuhkan perencanaan dan perhitungan yang matang.

Longsor merupakan sebuah bencana alam yang tidak dapat diprediksi kedatangannya. Namun ketika longsor terjadi, maka harus dilakukan tindakan penanganan darurat dengan secepat mungkin. Disisi lain anggaran yang tersedia tidak cukup untuk menangani seluruh kejadian longsor yang terjadi. Terlebih longsor dapat saja terjadi pada beberapa tempat sekaligus namun dengan anggaran yang sedikit ini tetap memerlukan penanganan secepatnya agar kejadian longsor tidak berkembang menjadi lebih parah, oleh karena itu perlu dilakukan perkuatan darurat atau perbaikan sementara. Beberapa pilihan perkuatan darurat yang biasa dilakukan oleh PT. Jasamarga *Tollroad Maintenance* dapat dilakukan yaitu dengan menggunakan cerucuk bambu dan bronjong.

Berdasarkan uraian tersebut, maka diadakan analisa dengan judul **“Perbandingan *Slope Protection Darurat* Dengan Metode Cerucuk Bambu & Bronjong. (Studi Kasus Jalan Tol Semarang ABC)”**.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang di atas, maka dapat dibuat rumusan permasalahan dalam tugas akhir ini antara lain:

1. Perbandingan analisa lereng eksisting dengan *Plaxis* dan *Geo-Studio* (*Slope/W*).
2. Diantara metode cerucuk bambu dan bronjong, manakah yang paling aman digunakan.
3. Diantara metode cerucuk bambu dan bronjong, manakah yang paling ekonomis digunakan.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah mengenai kedudukan masalah untuk diteliti/dianalisis, yaitu:

1. Perbandingan angka keamanan kondisi lereng eksisting menggunakan aplikasi *Plaxis* dan *Geo-Studio* (*Slope/W*).
2. Perbandingan angka keamanan dari metode cerucuk bambu dan bronjong menggunakan aplikasi *Plaxis*.
3. Perbandingan anggaran dari metode cerucuk bambu, bronjong.
4. Usia ketahanan struktur tidak dijadikan pokok bahasan.

1.4 Tujuan Kajian

Hasil yang diharapkan saat melakukan analisa kestabilan lereng ini sebagai berikut:

1. Membandingkan angka keamanan lereng eksisting dengan menggunakan *Plaxis* dan *Geo-Studio* (*Slope/W*).
2. Membandingkan tingkat kelayakan dari segi nilai keamanan (*safety factor*) antara metode cerucuk bambu dan bronjong.
3. Membandingkan anggaran yang paling ekonomis antara metode cerucuk bambu dan bronjong.

1.5 Sistematika Penulisan

Terdapat 5 (lima) bab dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini, masing-masing terdiri dari:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi tentang latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan, peta lokasi, serta sistematik penulisan penelitian Tugas Akhir.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan tentang teori-teori yang mendasari pembahasan secara rinci yang digunakan dalam menganalisis pada permasalahan terkait

BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan tentang bahan atau materi penelitian, alat yang digunakan dalam penelitian, langkah-langkah dalam melakukan penelitian, variabel yang akan dipelajari dan metode dalam menganalisis hasil.

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini membahas tentang proses pengolahan data, merencanakan pemodelan dengan aplikasi *Plaxis* dan *Geo-Studio* (*Slope/W*), mengetahui faktor keamanan (*safety factor*), membandingkan tingkat kelayakan dan nilai ekonomis secara harga dari metode cerucuk bambu dan bronjong, untuk mengetahui diantara metode perkuatan tersebut manakah yang dapat dianggap paling layak dari segi keamanan dan ekonomis, sehingga dapat digunakan sebagai perkuatan darurat yang ekonomis dan tentunya juga aman.

BAB V PENUTUP

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai kesimpulan dari analisa metode yang paling ekonomis layak digunakan dan saran yang berhubungan dengan analisa yang sudah dilakukan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada Bab ini, diterangkan perihal acuan dan teori dalam melakukan analisa dan penelitian Metode Perlindungan Lereng (*Slope Protection*) Darurat pada Jalan Tol Semarang ABC. Adapun acuan & teori yang digunakan adalah sebagai berikut:

2.1 Tanah

Tanah ialah benda alami yang terdapat di permukaan bumi yang tersusun dari bahan-bahan mineral sebagai hasil pelapukan batuan dan bahan organik “pelapukan sisa tumbuhan dan hewan” yang merupakan medium pertumbuhan tanaman dengan sifat-sifat tertentu yang terjadi akibat gabungan dari faktor-faktor alami, iklim, bahan induk, jasad hidup, bentuk wilayah dan lamanya waktu pembentukan (Sarief, 1986).

Tanah adalah lapisan paling atas dari struktur lapisan bumi yang memiliki sifat yang tebal & biasanya tidak seragam mulai dari selaput tipis sampai lebih dari 3 meter yang berbeda dari bahan di bawahnya dalam hal : sifat biologi, fisis maupun kimiawinya (Marbut, 1914).

Menurut Ensiklopedi Indonesia, tanah adalah campuran bagian-bagian batuan dengan material serta bahan organik yang merupakan sisa kehidupan yang timbul pada permukaan bumi akibat erosi dan pelapukan karena proses waktu.

Permukaan planet terdiri atas bahan remah dan lepas yang disebut tanah, yang merupakan akumulasi dan campuran berbagai bahan, seperti unsur-unsur : Si, Al, Ca, Mg, Fe dan lain-lain (Thaer, 1909).

Menurut Jermana (1917) tanah sebagai bahan batuan yang sudah dirombak menjadi partikel-partikel kecil yang telah berubah secara kimiawi bersama-sama dengan sisa-sisa tumbuhan dan hewan yang hidup di dalam dan di atasnya.

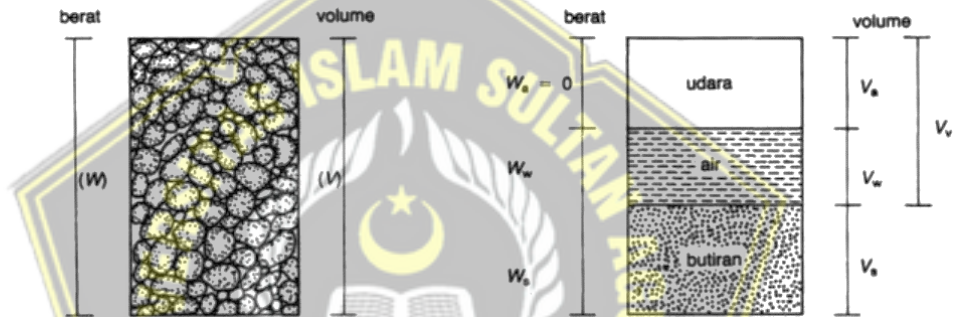
Joffe (1949) berpendapat bahwa tanah merupakan benda alam yang tersusun atas horison-horison yang terdiri dari bahan-bahan kimia mineral

dan bahan organik, biasanya tidak padu dalam hal morfologi fisik, kimia dan biologinya.

Tanah ialah campuran bahan padat yang berupa partikel-partikel kecil air dan udara yang mengandung hara dan dapat menumbuhkan tumbuhan (Mistscherlich, 1920).

2.2 Parameter Tanah

Tanah terdiri dari dua bagian, yaitu butiran padat (*solid*) & juga pori tanah (*void*) yang kemudian dibagi kembali menjadi udara (*air*) dan air (*water*). Sehingga elemen dalam tanah terdiri dari tiga fase elemen seperti pada yang ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Tiga Fase Elemen Tanah
(Das, 1995)

Dari Gambar 2.1 di atas dapat dilihat bahwa setiap elemen memiliki volume (V) dan berat (W) masing-masing, sehingga dapat dibuat hubungan seperti berikut ini:

$$V = V_s + V_v \dots\dots\dots(2.1)$$

$$V_v = V_a + V_w \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

- V = Volume total (m³)
- V_s = Volume butiran padat (*solid*) (m³)
- V_v = Volume pori tanah (*Void*) (m³)
- V_w = Volume air (*water*) (m³)
- V_a = Volume udara (*air*) (m³)

Untuk perhitungan berat, udara (*air*) dianggap tidak memiliki berat, sehingga total berat tanah dapat dinyatakan sebagai berikut ini:

$$W = W_s + W_w \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan :

W = Berat total (kN)

W_s = Berat butiran padat (*soil*) (kN)

W_w = Berat air (*water*) (kN)

Hubungan-hubungan antar parameter tanah tersebut di atas adalah sebagai berikut:

2.2.1 Kadar air (w)

Kadar air atau *water content* (w) dapat diartikan sebagai perbandingan antara berat air dengan berat butiran padat pada tanah sampel, dinyatakan dalam persentase.

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

2.2.2 Angka pori (e)

Angka pori (e) dapat diartikan dengan rasio seberapa besar rongga terhadap ruang padat, rongga atau pori-pori inilah yang nantinya akan berisi air atau udara. Nilai angka pori ini didapat dari rasio volume pori terhadap volume padat butiran.

$$e = \frac{V_v}{V_s} \dots \dots \dots (2.5)$$

2.2.3 Porositas (n)

Porositas (n) dapat diartikan sebagai rasio volume pori terhadap volume tanah total itu sendiri, dinyatakan dalam persentase.

$$n = \frac{V_v}{V} \times 100\% \dots \dots \dots (2.6)$$

2.2.4 Berat volume tanah basah (γ_b)

Berat volume tanah basah dapat diartikan sebagai perbandingan antara berat tanah per satuan volume.

$$\gamma_b = \frac{W}{V} = \frac{W_s + W_w}{V} \dots \dots \dots (2.7)$$

2.2.5 Berat volume tanah kering (γ_d)

Berat volume tanah kering dapat diartikan sebagai perbandingan antara berat tanah kering per satuan volume.

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

2.2.6 Derajat kejenuhan (S)

Derajat kejenuhan merupakan persentase antara volume air terhadap volume pori.

$$S = \frac{V_w}{V_v} \times 100\% \dots \dots \dots (2.9)$$

2.2.7 Kohesi (c)

Kohesi adalah gaya tarik - menarik antara partikel serupa. Kohesi digunakan sebagai penentu daya dukung tanah terhadap deformasi yang terjadi akibat tegangan yang bekerja dalam tanah. Nilai ini didapat dengan uji *Triaxial Test* dan *Direct Shear Test*. Nilai kohesi secara empiris dapat ditentukan dari data sondir (q_c) yaitu sebagai berikut :

$$c = \frac{q_c}{20} \dots \dots \dots (2.10)$$

2.2.8 Sudut geser dalam (ϕ)

Sudut geser dalam merupakan sudut pecah yang terbentuk jika tanah diberi gaya atau tegangan yang lebih daripada tegangan geser tanah tersebut.

Nilai sudut geser ini didapat dari pengujian *Triaxial test* & *Direct Shear Test*. Sama seperti kohesi, sudut geser dalam digunakan sebagai penentu daya dukung tanah terhadap deformasi, dapat dilihat pada Tabel 2.1 & Tabel 2.2 di bawah.

Tabel 2. 1 Besaran Sudut Geser dalam Tanah

Tingkat Kepadatan	Sudut Geser Dalam(ϕ)
Sangat Lepas	< 30
Lepas	30 – 35
Agak Padat	35 – 40
Padat	40 – 45
Sangat Padat	> 45

(*Sumber : Bowles, 1989*)

Tabel 2. 2 Hubungan Antara Sudut Geser Dalam dan Jenis Tanah

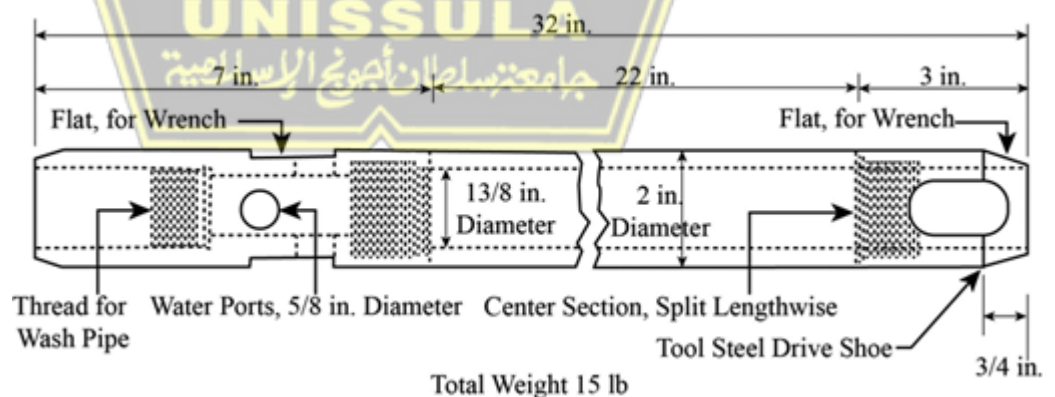
Jenis Tanah	Sudut Geser Dalam(ϕ)
Kerikil Kepasiran	35 – 40
Kerikil Kerakal	35 – 40
Pasir Padat	35 – 40
Pasir Lepas	30
Lempung Kelanauan	25 – 30
Lempung	20 – 25

(Sumber : Das, 1995)

2.2.9 Nilai *Standart Penetration Test* (N-SPT)

N-SPT merupakan nilai kekuatan tanah yang didapat melalui tes penetrasi. N-SPT juga dapat diartikan sebagai banyaknya tumbukan yang dibutuhkan untuk alat *Split Tube Sampler* dapat masuk seperti pada Gambar 2.2.

Agar alat *Split Tube Sampler* dapat masuk, maka dilakukan dengan menumbuk alat *hammer* dengan berat sekitar 63,5 kg yang ditumbukan dari ketinggian kurang lebih 75 cm, dan kemudian dapat di peroleh dan ketahui nilai N-SPT nya.



Gambar 2. 2 Tabung *split-spoon sampler*

(Whitman, 1969)

Nilai N-SPT memiliki korelasi dengan kepadatan tanah, berat volume tanah kering (γ_d), tekanan konus (q_c) dan sudut geser (θ) seperti pada Tabel 2.3 di bawah ini :

Tabel 2. 3 Hubungan N-SPT dengan kepadatan tanah, berat volume tanah kering (γ_d), sudut geser (θ) dan tekanan konus (q_c)

N-SPT	Kepadatan	Berat Volume Tanah Kering (γ_d)	Tekanan Conus (q_c) kg/cm^2	Sudut Geser (θ)
< 4	Sangat lepas	< 0,2	< 20	< 30
4 -10	Lepas	0,2 – 0,4	20 - 40	30 – 35
10 -30	Agak padat	0,4 – 0,6	40 – 120	35 – 40
30 -50	Padat	0,6 – 0,8	120 – 200	40 – 45
> 50	Sangat padat	0,8 – 1,00	> 200	> 45

(Sumber : Mayerhof, 1965)

Nilai N-SPT juga memiliki korelasi dengan kepadatan tanah, berat volume tanah jenuh (γ_{sat}) dan nilai kohesi seperti pada Tabel 2.4 dan Tabel 2.5 di bawah ini :

Tabel 2. 4 Hubungan nilai N-SPT dengan berat volume tanah jenuh

N-SPT	Kepadatan	γ_{sat} (kN/m^3)
0-2	Sangat lepas	16-19
2-4	Lepas	16-19
4-8	Agak padat	17-20
8-15	Padat	19-22
15-30	Sangat padat	19-22
>30	Sangat lepas	19-22

(Sumber : Whitman, 1969)

Tabel 2. 5 Hubungan nilai N-SPT dengan nilai kohesi

N-SPT	Kepadatan	C
0-2	Sangat lepas	12,5
2-4	Lepas	12,5-25
4-8	Agak padat	25-50
8-15	Padat	50-100
15-30	Sangat padat	100-200
>30	Sangat lepas	> 200

(*Sumber : Article stream stablitation project, 2007*)

2.2.10 Modulus Elastisitas *Young*

Nilai Modulus Elastisitas yang menampilkan besar nilai elastisitas tanah akibat rasio tegangan terhadap regangannya. Nilai Modulus Elastisitas (Es) dapat dilihat pada Tabel 2.6 di bawah ini :

Tabel 2. 6 Nilai Modulus Elastisitas pada beberapa Jenis Tanah

Jenis Tanah	Es (MPa)
Lempung	
Sangat lunak	2-15
Lunak	5-25
Sedang	15-40
Keras	50-100
Berpasir	25-250
Pasir	
Belanau	5-20
Tidak padat	10-25
Padat	20-80
Pasir dan Kerikil	
Padat	100-200
Tidak padat	50-250
Lanau	2-20
Loses	15-60
Cadas	140-1400

(*Sumber : Das, 1998*)

2.3 Klasifikasi Tanah

Klasifikasi tanah diciptakan umumnya agar dapat memberikan system informasi dasar terkait sifat fisis tanah dan karakteristiknya. Dari sifat fisis tanah dan karakteristiknya itulah dapat dikelompokkan kedalam kategori atau kelas dengan tanah yang memiliki sifat fisis dan karakteristik serupa. Sistem ini juga bermanfaat sebagai studi pengembangan yang lebih rinci terkait karakteristik tanah tersebut dan kebutuhan uji sifat teknis tanah seperti kekuatan tanah, berat volume dan lain-lain (Bowles, 1989).

Klasifikasi tanah merupakan sistem pengelompokan yang terstruktur dari beberapa jenis-jenis tanah yang mempunyai sifat yang sama menjadi beberapa kelompok & subkelompok yang didasari dengan tujuan pemakaiannya (Das, 1995).

Menurut istilahnya Klasifikasi tanah bisa juga diartikan menjadi suatu ilmu yang mendalami pengelompokan tanah sesuai dengan perbedaan karakteristik masing-masing jenis tanah. Sistem klasifikasi tanah adalah sebuah subjek yang mempelajari struktur dari sistem klasifikasi tanah, pengelompokan dari kelas-kelas yang digunakan sebagai penggolongan tanah, karakteristik yang menentukan pengelompokan tanah, hingga aplikasi di lapangan. Tanah dapat pula dianggap sebagai material maupun sumber daya.

Pengelompokan tanah sangat membantu untuk menentukan jenis tanah itu sendiri sehingga paham perlakuan apa yang perlu dilakukan dengan tanah tersebut. Pengelompokan tanah yang paling umum digunakan di Indonesia adalah sistem klasifikasi tanah *The United States Department of Agriculture (USDA)*, *Unified Soil Classification System (USCS)* & sistem klasifikasi tanah *The American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)*.

Tanah memiliki ukuran butiran yang beragam dan variatif, keanekaragaman ukuran butiran tersebut menjadi batasan cakupan menurut beberapa sistem klasifikasi, seperti pada Tabel 2.7 berikut ini.

Tabel 2. 7 Cakupan Golongan Tanah Berdasarkan Ukuran

Sistem Klasifikasi	Ukuran Butiran (mm)			
	Kerikil	Pasir	Lanau	Lempung
USDA	> 2	2 – 0,05	0,05 – 0,002	< 0,002
USCS	76,2 – 4,75	4,75 – 0,075	Butiran Halus (lanau & Lempung) < 0,075	
AASHTO	76,2 – 2	2 – 0,075	0,075 – 0,002	<0,002

(Sumber : Das, 1995)

2.3.1 The United States Department of Agriculture (USDA)

Sistem *The United States Department of Agriculture (USDA)* menggunakan batas ukuran butiran dari butiran tanah, sistem ini menggunakan presentase daripada komposisi tanah itu sendiri, dimana komposisi tanah dapat dikelompokan sebagai berikut:

- Pasir (*Sand*) : diameter butiran 2 mm - 0,05 mm
- Debu (*Silt*) : diameter butiran 0,05 mm - 0,002 mm
- Liat (*Clay*) : diameter butiran < 0,002 mm

Berikut merupakan segitiga tekstur tanah menurut USDA, dapat dilihat pada Gambar 2.3



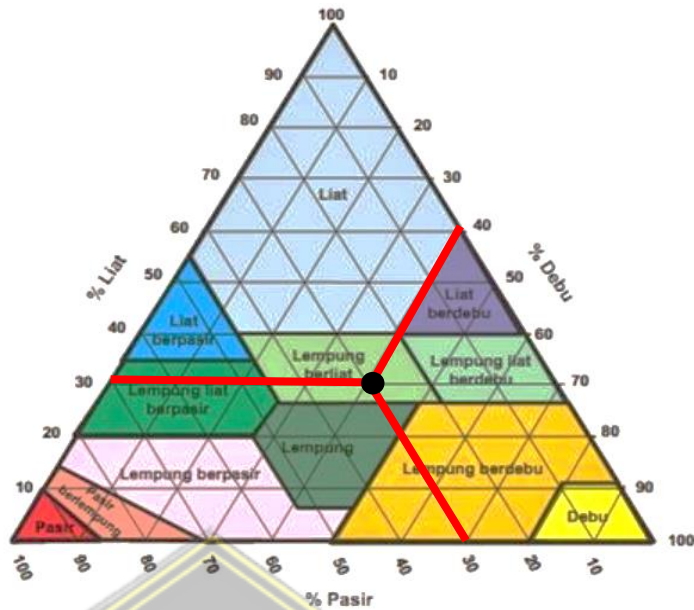
Gambar 2.3 Segitiga Tekstur Tanah
(Lembaga Penelitian Tanah, 1979)

Sistem USDA menggunakan presentase komposisi tanah yang didapat dari uji ayakan, yang kemudian dari hasil presentase tersebut diaplikasikan dengan segitiga klasifikasi USDA ini dan ditarik garis berdasarkan presentase tadi sehingga menghasilkan titik temu. Daerah titik temu tersebut merupakan golongan klasifikasi daripada tanah sampel yang digunakan.

USDA sendiri menggolongkan klasifikasi tanah menjadi 12 golongan sebagai berikut ini:

- Pasir
- Pasir Berlempung
- Lempung Berpasir
- Debu
- Debu Berlempung
- Lempung
- Lempung Liat Berpasir
- Liat Berpasir
- Lempung Berliat
- Lempung Liat Berdebu
- Liat Berdebu
- Liat

Sebagai contoh aplikasi umpamakan sampel tanah dengan komposisi 30% pasir, 40% debu & 30% liat.



Gambar 2.4 Contoh Aplikasi USDA
(Lembaga Penelitian Tanah, 1979)

Dari contoh aplikasi pada Gambar 2.4 di atas dapat disimpulkan dari titik temu tanah sampel yang dimiliki merupakan tanah Lempung Berliat.

2.3.2 Unified Soil Classification System (USCS)

Sistem klasifikasi yang pertama kali dipublikasikan oleh Casagrande tahun 1942 agar digunakan pada pekerjaan konstruksi lapangan terbang yang dilakukan oleh *The Army Corps of Engineers* pada Perang Dunia ke-II. Masa ini sistem klasifikasi ini digunakan secara umum oleh para ahli geoteknik. Secara garis besar sistem ini menggolongkan tanah menjadi dua golongan, yaitu:

- a. Tanah Berbutir Kasar, untuk jenis tanah dengan 50% atau lebih tertahan saringan no.200 (0,075 mm) kemudian digolongkan kembali menjadi Kerikil apabila 50% atau lebih tertahan saringan no.4 (4,75 mm) dan Pasir apabila 50% atau lebih lolos saringan no.4 (4,75 mm). Simbol kelompok ini diawali oleh huruf G untuk Kerikil (*Gravel*) dan S untuk Pasir (*Sand*). Klasifikasi tanah jenis ini menggunakan Tabel 2.8.

Tabel 2. 8 Klasifikasi Tanah Berbutir Kasar Menurut USCS

Divisi		Simbol Kelompok	Nama Jenis	Kriteria Klasifikasi	
Kerikil 50% atau lebih dari fraksi kasar terahan saringan no. 4 (4,75 mm)	Kerikil bersih (sedikit atau tak ada butiran halus)	GW	Kerikil gradasi baik dan campuran pasir-kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus.	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW	
		GP	Kerikil gradasi buruk dan campuran pasir-kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus.		
	Kerikil banyak kandungan butiran halus	GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau	Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $PI > 7$ Bila batas Atterberg berada di daerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol ganda	
		GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung		
	Pasir lebih dari 50% fraksi kasar lolos saringan no. 4 (4,75 mm)		SW	Pasir gradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus.	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 60$ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ atau 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW
			SP	Pasir gradasi buruk, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus.	
Pasir bersih kandungan butiran halus		SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau	Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $PI > 7$ Bila batas Atterberg berada di daerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol ganda	
		SC	Pasir berlanau, campuran pasir-lempung		

Klasifikasi berdasarkan persentase butiran halus. Kurang dari 50% lolos saringan no. 200: GM, GP, SW, SP. Lebih dari 12% lolos saringan no. 200: GM, GC, SM, SC. 5% - 12% lolos saringan no. 200: Batasan klasifikasi yang mempunyai simbol ganda

(Sumber : Das, 1995)

- b. Tanah Berbutir Halus, untuk jenis tanah dengan 50% atau lebih lolos saringan no.200 (0,075 mm). Simbol kelompok ini diawali huruf M untuk lanau (*Silt*) anorganik, C untuk lempung (*Clay*) anorganik, O untuk tanah lanau-organik maupun lempung-organik dan P untuk Gambut (*Peat*) dengan kandungan organik yang tinggi. Klasifikasi tanah jenis ini menggunakan Tabel 2.9

Tabel 2. 9 Klasifikasi Tanah Berbutir Halus Menurut USCS

Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos saringan no. 200 (0,075 mm)	Lanau dan lempung batas cair 50% atau kurang	ML	Lanau tak organik dan pasir sangat halus, serbuk batuan atau pasir halus berlanau atau bertempung	<p>Diagram plastisitas: Untuk mengklasifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dan tanah berbutir kasar. Batas afterberg yang termasuk dalam daerah yang diarsir ber- arti batasan klasifikasinya menggunakan dua simbol.</p> <p>Batas Cair LL (%) Garis A: $PI = 0,73 (LL - 20)$</p>	
		CL	Lempung tak organik dengan plastisitas rendah sampai se- dang, lempung berkerkil, lem- pung berpasir, lempung ber- lanau, lempung kurus ('clean clays')		
	Lanau dan lem- pung batas cair > 50%	OL	Lanau organik dan lempung berlanau organik dengan plas- tisitas rendah		
		MH	Lanau tak organik atau pasir halus diatomae, lanau elastis.		
		CH	Lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung ge- muk ('fat clays')		
		OH	Lempung organik dengan plas- tisitas sedang sampai tinggi		
	Tanah dengan organik tinggi		Gambut ('peat'), dan tanah lain dengan kandungan or- ganik tinggi		Manual untuk identifikasi secara visual da- pat dilihat ASTM Designation D-2488

(Sumber : Das, 1995)

2.3.3 Sistem Klasifikasi AASHTO

Klasifikasi ini dipublikasikan pada tahun 1929 sebagai *Public Road Administration Clasification System*. Klasifikasi ini mengalami beberapa perbaikan dan perubahan, versi yang hingga saat ini digunakan adalah yang kembangkan oleh *Committee on Classification of Materials for Subgrade and Granular Type Road of the Highway 13 Research Board* pada tahun 1945 (ASTM Standart no. D-3282, AASHTO metode M145).

Pada sistem ini secara garis besar dibagi menjadi dua, yaitu Tanah Berbutir (35% atau kurang lolos ayakan no. 200 (0,075 mm) & Tanah Lanau-Lempung (Lebih dari 35 % lolos ayakan no. 200 (0,075 mm). Selanjutnya diklasifikasikan kembali menjadi kelompok-kelompok, seperti : A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6 & A-7, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.10.

Tabel 2. 10 Klasifikasi Tanah Menurut AASHTO

Perhatikan bahwa A-8, gambut dan rawang ditentukan dengan klasifikasi visual dan tidak diperlihatkan dalam tabel.

Klasifikasi umum	Bahan-bahan (35% atau kurang melalui No. 200)							Bahan-bahan lanau-lemung (Lebih dari 35% melalui No. 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Klasifikasi kelompok	A-1a	A-1b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5; A-7-6:
Analisis saringan: Persen melalui: No. 10 No. 40 No. 200	50 maks. 30 maks. 15 maks.	50 maks. 25 maks.	51 maks. 10 maks.	35 maks.	35 maks.	35 maks.	35 maks.	36 min.	36 min.	36 min.	36 min.
Karakteristik fraksi melalui No. 40 Batas cair: Indeks plastisitas	6 maks.		N.P.	40 maks. 10 maks.	41 min. 10 maks.	40 maks. 11 min.	41 maks. 10 maks.	40 maks. 10 maks.	41 min. 10 maks.	40 maks. 10 min.	41 maks. 11 min.
Indeks kelompok	0		0	0		4 maks.		8 maks.	12 maks.	16 maks.	20 maks.
Jenis-jenis bahan pendukung utama	Fragmen batuan, kerikil, dan pasir		Pasir halus	Kerikil dan pasir berlanau atau berlemung				Tanah berlanau		Tanah berlemung	
Tingkatan umum sebagian tanah dasar	Sangat baik baik sampai baik							sedang sampai buruk			

Untuk : A-7-5 : PI LL – 30 NP = Non plastis
 Untuk : A-7-6 : PI LL – 30

(Sumber : Das, 1995)

2.4 Tanah Longsor

Menurut Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (2005), Tanah longsor adalah perpindahan material lereng yang dapat berupa tanah, bahan rombakan, batuan, atau material komposit, bergerak menuju arah ke bawah ke luar bentuk eksisting lereng. Proses tanah longsor umumnya dapat diartikan sebagai berikut ini, dimulai dari air yang meresap ke dalam tanah melalui permukaan lereng sehingga akan menambah bobot tanah. Jika air tersebut sudah menembus hingga tanah kedap air maka susunan tanah di atasnya menjadi licin sehingga tanah di atasnya akan mengalami pergerakan mengikuti bidang longsor lereng dan ke luar dari susunan lereng.

Tanah longsor adalah suatu bentuk pergerakan tanah dimana gerakan massa tanah ataupun pengangkutan material tanah terjadi pada satu waktu dalam volume yang besar (Suripin, 2002).

Tanah longsor merupakan pergerakan massa tanah pada satu waktu yang tidak membutuhkan media seperti air, udara atau es sebagai transportasi. Kejadian tanah longsor ini bukanlah hanya sebatas kata "tanah" dan

"longsor". Penggunaan kata "tanah longsor" memiliki makna yang jauh lebih luas (Dikau dkk, 1996).

2.4.1 Jenis-Jenis Tanah Longsor

Faktor terjadinya tanah longsor secara umum dapat digolongkan menjadi tiga golongan yaitu : kondisi material tanah dan batuan, proses fisis, proses geomorfologi dan akibat perbuatan manusia (Popescu, 2002).

Menurut Varnes (1978) mengklasifikasi tanah longsor menjadi 6 tipe yaitu *falls* (Runtuhan), *topples* (jungkiran), *slides* (longsoran), *lateral spread* (hamparan lateral), *flows* (aliran) dan *complex/compound* (kompleks atau gabungan), seperti pada Tabel 2.11 & Gambar 2.5 berikut.

Tabel 2. 11 Jenis Tanah Longsor Menurut Varnes

Tipe Pergerakan Tanah		Jenis Material		
		Batuan (<i>Bedrock</i>)	Tanah Teknik	
			Berbutir Kasar	Berbutir Halus
Runtuhan		Runtuhan Batuan	Runtuhan Lumpur	Runtuhan Tanah
Jungkiran		Jungkiran Batuan	Jungkiran Lumpur	Jungkiran Tanah
Longsoran	Rotasi	Longsor Batuan	Longsor Lumpur	Longsor Tanah
	Translasi			
Hamparan Lateral		Hamparan Batuan	Hamparan Lumpur	Hamparan Tanah
Aliran		Aliran Batuan	Aliran Lumpur	Aliran Tanah
Kompleks		Gabungan dari dua (atau lebih) jenis gerakan		

(Sumber : Varnes, 1978)

Material Tipe Pergeseran		BATUAN	LUMPUR (bahan rombakan)	TANAH
JATUHAN	Reruntuhan Batuan	Bidang Gores, Rock Fall Scarp, Debris	Bidang Gores, Rock, Kerucut Puing	Bidang Gores, Longsoran Tanah, Kerucut Puing, Koluvium
	Robohan Batuan	Robohan Batuan	Lumpur, Kerucut Puing	Retakan, Pung tanah, Debris cone
GELINCIRAN	Rotasi	Rotasi Tunggal, Failure surface	Multi Rotasi, Mahkota Kepala, Kepingan, Bidang Gelincir, Failure surface, Lidah	Gelincir Bersusun
	Translasi	Longsor Batuan	Longsoran Lumpur	Longsoran Tanah
RAYAPAN	Normal sub-horizontal structure, Gully, Camber slope, Dip and fault structure, Valley bulge (planned off by erosion), Thinning of beds, Plane of decollement, Competent substratum, Batuan Penutup, Lempung Serpih			Rayapan Tanah
ALIRAN	Aliran Lumpur dan Salju	Aliran Bahan Rombakan	Aliran Tanah	
CAMPURAN	Luncuran lumpur disertai runtuh bahan rombakan			Multi Rotasi dan Translasi

Gambar 2. 5 Jenis Longsoran
(Varnes, 1978)

2.4.2 Faktor Penyebab Longsor

Menurut DVMBG (Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (2005)), tanah longsor dapat terjadi karena faktor alam dan faktor manusia sebagai faktor penyebab tanah longsor terjadi, yaitu:

a. Hujan

Tanah longsor biasanya banyak terjadi pada saat musim penghujan tiba. Pada musim kering dengan waktu yang Panjang maka akan menyebabkan tanah menjadi mengering dan menguap bahkan menciptakan retakan pada permukaan sehingga dapat menciptakan rongga pada struktur tanah, Saat hujan tiba maka air dengan intensitas yang banyak akan masuk melalui celah-celah tersebut, sehingga mengisi kekosongan pada pori tanah yang menguap saat musim kering. Pada saat seperti inilah air yang masuk ke dalam pori tanah tersebut menyebabkan tanah menjadi jenuh sehingga menyebabkan struktur tanah menjadi lemah dan menyebabkan terjadinya pergerakan akibat struktur tanah sudah tidak kuat menahan beban lereng sehingga menimbulkan gerakan lateral. Maka sebaiknya lereng ditanam dengan berbagai tanaman dan pohon agar dapat mencegah longsor dengan menyerap air yang masuk kedalam rekahan tanah, dan akarnya dapat membantu memperkuat struktur tanah lereng.

b. Bentuk Lereng yang Terjal

Bentuk lereng yang terjal akan memperbesar gaya dorong. Bentuk lereng seperti ini biasanya terbentuk akibat erosi atau pengikisan akibat aliran sungai, air dan longsor yang terjadi sebelumnya. Berikut merupakan contoh terjadinya longsor akibat bentuk lereng eksisting yang terjal seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.6.



Gambar 2. 6 Lereng Terjal

(DVMBG, 2005)

c. Tanah yang tebal dan kurang padat

Jenis tanah lempung ataupun liat yang memiliki sudut lereng $> 22^{\circ}$ dan ketebalan $> 2,5\text{m}$ merupakan jenis tanah yang kurang padat. Tanah dengan karakteristik ini memiliki kemungkinan besar terjadi tanah longsor karena memiliki rongga, yang dapat menyebabkan masuknya air kedalam struktur tanah yang dapat dilihat pada Gambar 2.7 berikut.



Gambar 2. 7 Tanah Kurang Padat dan Tebal

(DVMBG, 2005)

d. Batuan lemah

Batuan endapan yang terbentuk akibat aktivitas vulkanis dan batuan sedimentasi berukuran seperti pasir dan campuran antara kerikil koral, pasir dan liat pada dasarnya memiliki kekuatan yang rendah, tipikal batuan dengan karakteristik seperti ini mudah mengalami pelapukan dan rentan terjadinya longsor, seperti contoh Gambar 2.8.



Gambar 2. 8 Batuan yang Kurang Kuat
(DVMBG, 2005)

e. Jenis Tata Manfaat lahan

Pada lahan yang dimanfaatkan sebagai lahan persawahan maupun ladang dan tercipta genangan air pada lereng longsor akan rentan terjadi. Pada lahan yang dimanfaatkan sebagai sawah akan menjadi lemah dan lembek akibat akar kurang kuat untuk mengikat butiran tanah sehingga pergerakan bisa terjadi kapan saja. Sedangkan untuk lahan yang dimanfaatkan sebagai ladang, akar pepohonan tidak dapat menembus bidang longsor yang dalam dan umumnya dapat terjadi longsor. Berikut merupakan gambaran jenis tata lahan pada Gambar 2.9.



Gambar 2. 9 Jenis Tata Manfaat Lahan

(*DVMBG, 2005*)

f. Getaran

Getaran biasanya dapat terjadi akibat beberapa faktor seperti gempa bumi, getaran mesin, getaran lalu lintas kendaraan bahkan getaran akibat ledakan. Dari beberapa faktor tersebut akan timbul retakan pada tanah disekitarnya. Berikut longsor akibat gempa bumi seperti Gambar 2.10.



Gambar 2. 10 Longsor Akibat Gempa Bumi

(*DVMBG, 2005*)

g. Adanya beban tambah

Adanya beban tambah seperti beban bangunan diatas lereng, beban kendaraan yang melintas diatas timbunan tanah maka akan memperbesar gaya dorong yang menjadi faktor penyebab longsor, terutama pada jalan disekitar tikungan jalan pada daerah lembah dan mengakibatkan retakan dan penurunan susunan tanah menuju arah lembah.

h. Susutnya muka air pada bendungan atau danau

Susut muka air pada bendungan atau danau yang cepat akan mengakibatkan gaya penahan pada lereng berkurang bahkan hilang, dengan sudut miring waduk sekitar 22° mudah terjadinya penurunan tanah dan longsor yang kemudian diikuti oleh terjadinya retakan.

i. Adanya material timbunan pada tebing

Untuk memperluas lahan pemukiman / jalan pada daerah lembah biasanya dilakukan timbunan tanah, dan biasanya timbunan ini belum terpadatkan secara sempurna seperti tanah eksisting yang ada dibawahnya. Maka rentan mengalami retakan bahkan longsor.

j. Pengikisan / Erosi

Erosi banyak terjadi oleh aliran sungai ke arah tebing. Selain itu akibat pembabatan hutan didaerah sekitar tikungan sungai.

k. Bekas longsor lama

Bekas longsor eksisting pada dasarnya terjadi selama dan setelah pengendapan material vulkanis pada lereng yang terjal. Bekas longsor lama memiliki ciri:

- a. Adanya lereng terjal yang Panjang seperti bentuk tapal kuda;
- b. Umumnya terdapat mata air, pepohonan yang relative lebat karena memiliki tanah yang gembur dan subur;

- c. Lereng longsor bagian atas relatif landai;
- d. Terdapat longsoran kecil pada tebing;
- e. Terdapat tebing terjal yang merupakan bekas daripada longsor sebelumnya;
- f. Terdapat alur lembah dan retakan maupun longsor kecil pada tebing.

l. Adanya bidang tak bersambung

Bidang diskontinuitas (tidak tak bersambung) ini memiliki ciri seperti:

- a. Pelapisan batuan;
- b. Perbatasan antara batuan dasar dan tanah di atasnya;
- c. Perbatasan antara batuan kuat dan batuan retak;
- d. Perbatasan antara batuan yang kedap air dengan batuan yang dilewati oleh air;
- e. Perbatasan antara tanah padat dengan tanah lunak.

Bidang seperti di atas merupakan bidang-bidang yang lemah dan dapat digunakan sebagai bidang gelincir pada lereng.

m. Pembabatan hutan

Pembabatan hutan menyebabkan pengikatan air menjadi kurang, sehingga rentan terjadi longsor.

n. Pemotongan Lereng

Pemotongan lereng yang sengaja dilakukan untuk berbagai kepentingan, penambangan maupun penggalian yang begitu tegak lurus dapat menimbulkan longsor, karena sudut geser yang relatif kecil.

o. Daerah pembuangan sampah

Penggunaan manfaat lahan menjadi tempat pembuangan sampah dalam jumlah yang relatif banyak dapat mengakibatkan tanah menjadi longsor apalagi ditambah saat hujan deras terjadi.

2.5 Perkuatan Lereng

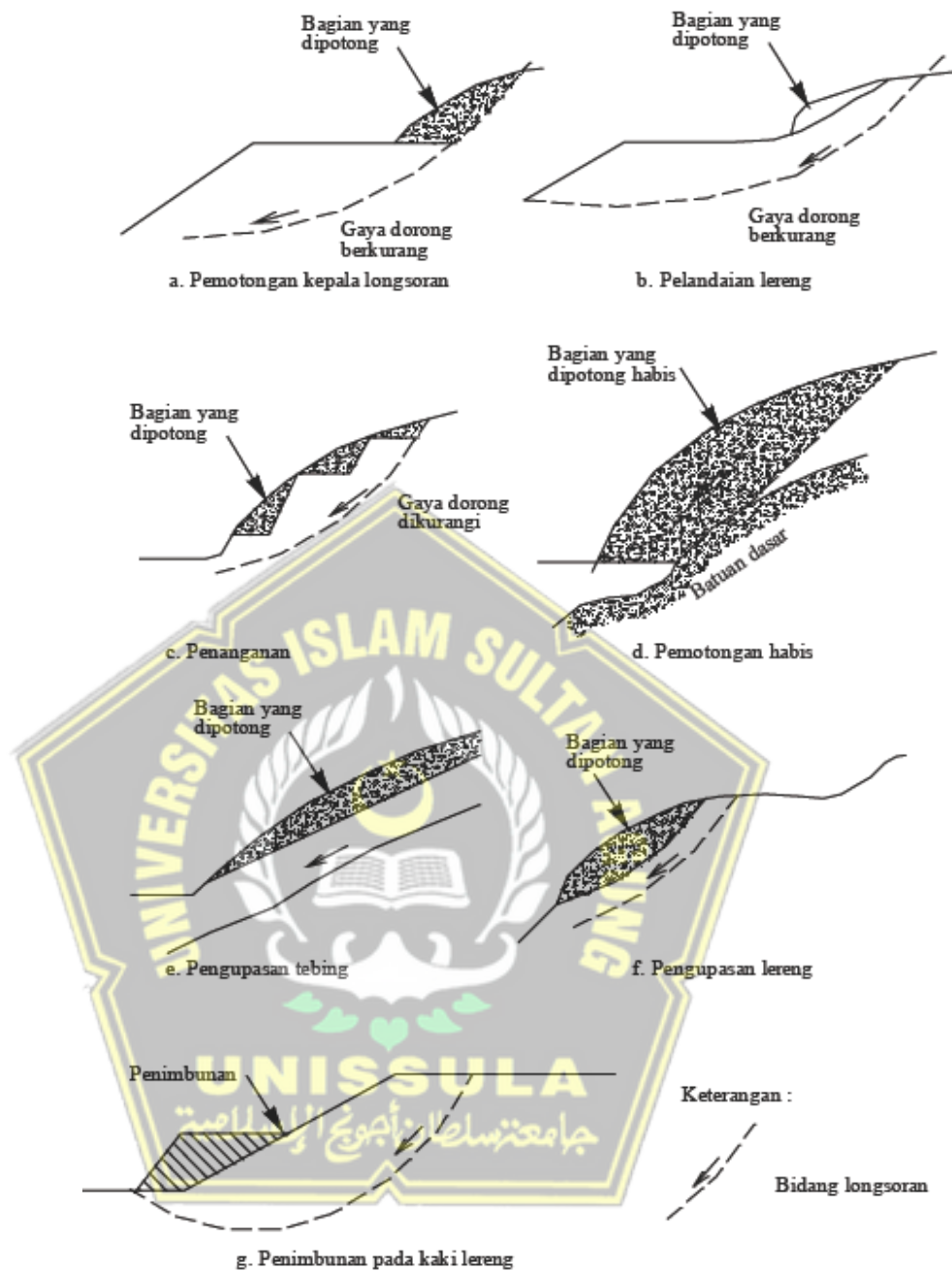
Perkuatan lereng merupakan upaya-upaya yang dilakukan dengan maksud & tujuan untuk memperkuat stabilitas lereng. Dalam Pedoman Konstruksi & Bangunan Departemen Pekerjaan Umum, Nomor : Pd T-09-2005-B tentang Penanganan Rekayasa Keruntuhan Lereng Pada Batuan dan Tanah Residu dijelaskan bahwa tipe-tipe perkuatan / penganggulangan longsor adalah sebagai berikut ini:

2.5.1 Perubahan bentuk geometri lereng

Perubahan bentuk geometri lereng dapat dilakukan dengan evaluasi bentuk lereng dengan timbunan maupun galian (*cut&fill*). Bagian yang digali dilakukan untuk menyesuaikan bentuk keruntuhan lereng, sedangkan dilakukan pada bagian kaki lereng sebagai perkuatan terhadap gaya dorong tanah. Galian bentuk lereng dapat dibagi menjadi galian kepala, pelandaian sudut lereng, galian seluruh lereng, pengupasan permukaan tebing dan lereng.

Perlu diketahui bahwa dampak positif dari penggalian lereng adalah untuk mengurangi tegangan yang terjadi. Hal ini dapat diraih dengan melakukan galian di bagian yang lebih banyak menyebabkan tegangan tangensial daripada tahanan geser lereng. Sebagai contohnya dapat kita lakukan galian dibagian ujung kaki lereng untuk mengurangi tahanan gesernya. Cara ini dapat dilakukan hanya untuk keruntuhan lereng dengan massa material longsor yang relatif kecil baik untuk pencegahan maupun perbaikan dan juga perlu memperhitungkan kemungkinan baru yang menjadi faktor penyebab keruntuhan lereng baru.

Pengubahan bentuk lereng dengan timbunan dapat dilakukan dengan memberikan timbunan sebagai beban pada daerah kaki lereng yang dimanfaatkan sebagai penahan gaya dorong dari dalam tanah. Tipikal pengubahan bentuk lereng dapat digambarkan dengan berbagai bentuk seperti pada Gambar 2.11 dibawah ini.



Gambar 2. 11 Tipikal Perubahan Geometri Lereng
 (Departemen PU, 2005)

2.5.2 Mengendalikan air permukaan

Pengendalian air permukaan ini bertujuan untuk mengurangi gaya dorong tanah yang menyebabkan terjadinya gerakan tanah yang disebabkan oleh berat massa tanah dan sebagai perkuatan. Dua hal

yang perlu diperhatikan dengan baik adalah air yang mengalir pada permukaan dan air yang masuk melalui rekahan di permukaan lereng. Setiap usaha harus dilakukan untuk mengalihkan air permukaan yang menuju daerah rawan keruntuhan lereng, sedangkan air yang masuk ke dalam lereng harus diupayakan untuk dapat keluar dari badan lereng. Maka dari itu evaluasi drainase permukaan lereng harus dilakukan dengan cara-cara seperti berikut ini:

a. Menanam tumbuhan

Hal ini dilakukan untuk mencegah pengikisan tanah pada permukaan lereng dan mengurangi peresapan air melalui pori dan rekahan permukaan lereng.

b. Evaluasi aliran

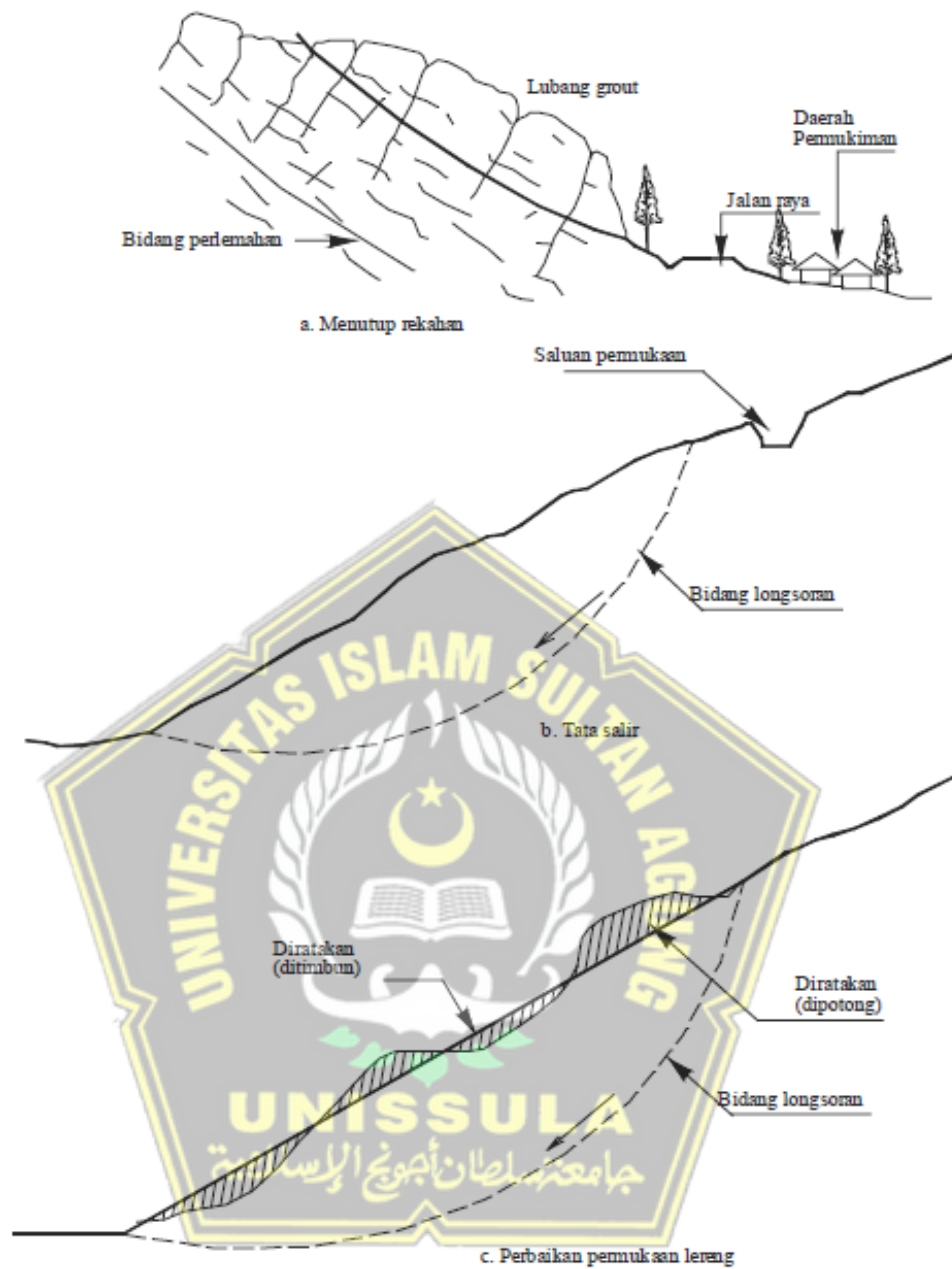
Evaluasi aliran air permukaan / tata salir sebaiknya dilakukan pada bagian luar dari keruntuhan lereng dan mengelilingi bagian tersebut, sehingga mampu mencegah terjadinya aliran limpuhan yang datang dari atas. Untuk evaluasi saluran terbuka pada daerah keruntuhan lereng harus dibuat dengan kemiringan sedemikian rupa sehingga dapat mengalirkan air dengan cepat agar mencegah air masuk ke dalam badan lereng yang dapat menciptakan keruntuhan lereng kembali.

c. Menutup retakan

Hal ini dilakukan dengan upaya untuk mencegah masuknya air yang masuk dari permukaan lereng yang nantinya akan menyebabkan tanah menjadi jenuh.

d. Evaluasi permukaan lereng

Evaluasi ini dilakukan dengan maksud untuk membuat permukaan lereng menjadi rata tanpa menciptakan cekungan maupun tonjolan agar aliran mampu mengalir dengan cepat melalui permukaan lereng, Berikut pengendalian air permukaan pada Gambar 2.12.



Gambar 2. 12 Tipikal Penanggulangan Pengendalian Air Permukaan
(Departemen PU, 2005)

2.5.3 Pengendalian air yang masuk ke dalam badan lereng

Pengendalian ini dimaksudkan untuk mengeringkan atau menurunkan muka air tanah dalam lereng, metode ini biasanya cukup susah dilakukan dan memerlukan penelitian secara rinci.

Metode yang dapat dilakukan untuk mengendalikan air yang masuk adalah sebagai berikut ini:

a. Sumur dalam (*deep well*)

Metode sumur dalam (*deep well*) telah banyak dilakukan untuk memperbaiki keruntuhan lereng yang bidang gelincirnya cukup dalam. Metode ini memiliki nilai konstruksi yang cukup mahal karena perlu dilakukan pemompaan secara terus-menerus. Pada metode ini biasanya dipasang indikator yang menandakan muka air tanah sebagai acuan waktu kapan pemompaan harus dilakukan.

b. Saluran tegak (*vertical drain*)

Saluran tegak dilakukan untuk mengalirkan air tanah ke lapisan yang lulus air dibawahnya dan akhirnya dapat menurunkan tekanan hidrostatik yang terjadi. Efektif tidaknya metode ini tergantung dari kondisi air tanah dan lapisannya.

c. Saluran mendatar (*horizontal drain*)

Metode ini dibuat untuk menyalurkan air ataupun menurunkan muka air tanah pada daerah keruntuhan. Saluran mendatar ini digunakan pada daerah keruntuhan yang cukup besar dengan bidang longsor yang cukup dalam dengan membuat lubang hampir mendatar hingga mencapai titik sumber air. Selanjutnya air disalurkan dengan menggunakan pipa dengan diameter minimal 5cm yang dindingnya sudah dilubangi. Penempatan saluran pipa ini tergantung dari jenis material tanah yang akan diturunkan muka air tanahnya. Untuk material tanah dengan jenis butiran yang halus maka jarak antar pipa antara 3-8 meter & material butiran yang kasar dengan jarak 8-15 meter.

d. Sumur pelega (*relief well*)

Metode ini dianggap efektif untuk menanggulangi terjadinya keruntuhan lereng yang berukuran relatif kecil yang disebabkan akibat masuknya air permukaan. Metode ini dibuat dengan cara melakukan penggalian pada sisi bagian kaki lereng dan galian ini harus segera ditimbun kembali dengan bebatuan. Hal ini dilakukan untuk menjaga agar lereng tidak kehilangan gaya penahannya yang dapat menjadi faktor penyebab terjadi kembali keruntuhan lereng yang lebih besar.

e. Pelantar (*drainage gallery*)

Metode ini dinilai cukup efektif dalam hal menurunkan muka air tanah pada daerah keruntuhan lereng yang cukup besar, namun dengan begitu metode pelaksanaannya cukup sulit dan membutuhkan biaya yang besar. Pelantar lebih banyak dilakukan di lapisan batu, karena pada dasarnya membutuhkan penyangga yang sedikit dibandingkan apabila dilakukan pada lapisan tanah.

Hal ini bertujuan agar menjaga gaya penahan lereng.

f. Saluran liput (*blanket drain*)

Metode ini dilakukan dengan cara memasang saluran diantara lereng eksisting dan timbunan yang sebaiknya dilakukan pengupasan pada lereng eksisting sampai mencapai lapisan tanah kerasnya. Sebelum saluran ini dipasang, material berbutir dari saluran ini dihamparkan terlebih dulu untuk menutupi seluruh permukaan lereng eksisting yang akan ditimbun nantinya, air yang mengalir melalui saluran pemotong ini ditampung pada saluran terbuka yang berada di bawah kaki lereng timbunan.

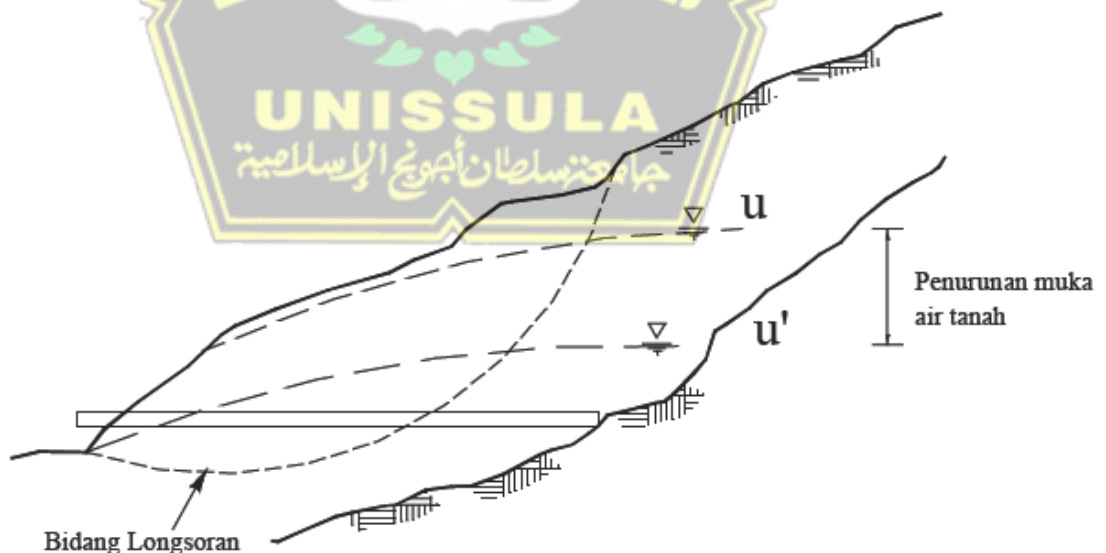
g. Elektro-osmosis

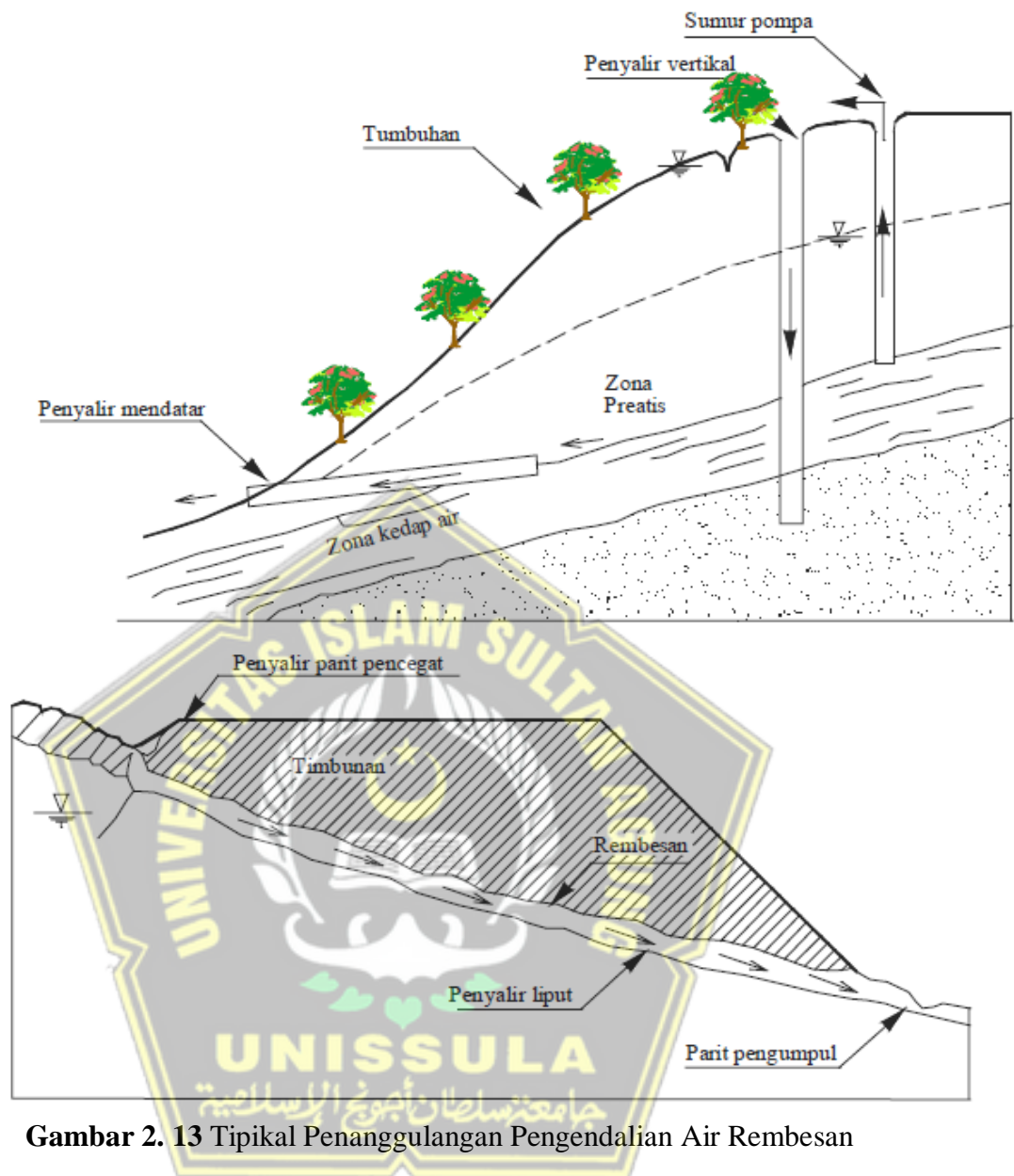
Elektro-osmosis ini dilakukan secara kimiawi dengan menempatkan dua elektroda sampai lapisan jenuh air yang nantinya akan dikeringkan, kemudian dialiri arus listrik yang searah. Arus listrik tersebut menyebabkan air pori mengalir dari anoda menuju ke katoda. Elektroda dibuat sedemikian rupa dengan fungsi mengurangi kadar air pori sehingga meningkatkan gaya penahan lereng.

h. Penyalur pemotong (*interceptor drainage*)

Saluran pemotong ini dibuat untuk memotong aliran air tanah yang masuk ke dalam daerah runtuh. Saluran ini digali pada bagian permukaan hingga lapisan kedap air, sehingga air tanah dialurkan melalui saluran tersebut. Saluran ini dibuat pada dasar galian dalam bentuk pipa yang sudah dilubangi bagian dindingnya.

Berikut pengendalian air rembesan pada Gambar 2.13.





Gambar 2. 13 Tipikal Penanggulangan Pengendalian Air Rembesan
(Departemen PU, 2005)

2.5.4 Penambatan

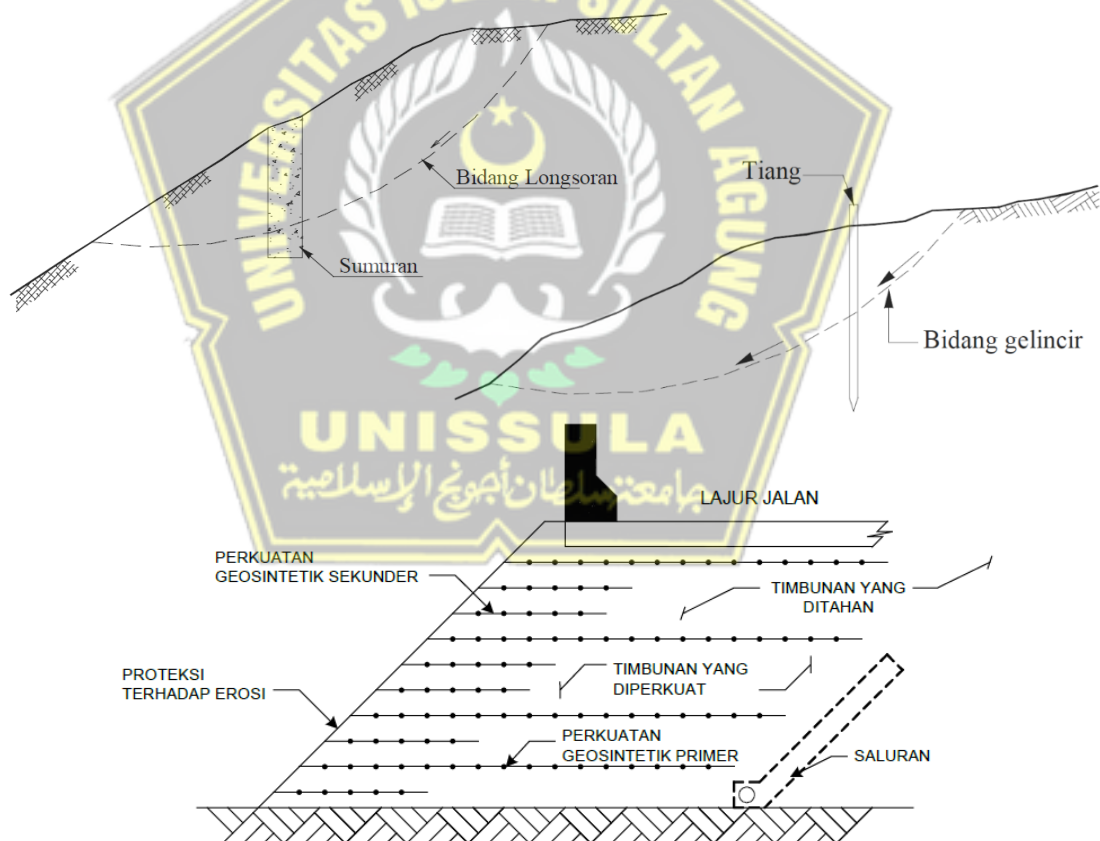
Metode ini dikenal juga sebagai penempatan struktur perkuatan yang merupakan usaha dan upaya yang cara perbaikannya mengikat atau menahan material tanah maupun batuan yang bergerak, berikut ini macam-macam tipe penanganan dengan metode penambatan sesuai dengan material lerengnya:

a. Penambatan lereng yang susunannya berupa tanah

Penambatan untuk jenis lereng seperti ini dapat diupayakan dengan membuat bangunan penambat sebagai berikut:

- Bronjong (*gabions*);
- Dinding penahan tanah (*retaining wall*);
- Geosintetis;
- Pondasi sumuran;
- Pondasi tiang / pancang ;
- Perkuatan tanah;
- Dan lain-lain.

Metode stabilisasi lereng tanah seperti pada Gambar 2.14.



Gambar 2. 14 Macam - Macam Metode Stabilisasi Lereng Tanah

(Departemen PU, 2005)

b. Penambatan lereng batuan

Penambatan pada lereng batuan perlu dilakukan saat lereng mengalami ekskavasi materialnya untuk memastikan stabilitas selanjutnya. Berikut metode-metode yang dapat dilakukan antara lain :

- Penyekalaan

Boulder atau blok batuan harus segera dipindahkan dari permukaan lereng yang terekspos. Blok batuan yang berpotensi runtuh dan tidak stabil harus dipindahkan dengan hati-hati.

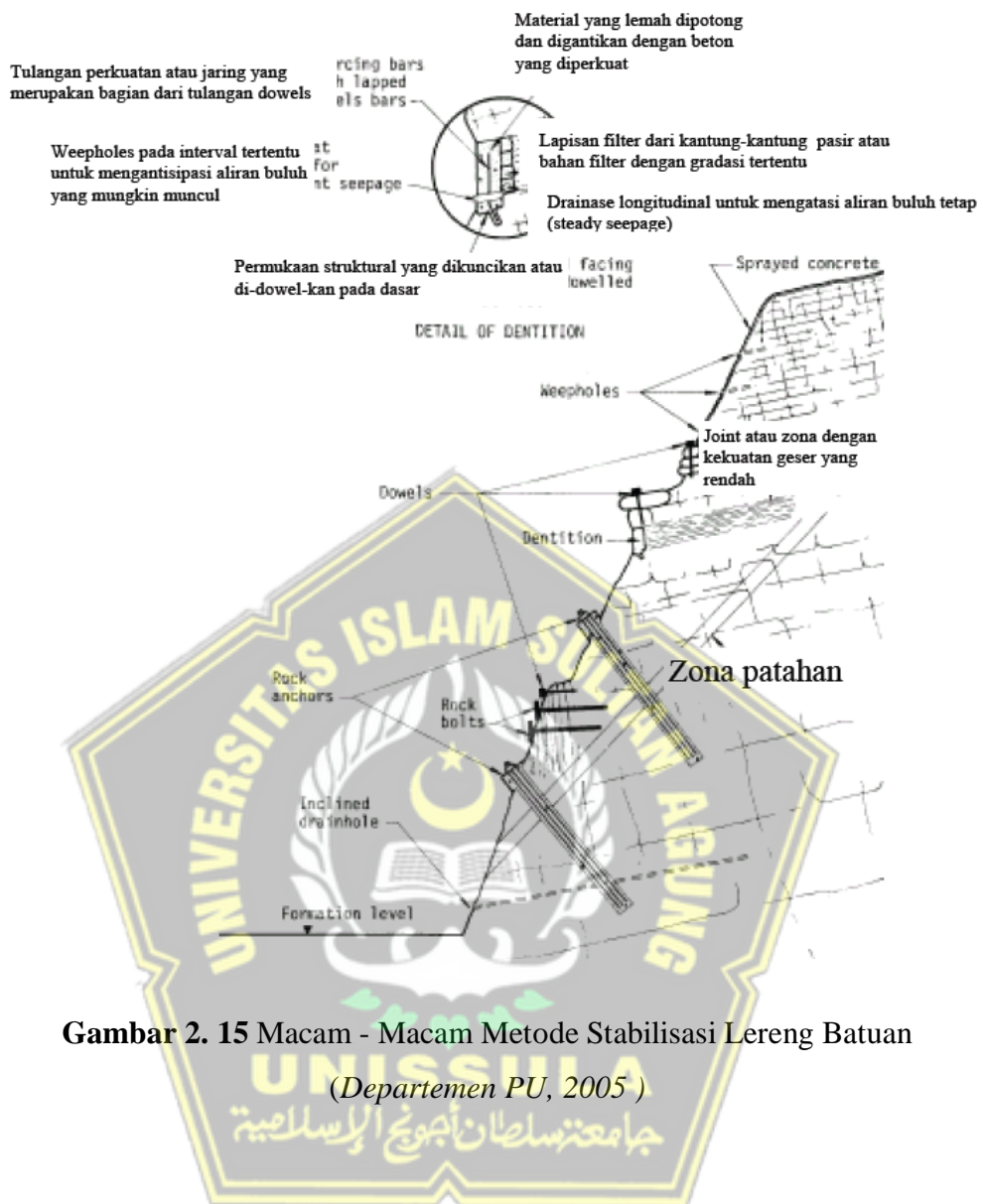
- Dinding penopang isian batu (*Buttresses*)

Metode ini dibangun untuk menahan blok batuan yang berpotensi runtuh dan tidak stabil, terbuat dari pasangan batu dengan struktur gravitasi maupun dengan beton dan dapat ditambahi perkuatan dengan angkur (*soil nailing*) untuk meningkatkan gaya penahan lereng, pada daerah belakang struktur ini perlu dibuat drainase untuk mencegah tekanan air yang terjadi pada celah batuan yang merekah.

- Dentisi





Metode ini dilakukan dengan memindahkan ikatan material yang lembut pada bagian permukaan batuan, selanjutnya bagian tersebut diisi dengan material *grouting* yang sesuai, dilindungi oleh beton maupun struktur pasangan batu dengan maksud mencegah erosi kembali.

Metode stabilisasi lereng batuan dapat dilihat pada Gambar 2.15 & Gambar 2.16 dibawah ini.



Gambar 2. 15 Macam - Macam Metode Stabilisasi Lereng Batuan
 (Departemen PU, 2005)

Tabel 2. 12 Tindakan Stabilisasi Lereng Batuan

Tipe keruntuhan	Tindakan-tindakan stabilisasi				
	Ekskavasi	Penyangga secara struktural	Drainase	Kontrol terhadap runtuhnya batuan	
Nama	Sketsa				
Keruntuhan Bidang (Plane failure)					
Keruntuhan baji (Wedge failure)					
Keruntuhan rebah (Toppling failure)					
Reruntuhan batuan atau serpih batuan dan penununan runtuhnya secara umum					
	Pelandaian lereng				
	Pembuatan bench				
	Ekskavasi Lokal				
	Permukaan gunita (gunite facing)				
	Pasangan batu				
	Struktur lokal 'dentition'				
	Pembuatan 'buttress'				
	Dinding dengan ankur (anchored wall)				
	Dowel				
	Baut batuan (bolt)				
	Angkur (Anchor)				
	Saluran drainase (drainage ditch)				
	Screeded (paved) surface.				
	Lubang-lubang pengaliran jarak pendek (short drainholes)				
	Lubang-lubang pengaliran jarak panjang (long drainholes/adits)				
	Pindahkan struktur/jalan yang terkena pengaruh keruntuhan				
	Membuat saluran penangkap runtuhnya batuan.				
	Membuat pagar/dinding perangkap batuan				
	Membuat jaring (netting)				

(Sumber : Departemen PU, 2005)

2.6 *Geo-Slope /W*

Menurut Modul yang dikeluarkan oleh Sistem Manajemen Pengetahuan (SIMANTU) Kementerian Pekerjaan Umum & Perumahan Rakyat. *Geo-Slope /W* merupakan program yang dikeluarkan oleh *GeoStudio* untuk analisa stabilitas lereng baik tanah maupun batuan, termasuk pula galian dan timbunan. *Slope/W* mampu memodelkan kondisi – kondisi seperti berikut :

- a. Lapisan tanah yang kompleks;
- b. Kondisi tekanan air pori yang sangat tidak beraturan;
- c. Beberapa model kuat geser tanah, *Mohr-Coloumb*, *Anisotropic*, dll;
- d. Parameter kuat geser pada kondisi tidak jenuh.
- e. Pendekatan bentuk bidang gelincir dengan atau tanpa tension crack;
- f. Beban merata dan beban gempa;
- g. Perkuatan dengan struktur.

Program *Geo-Slope/W* yang digunakan adalah versi *GeoStudio 2012*, Berikut ini merupakan contoh kasus dan langkah-langkah mengaplikasikan *Slope/W* untuk mendapatkan nilai *Safety Factor* (SF).

2.6.1 Contoh Parameter

Berikut merupakan koordinat titik geometri & data tanah untuk contoh kasus pengaplikasian *Slope/W* dapat dilihat pada Tabel 2.13 dan Tabel 2.14 di bawah ini.

Tabel 2. 13 Contoh Koordinat Lereng pada *Slope/W*

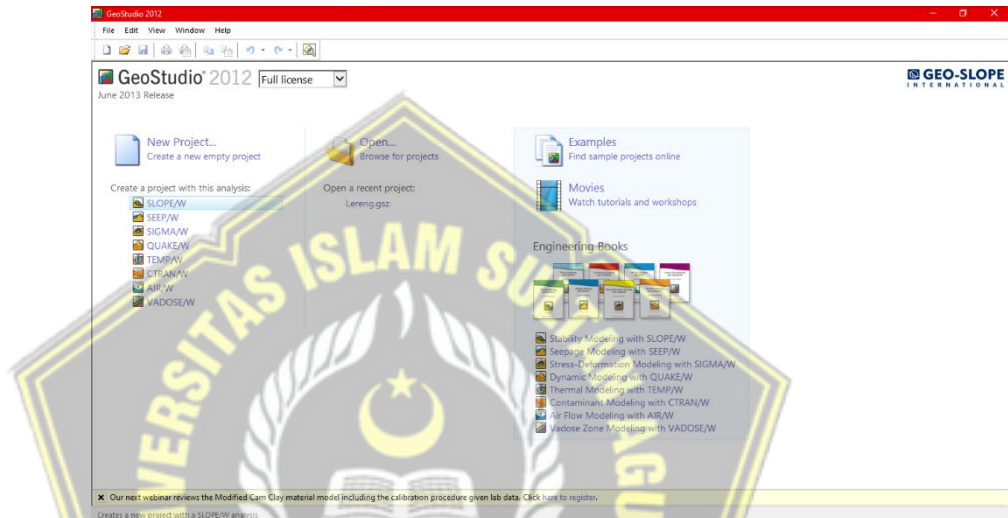
X	Y
0	0
0	12
6	12
12	2
16	2
16	0

Tabel 2. 14 Contoh Data Tanah pada *Slope/W*

Type	γ_{sat} kN/m ³	γ_{unsat} kN/m ³	K m/day	E kN/m ²	V	C KPa	Sudut Geser (θ)
Drained	18	16	1,0E-08	7170	0,35	24	30

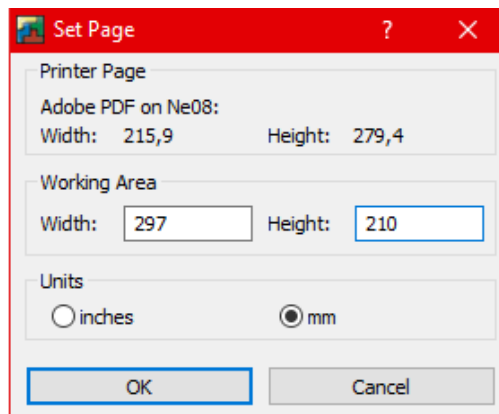
2.6.2 Langkah penyelesaian

1. Buka program *Geo-Studio*, lalu pilih *Slope/W*, seperti pada Gambar 2.16 berikut.



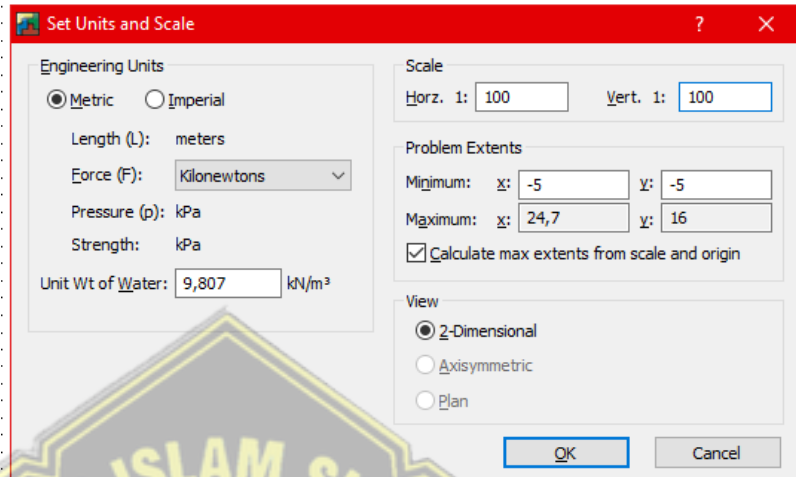
Gambar 2. 16 Tampilan utama *Geo Studio 2012*

2. Pilih *Menu set*, kemudian *page*, satuan yang digunakan adalah mm. Isi *working area* dengan *width* 297 mm x *Height* 210 mm (ukuran Kertas A4 orientasi *landscape*) seperti pada Gambar 2.17 dibawah ini;



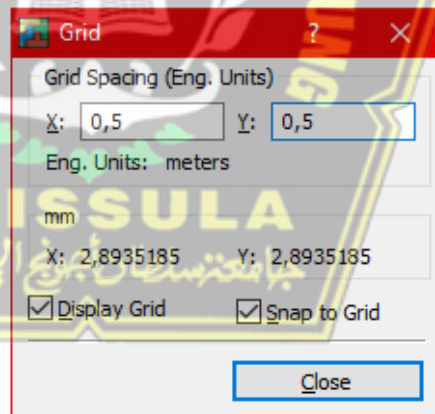
Gambar 2. 17 Kotak Dialog *Page*

3. Pilih *Menu set*, kemudian *Unit and scale, engineering units* yang digunakan adalah m. Isi pengaturannya menjadi seperti pada Gambar 2.18 dibawah ini;



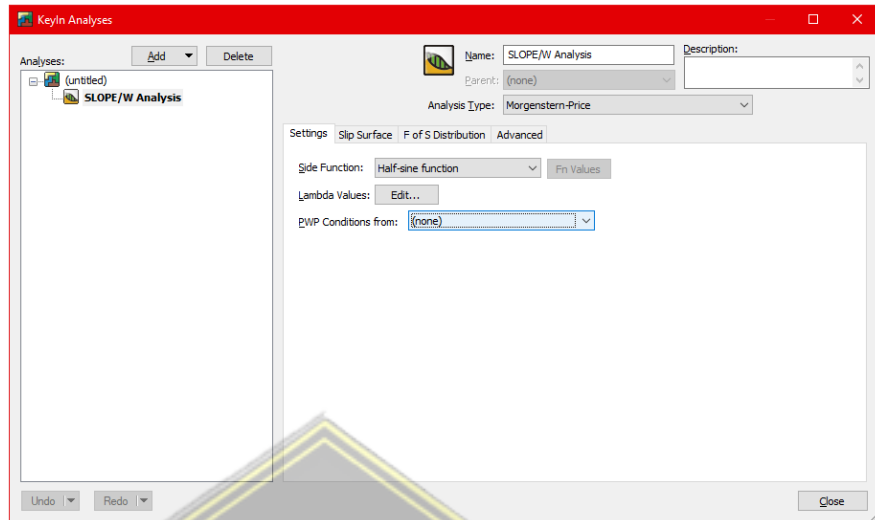
Gambar 2. 18 Kotak Dialog *Units & Scale*

4. Kemudian atur *setting grid spacing* menjadi seperti pada Gambar 2.19 di bawah ini;



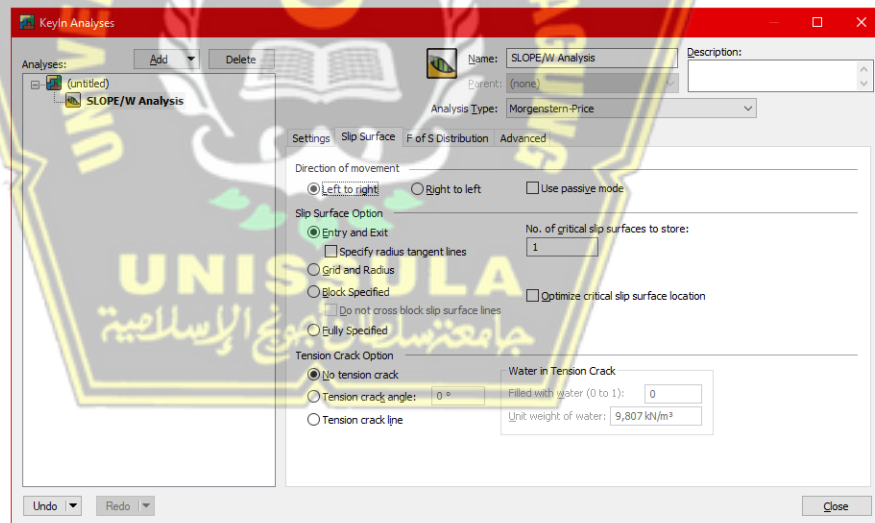
Gambar 2. 19 Kotak Dialog *Grid*

5. Pilih *Analysis setting* pada *Menu – Keyin – Analyses* kemudian akan muncul *toolbox* seperti ini:
 - *tab Settings* atur pengaturannya menjadi seperti pada Gambar 2.20 dibawah ini;



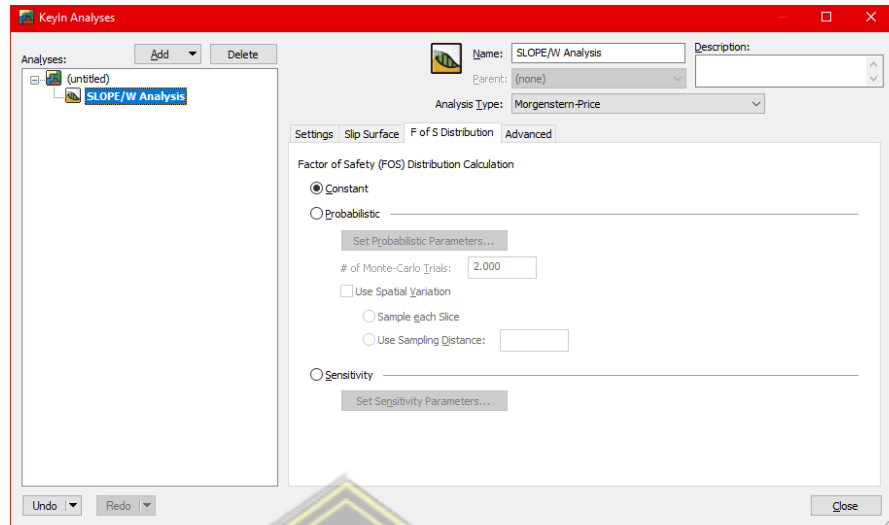
Gambar 2. 20 Kotak Dialog *Keyin Analyses - Settings*

- *tab Slip Surface* atur pengaturannya menjadi seperti pada Gambar 2.21 berikut ini;



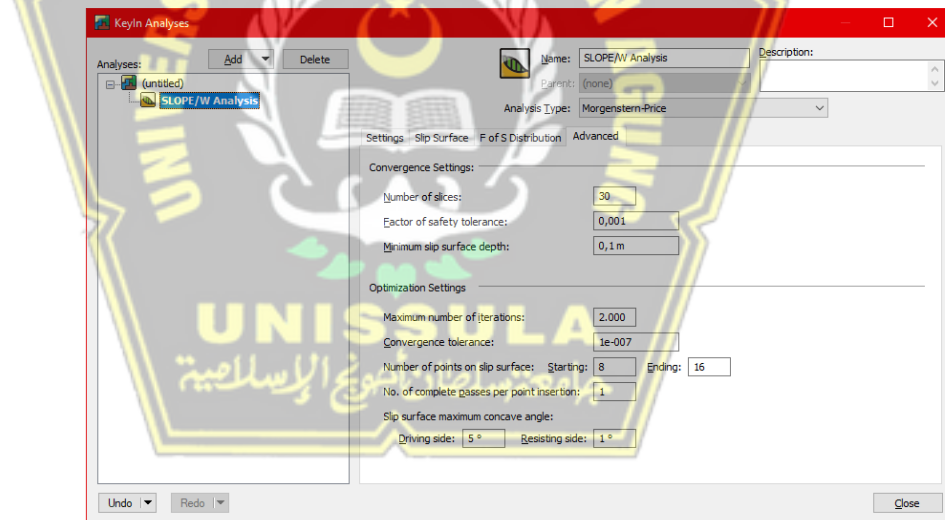
Gambar 2. 21 Kotak Dialog *Keyin Analyses – Slip Surface*

- *tab FOS Distribution* atur pengaturannya menjadi seperti pada Gambar 2.22 dibawah ini;



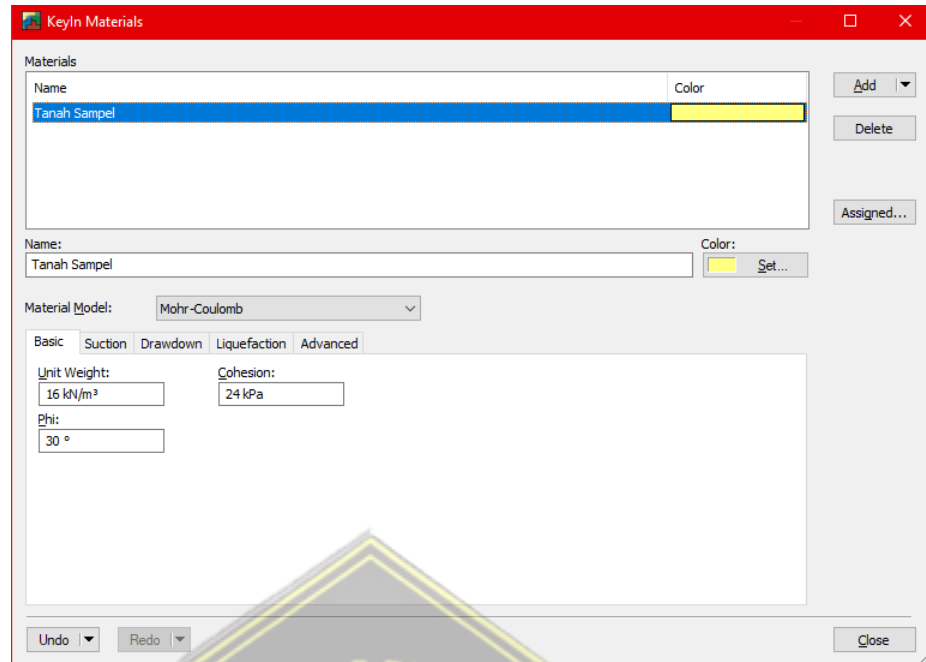
Gambar 2. 22 Kotak Dialog *Keyin Analyses – F of S Distribution*

- *tab Advanced* atur pengaturannya menjadi seperti pada Gambar 2.23 berikut ini;



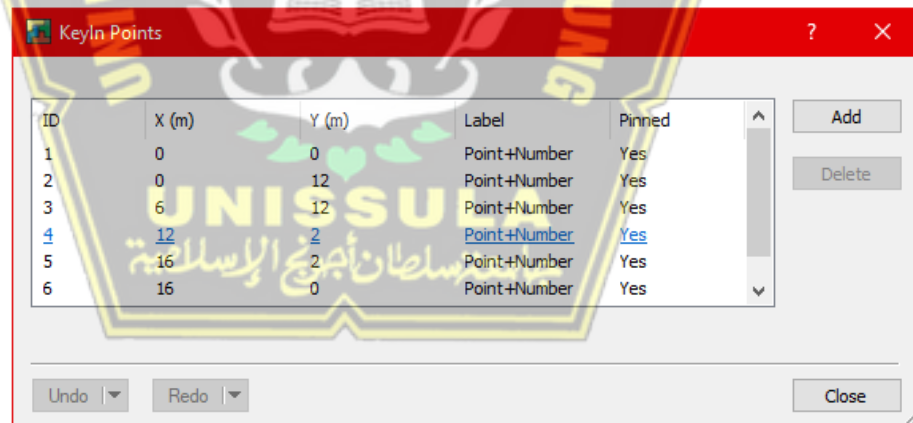
Gambar 2. 23 Kotak Dialog *Keyin Analyses – Advanced*

6. Pilih *Menu – Keyin – Materials* dan isi parameter-parameter tanah sesuai dengan data tanah pada Tabel 2.14 dan diisi seperti pada Gambar 2.24;



Gambar 2. 24 Kotak Dialog *Keyin Materials*

7. Pilih *Menu – Keyin – Points* dan isi koordinat titik sesuai dengan data geometri yang dimiliki pada Tabel 2.13 dan diisi seperti pada Gambar 2.25;



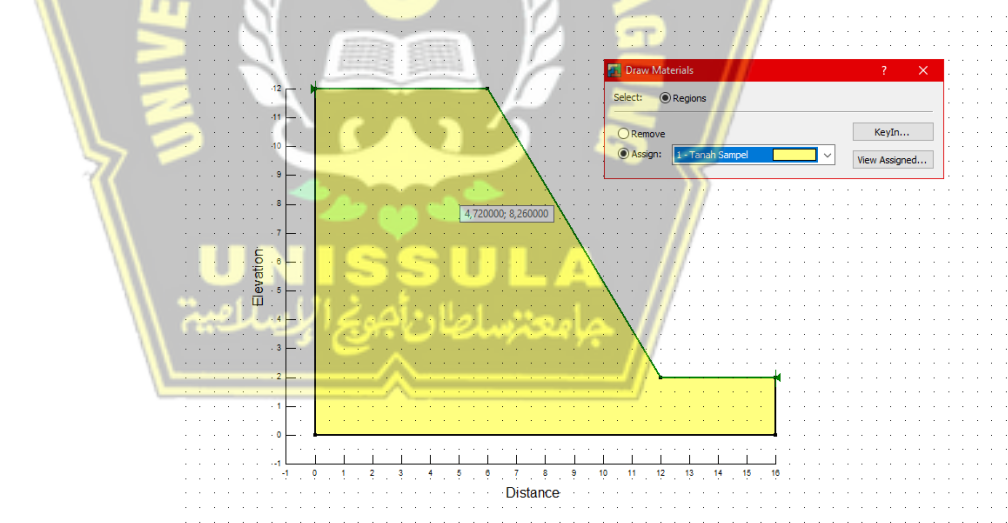
Gambar 2. 25 Kotak Dialog *Keyin Points*

8. Pilih *Menu – Draw – Regions* dan gambar dengan cara menghubungkan titik – titik acuan geometri yang telah dibuat sebelumnya, seperti pada Gambar 2.26;



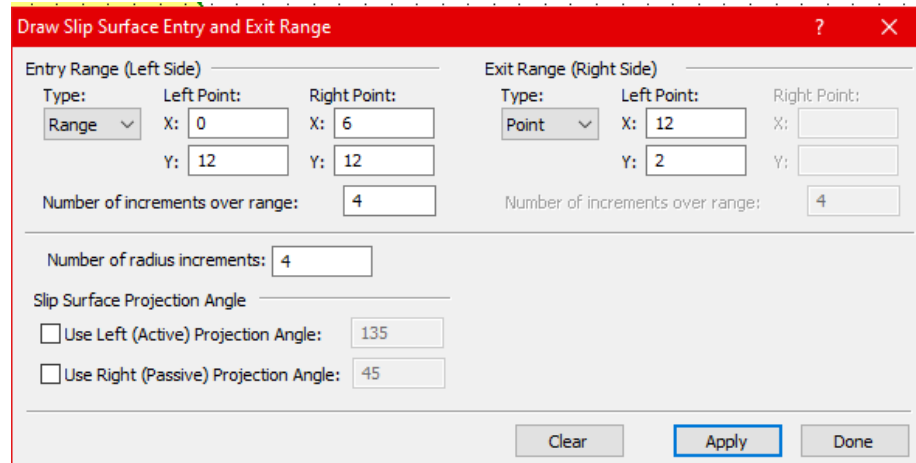
Gambar 2. 26 Tampilan *Region*

9. Pilih *Menu – Draw – Materials* lalu sisipkan *Material* yang telah dibuat ke *Regions* yang sudah dibuat, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.27;



Gambar 2. 27 Kotak Dialog *Draw Materials*

10. Pilih *Menu – Draw – Slip Surfaces – Entry and Exit*, Menu ini digunakan untuk menentukan *range* bidang gelincir yang kemungkinan akan terjadi dan atur seperti pengaturan pada Gambar 2.28 dibawah ini;



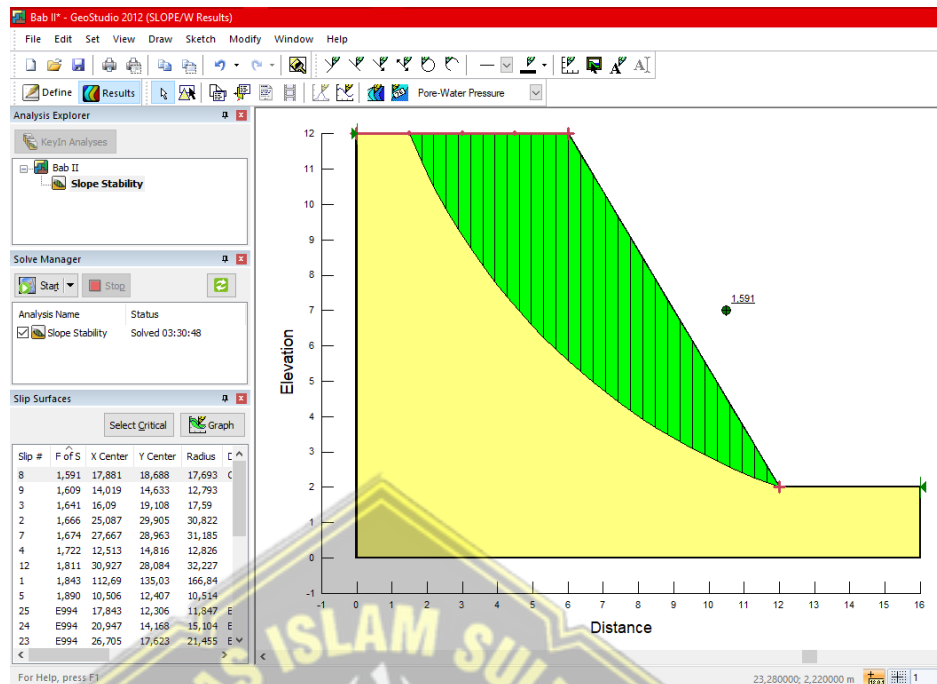
Gambar 2. 28 Kotak Dialog *Draw Slip Surface Entry and Exit Range*

11. Lalu pada kotak dialog *Solve Manager* seperti pada Gambar 2.29, di bagian kiri bawah dan checklist box *Analysis Name* yang tersedia kemudian klik *Start* untuk memulai analisa;



Gambar 2. 29 Kotak Dialog *Solve Manager*

12. Kemudian akan muncul hasil perhitungan analisa lereng yang telah dibuat sebelumnya. Secara otomatis *display* akan menampilkan nilai SF pada kondisi *Critical*, seperti pada Gambar 2.30.



Gambar 2. 30 Tampilan Hasil Analisa *Safety Factor*

Didapatkan nilai SF kondisi paling kritis sebesar **1,591** yang dapat diklasifikasikan sesuai Tabel 2.15 dengan kategori “**Longsor Jarang Terjadi (kelas Stabil)**” karena nilai $SF > 1,25$.

Tabel 2. 15 Klasifikasi Nilai *Safety Factor* pada *Slope/W*

Nilai Faktor Keamanan (FK)	Kejadian / Intensitas Longsor
$FK < 1,07$	Longsoran terjadi biasa/sering (kelas labil)
FK antara 1,07 – 1,25	Longsoran pernah terjadi (kelas kritis)
$FK > 1,25$	Longsoran jarang terjadi (kelas stabil)

(Sumber : Bowles,1991)

2.7 PLAXIS

PLAXIS adalah aplikasi komputer yang membantu dalam Analisa deformasi dan stabilitas yang berkaitan dengan ilmu geoteknik dengan basis metode elemen hingga. Permodelan yang sederhana memungkinkan aplikasi ini mampu memodelkan elemen yang kompleks, sehingga dapat membantu menganalisa perhitungan yang lebih teliti, hasil perhitungan sendiri

berdasarkan metode numerik yang secara umum telah terdapat pada aplikasi ini. Program *PLAXIS* yang digunakan adalah versi *PLAXIS 8.6*, Berikut ini merupakan contoh kasus dan langkah-langkah mengaplikasikan *PLAXIS* untuk mendapatkan nilai *Safety Factor* (*SF*).

2.7.1 Contoh Parameter

Berikut merupakan Koordinat titik geometri & Data tanah untuk contoh kasus pengaplikasian *PLAXIS*, seperti pada Tabel 2.16 dan Tabel 2.17;

Tabel 2. 16 Contoh Koordinat Lereng pada *Plaxis*

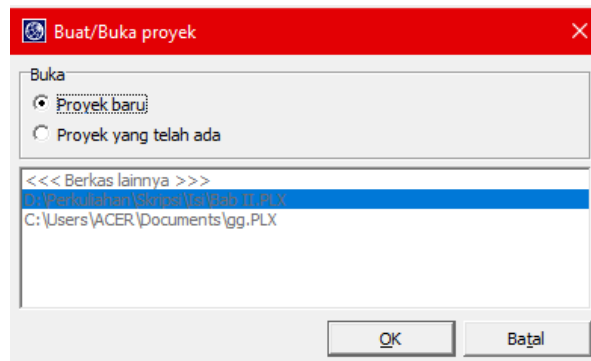
X	Y
0	0
0	12
6	12
12	2
16	2
16	0

Tabel 2. 17 Contoh Data Tanah pada *Plaxis*

Type	γ_{sat} kN/m ³	γ_{unsat} kN/m ³	K m/day	E kN/m ²	V	C KPa	Sudut Geser (θ)
Drained	18	16	1,0E-08	7170	0,35	24	30

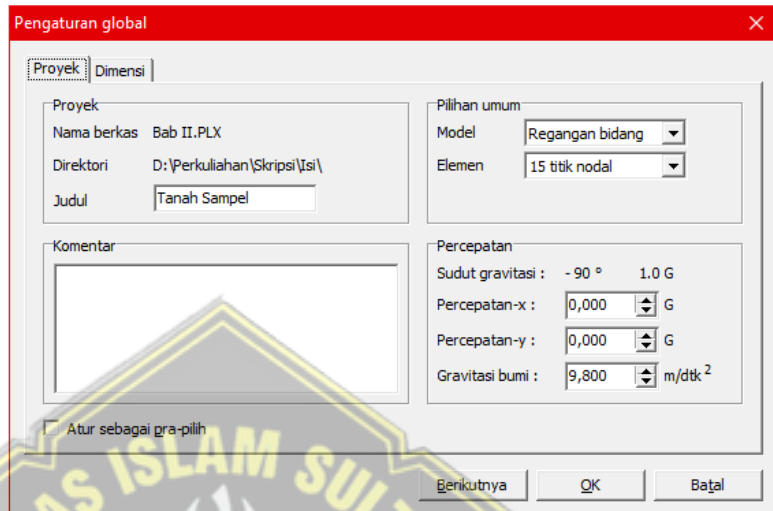
2.7.2 Langkah Penyelesaian

1. Buka program *PLAXIS Input*, Lalu akan muncul kotak dialog Buat/Buka proyek seperti pada gambar 2.31;



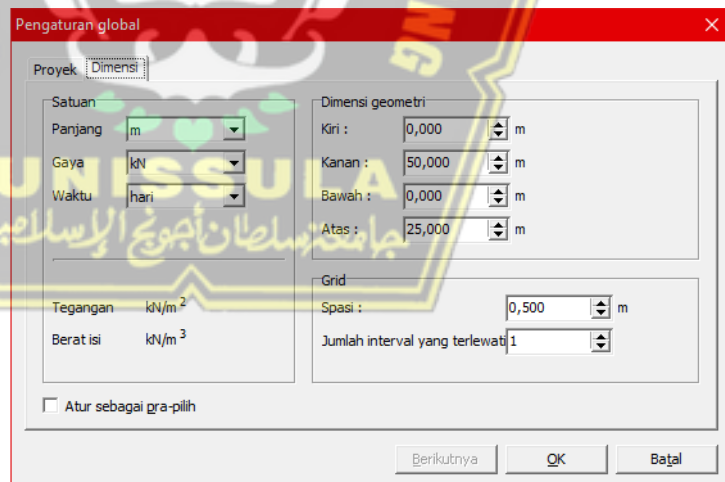
Gambar 2. 31 Kotak Dialog Buat/Buka Proyek

2. Lalu muncul kotak dialog Pengaturan global,
- pada Tab Proyek isi kotak teks Judul dengan judul yang diinginkan dan pengaturan dibuat seperti pada Gambar 2.32 dibawah ini;



Gambar 2. 32 Kotak Dialog Pengaturan Global – Proyek

- pada Tab Dimensi pengaturan dibuat seperti pada Gambar 2.33;



Gambar 2. 33 Kotak Dialog Pengaturan Global – Dimensi

3. Lalu buka Menu Tampilan – Tabel, akan muncul kotak dialog Tabel Koordinat kemudian isi Koordinat seperti pada Gambar 2.34;

Titik	X [m]	Y [m]
0	0,000	0,000
1	0,000	12,000
2	6,000	12,000
3	12,000	2,000
4	16,000	2,000
5	16,000	0,000

Gambar 2. 34 Kotak Dialog Tabel Koordinat Titik Geometri

4. Kemudian buka Menu Material – Tanah & Antarmuka, isi parameter tanah sesuai dengan Tabel 2.17, kemudian input data tanah menuju ke ruang geometri dengan cara *drag*, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.35, Gambar 2.36 dan Gambar 2.37;

Mohr-Coulomb - Tanah Sampel

Umum | Parameter | Antarmuka

Kekuatan

Kaku

Manual

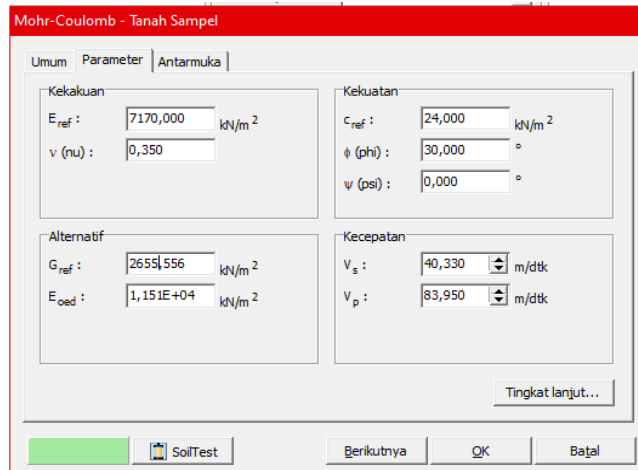
R_{inter} : 1,000

Tebal antarmuka sebenarnya

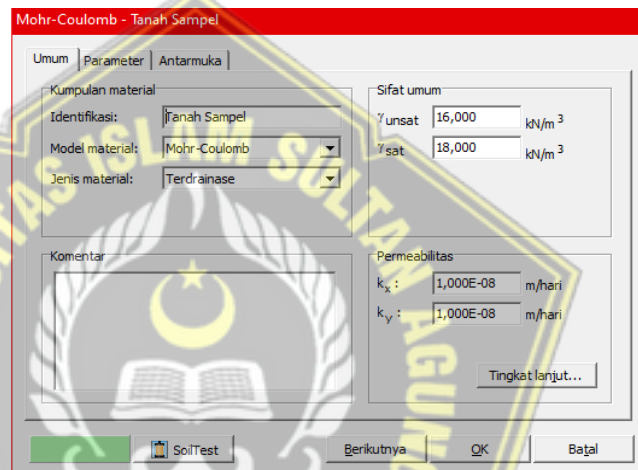
δ-inter : 0,000

SoilTest Berikutnya OK Batal

Gambar 2. 35 Kotak Dialog Tanah Sampel Tab Umum

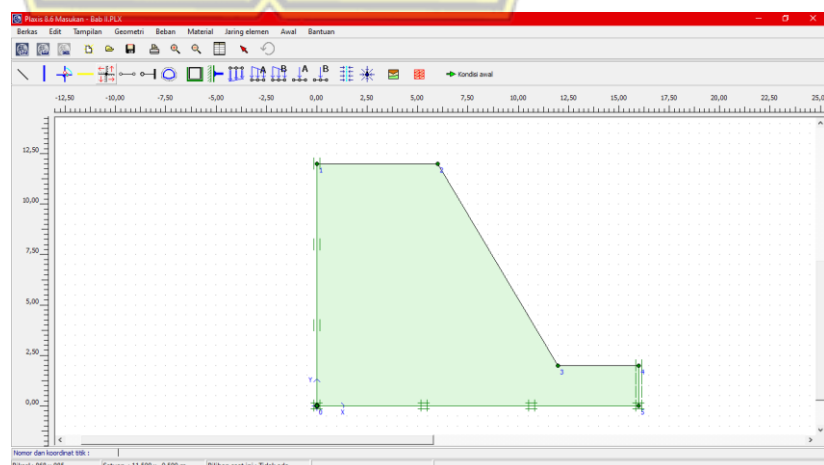


Gambar 2. 36 Kotak Dialog Tanah Sampel Tab Parameter



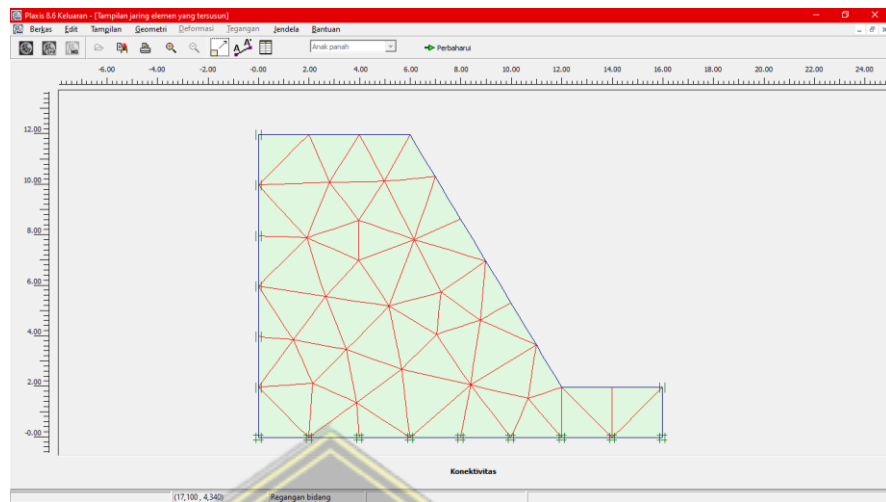
Gambar 2. 37 Kotak Dialog Tanah Sampel Tab Antarmuka

5. Kemudian buka Menu Beban – Jepit Standar, maka tampilan akan berubah menjadi seperti Gambar 2.38 dibawah ini;



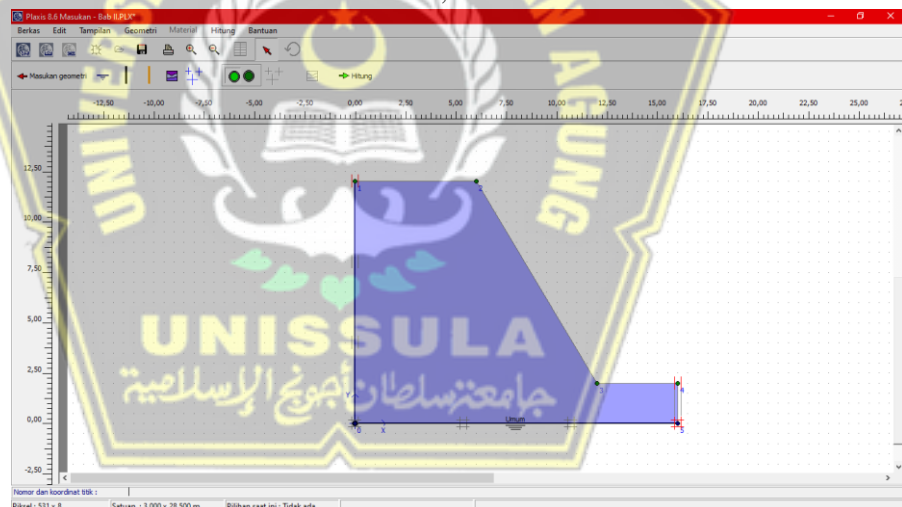
Gambar 2. 38 Tampilan Geometri dengan Jepit Standar

6. Kemudian buka Menu Jaring Elemen – Susun, seperti Gambar 2.39;



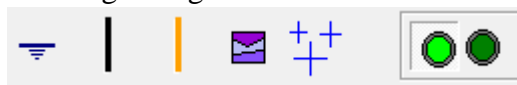
Gambar 2. 39 Tampilan Geometri dengan Jaring Elemen

7. Lalu Klik tombol Kondisi Awal, dan tampilan berubah seperti Gambar 2.40 dibawah ini;



Gambar 2. 40 Tampilan Kondisi Awal

Pada Menu Kondisi Awal ini terdapat 2 pengaturan seperti pada Gambar 2.41 dan Gambar 2.42, ada pengaturan untuk mengatur tekanan air pori awal & pengaturan tegangan awal dan konfigurasi geometri.

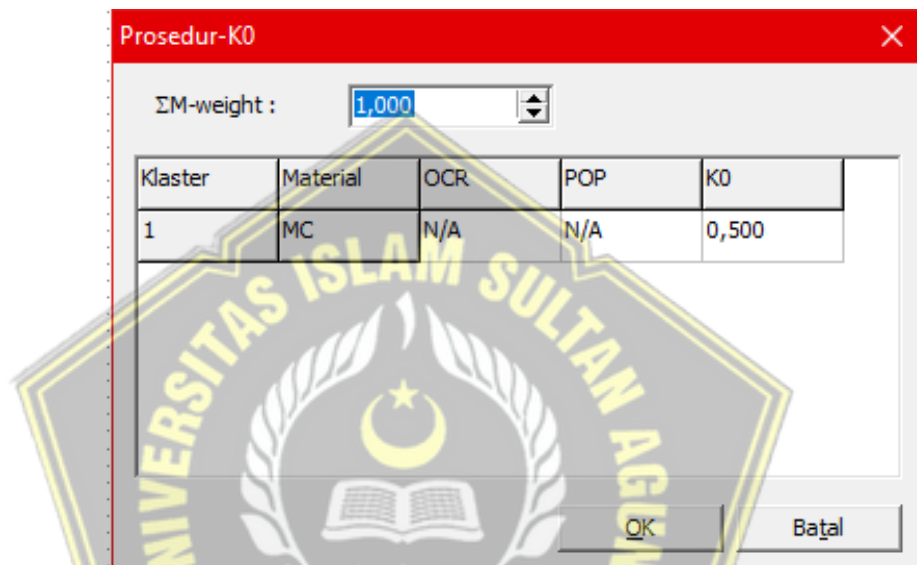


Gambar 2. 41 Toolbar Pengaturan tekanan air pori awal

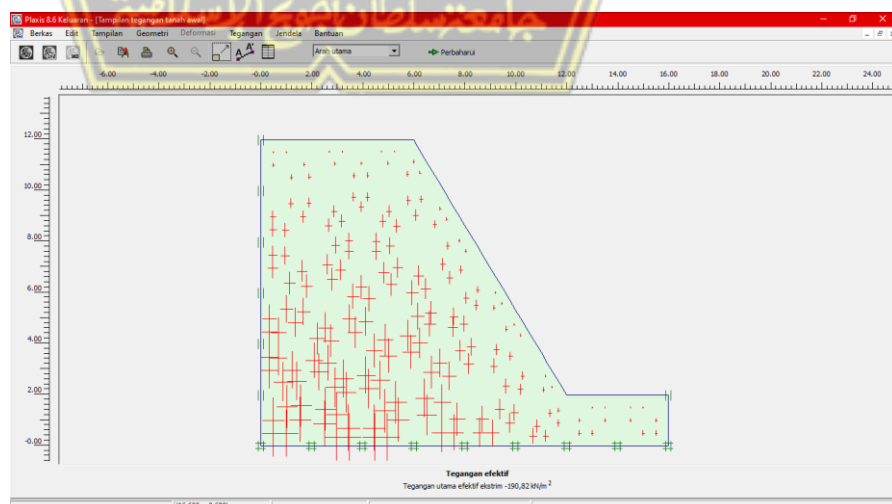


Gambar 2. 42 *Toolbar* tegangan awal dan konfigurasi geometri.

Kemudian klik tombol Hitung Tegangan Awal untuk mencari tegangan awal pada bidang seperti Gambar 2.43 dan akan muncul tampilan seperti pada Gambar 2.44 di bawah ini.

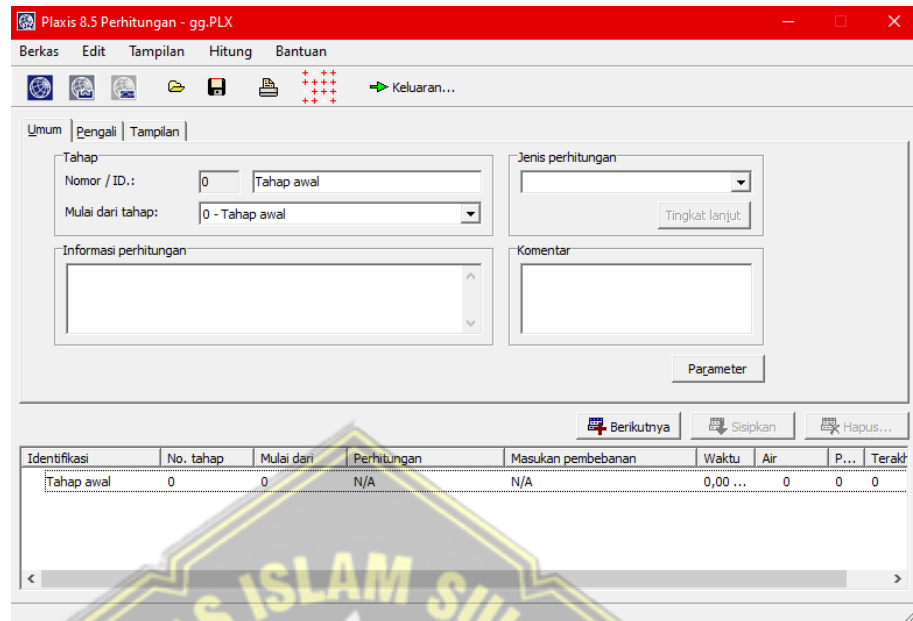


Gambar 2. 43 Kotak Dialog Prosedur-K0



Gambar 2. 44 Tampilan Tegangan Efektif

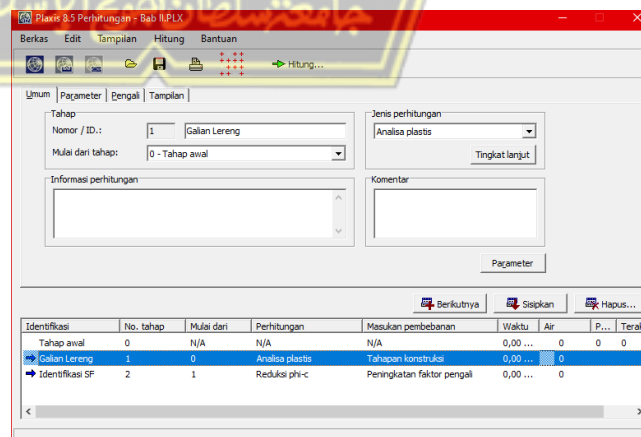
8. Kemudian Klik Tombol Hitung dan kemudian akan muncul kotak dialog Perhitungan, ditunjukkan pada Gambar 2.45;



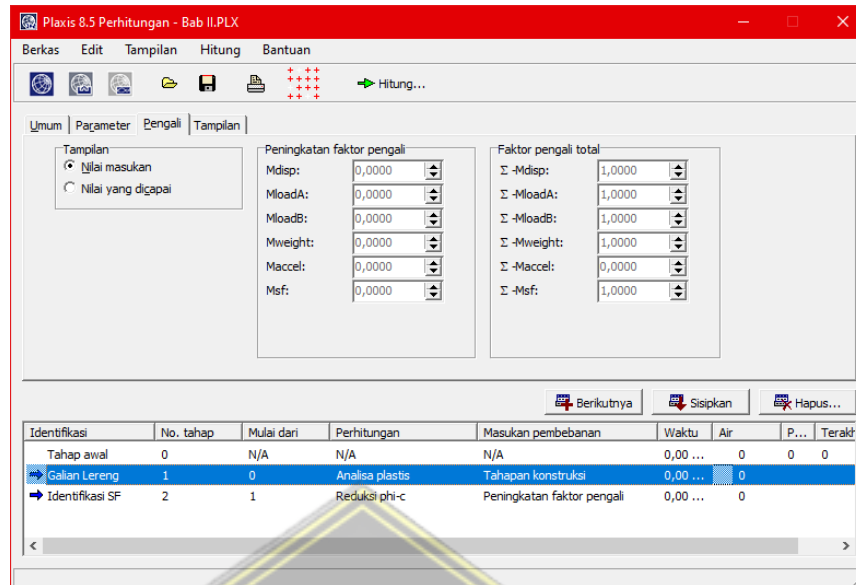
Gambar 2. 45 Tampilan Kotak Dialog Perhitungan

9. Kemudian buatlah identifikasi tahap menjadi sebagai berikut ini:

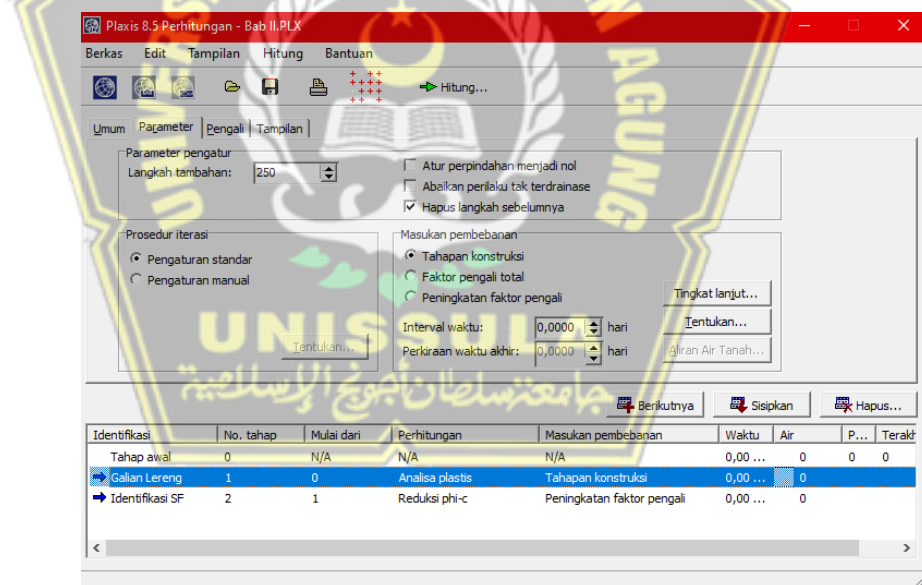
- Tahap 1 merupakan tahap dimana lereng dalam masa konstruksi galian, untuk pengaturannya dibuat seperti Gambar 2.46, Gambar 2.47 dan Gambar 2.48 untuk masing-masing tab;



Gambar 2. 46 Tampilan Kotak Dialog Perhitungan Tab Umum

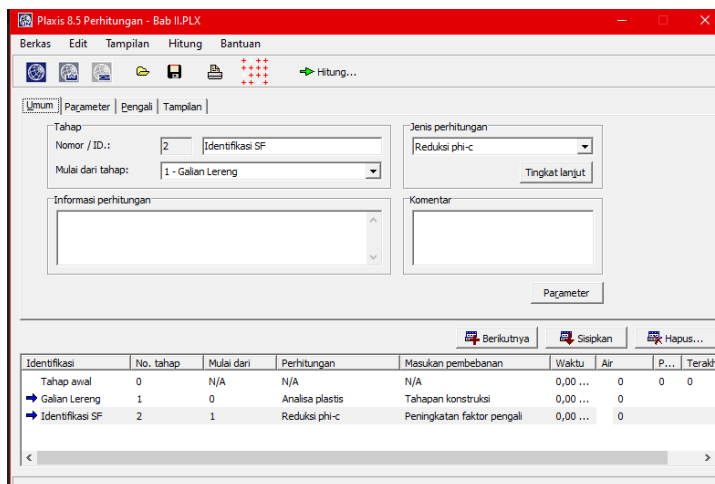


Gambar 2. 47 Pengaturan Identifikasi Tahap 1 (Konstruksi)
Tab Parameter

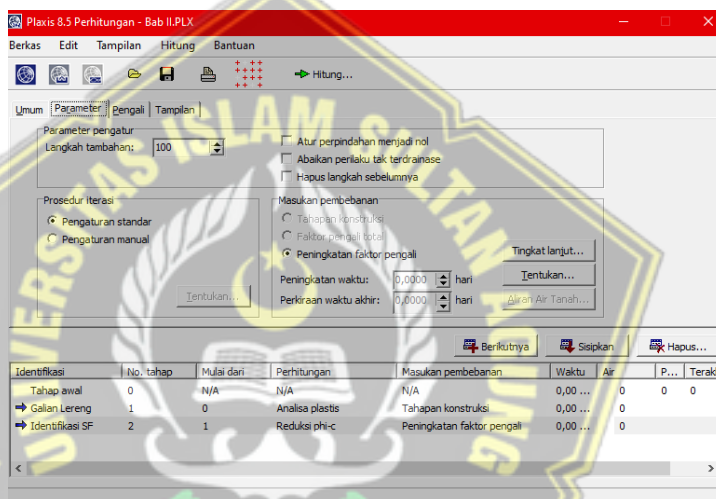


Gambar 2. 48 Pengaturan Identifikasi Tahap 1 (Konstruksi)
Tab Umum

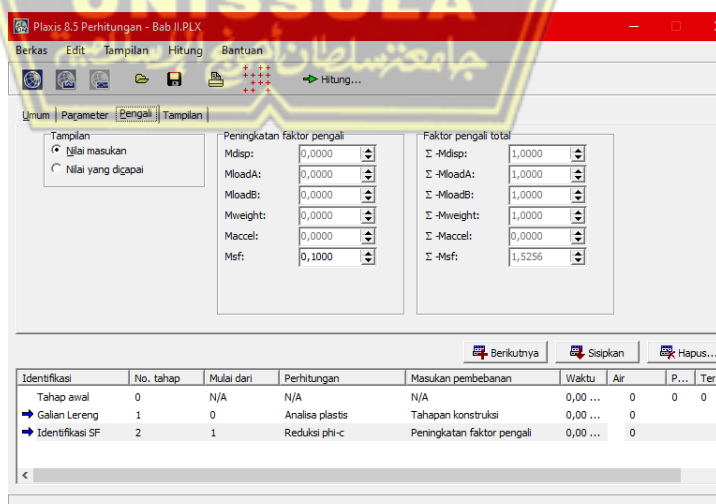
- Tahap 2 merupakan tahap untuk identifikasi nilai SF nya, untuk pengaturannya dibuat seperti pada Gambar 2.49, Gambar 2.50 dan Gambar 2.51 dibawah ini;



Gambar 2. 49 Pengaturan Identifikasi Tahap 2 (Identifikasi SF) Tab Umum



Gambar 2. 50 Pengaturan Identifikasi Tahap 2 (Identifikasi SF) Tab Parameter



Gambar 2. 51 Pengaturan Identifikasi Tahap 2 (Identifikasi SF) Tab Pengali

10. Kemudian Klik Tombol Hitung dan *PLAXIS* akan mulai menganalisa, seperti yang terlihat pada Gambar 2.52;



Gambar 2. 52 Proses Analisa Perhitungan

11. Setelah proses analisa selesai, klik tombol Keluaran kemudian pilih menu Tampilan – Informasi Perhitungan & baca nilai Msf pada tab pengali seperti pada Gambar 2.53. Nilai Msf tersebut merupakan nilai *Safety Factor*.



Gambar 2. 53 Kotak Dialog Informasi Perhitungan

Didapatkan nilai SF kondisi sebesar **1,526** yang dapat diklasifikasikan sesuai Tabel 2.18 dengan kategori “**Longsor Jarang Terjadi (kelas Stabil)**” karena nilai $SF > 1,25$.

Tabel 2. 18 Klasifikasi Nilai *Safety Factor* pada *Plaxis*

Nilai Faktor Keamanan (FK)	Kejadian / Intensitas Longsor
FK < 1,07	Longsoran terjadi biasa/sering (kelas labil)
FK antara 1,07 – 1,25	Longsoran pernah terjadi (kelas kritis)
FK > 1,25	Longsoran jarang terjadi (kelas stabil)

(*Sumber : Bowles, 1991*)

Dari hasil analisa menggunakan *Geo-Studio* dan *Plaxis*, didapatkan perbandingan nilai seperti pada Tabel 2.19.

Tabel 2. 19 Perbandingan Klasifikasi Nilai *Safety Factor*

Program	<i>Geo-Studio (Slope/W)</i>	<i>PLAXIS</i>
Nilai SF	1,591	1,526

(*Sumber : Perhitungan, 2021*)

2.8 Metode Stabilisasi Lereng

Metode stabilisasi lereng merupakan suatu usaha yang memiliki tujuan agar daya dukung tanah mengalami peningkatan. Pada penelitian ini, metode stabilisasi lereng yang digunakan yaitu sebagai berikut:

2.8.1 Cerucuk Bambu

Metode ini dinilai cukup efektif dalam mengatasi keruntuhan jalan dan menstabilkan lereng, metode ini menggunakan batang bambu yang dilakukan seperti cerucuk. Metode ini sudah umum dilakukan di Indonesia dengan diameter batang 8cm-12cm dipancang satu-persatu secara vertical maupun diagonal. Penggunaan metode ini sudah dilakukan sejak dahulu. Karena metode ini cukup efisien karena dapat dilakukan tanpa mengganggu stabilitas lereng (Wallays, 1970).

Metode ini dinilai cukup efektif sebagai perkuatan alternatif stabilisasi lereng maupun perkuatan lereng timbunan jalan, pada lereng timbunan jalan metode ini digunakan sebagai bahan yang kaku sehingga meningkatkan tingkat stabilitas tanah. Sebagai metode perkuatan stabilitas lereng, cerucuk cukup efektif dan efisien sebagai pasak/ angkur yang memotong bidang keruntuhan lereng, jadi cerucuk dapat memberikan tambahan gaya penahan yang mampu menahan gaya geser pada lereng yang menyebabkan longsor terjadi, tambahan gaya penahan ini dapat meningkatkan angka keamanan (*safety factor*) stabilitas lereng . Berikut pengaplikasian ceucuk, terlihat seperti Gambar 2.54.



Gambar 2. 54 Aplikasi cerucuk bambu pada lereng pada Jalan Tol Semarang
(PT Jasamarga Tollroad Maintenance, 2020)

2.8.2 Bronjong

Bronjong adalah anyaman kawat baja yang dilapisi kembali dengan lapisan galvanis atau seng atau terkadang dapat menggunakan geogrid. Anyaman kawat ini dibentuk sedemikian rupa menjadi balok ataupun kubus dan selanjutnya akan diisi dengan pasangan batuan kali. Kekuatan utama dari metode ini terletak pada daya tahan material anyaman terhadap gaya tarik yang disebabkan oleh gaya geser tanah. Fungsi dari bronjong dalam konstruksi perkuatan stabilitas lereng antara lain sebagai berikut:

1. Melindungi dan memperkuat tebing tanah untuk mencegah terjadinya longsor;
2. Menjaga tepi sungai terhadap aliran air dan juga erosi.
3. Membuat bendungan untuk meninggikan taraf muka air.

Bronjong telah banyak dimanfaatkan dalam konstruksi karena material bronjong memiliki beberapa keunggulan, antara lain:

- a. Bersifat fleksibel karena dapat mengikuti pergerakan tanah di bawahnya tanpa merusak konstruksi.
- b. Tembus air sehingga dapat mengurangi tekanan tanah aktif akibat air yang dapat mengalir melalui sela-sela bebatuan pada bronjong.
- c. Kontruksinya sederhana, sehingga bisa dikerjakan tanpa menggunakan mesin berteknologi tinggi.
- d. Dapat diproduksi dengan ukuran yang disesuaikan dengan kebutuhan di lapangan.
- e. Ekonomis karena pada umumnya pemasangan bronjong tidak memerlukan biaya yang mahal dibanding dengan penahan dari beton.

Berikut pengaplikasian bronjong, seperti pada Gambar 2.55.



Gambar 2. 55 Aplikasi bronjong pada lereng
(BBPJN DKI Jakarta - Jawa Barat, 2020)

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Pengertian Umum

Metode penelitian merupakan suatu cara atau proses ilmiah dengan tujuan mencapai pemecahan masalah serta menemukan jawaban atas masalah yang ada. Metode yang digunakan tentunya sesuai dengan masalah yang diambil, sehingga mendapatkan hasil sesuai dengan yang diharapkan, memenuhi syarat efektif dan efisien yang mendukung dari penelitian dan pembuatan laporan tersebut.

Tugas akhir ini meneliti mengenai analisa stabilitas lereng untuk mengetahui faktor keamanan dan membandingkan nilai ekonomis dari beberapa metode perkuatan lereng yang digunakan pada lereng Jalan Tol Semarang ABC.

3.2 Tipe Penelitian

Dalam penelitian ini tipe yang digunakan ialah tipe deskriptif yaitu menganalisis dan menyajikan fakta secara sistematis, sehingga dapat lebih mudah untuk disimpulkan. Kesimpulan yang diberikan selalu jelas atas dasar data-data yang telah dianalisa, dengan menyelidiki suatu kondisi serta memberikan alternatif pemecahan masalah berdasarkan data-data yang diperoleh.

3.3 Teknik Pengumpulan Data

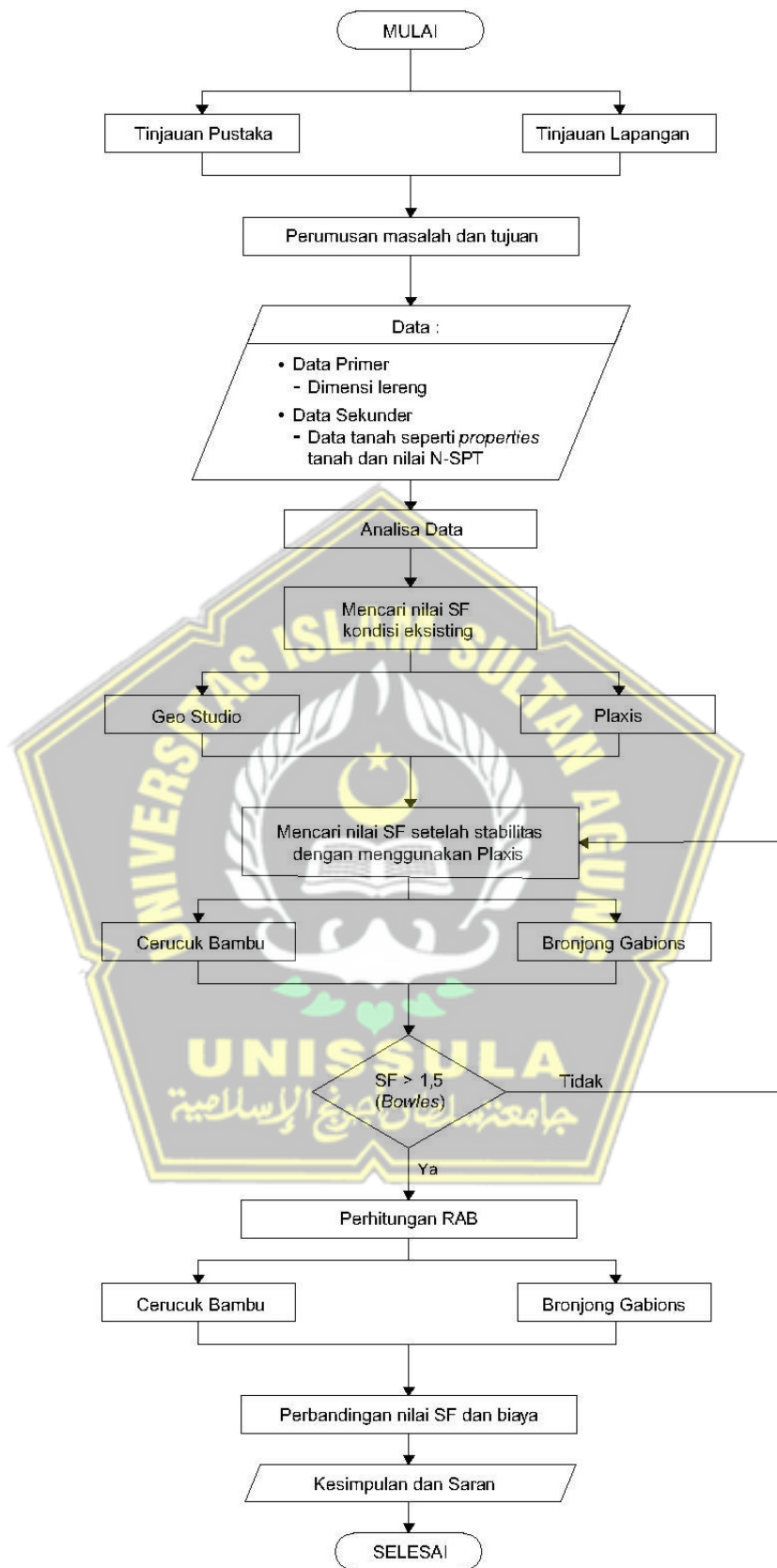
Hal yang penting dalam proses penelitian yaitu teknik pengumpulan data, karena penelitian memiliki tujuan yaitu mendapatkan data. Dalam sebuah penelitian, tahap pengumpulan data merupakan satu langkah yang dapat menentukan terhadap proses dan hasil dari penelitian yang akan dilaksanakan tersebut. Oleh karena itu harus menggunakan metode yang sesuai agar mendapatkan data yang diperlukan. Pada penelitian ini kami menggunakan teknik pengumpulan data secara observasi dan dokumentasi.

Masing-masing penelitian memiliki proses pengumpulan data yang berbeda, tergantung dari jenis penelitian yang akan dibuat. Pengumpulan data penelitian tidak boleh dilakukan secara sembarangan. Diperlukan beberapa referensi yang memiliki keterkaitan dengan pembahasan pada penelitian. Tujuan dari langkah dan teknik dalam pengumpulan data adalah agar mendapatkan data yang valid, sehingga hasil dan kesimpulan penelitian dapat diuji kebenarannya.

Data yang digunakan dalam melakukan analisa ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang diperoleh langsung dari subjek penelitian, dalam hal ini peneliti memperoleh data atau informasi langsung dengan menggunakan beberapa cara, dapat berupa survey dan observasi yang digunakan untuk memperoleh data lapangan. Data sekunder atau data tidak langsung merupakan data yang diperoleh dari data-data yang terdapat pada instansi-instansi yang berhubungan dengan penelitian ini. Dalam pengejaan tugas akhir ini terkait penelitian pengelolaan data bersumber dari beberapa analisis, dengan objek penelitian Perbandingan Slope Protection Darurat dengan beberapa Metode pada jalan tol Semarang ABC, membutuhkan data-data antara lain:

- Data primer seperti dimensi lereng;
- Data sekunder, seperti:
 - Data penyelidikan tanah seperti data *properties* tanah dan N-SPT;
 - Literatur-literatur yang berhubungan dengan masalah yang akan dianalisa, seperti jurnal penelitian yang berkaitan dengan perbaikan lereng, metode perbaikan dengan cerucuk bambu dan bronjong.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini, dapat diuraikan seperti pada Gambar 3.1 dibawah ini.



Gambar 3. 1 Bagan Alir Metode Penelitian

3.4 Tahap Persiapan

Terdapat rangkaian kegiatan ketika sebelum memulai pengumpulan data pengolahannya yang disebut dengan tahap persiapan. Dalam tahap ini perlu adanya hal-hal yang terlebih dahulu disusun agar kegiatan penelitian dapat berjalan dengan lancar dan efisien. Tahap tersebut sebagai berikut:

1. Studi pustaka terkait masalah yang berhubungan dengan pembahasan tanah dan lereng;
2. Studi pustaka mengenai metode perkuatan sementara untuk lereng;
3. Studi pustaka terkait Program Aplikasi *Geo-Studio (Slope/W)* & *Plaxis*;
4. Menentukan kebutuhan data yang akan diperlukan;
5. Mengumpulkan data dari berbagai sumber.

3.5 Metode Analisa Data

Metode analisis data merupakan kegiatan analisis pada suatu penelitian yang dikerjakan dengan memeriksa seluruh data dari instrumen penelitian, seperti catatan, dokumen, hasil tes, dan lain-lain. Proses ini diperlukan agar data menjadi lebih mudah dipahami dan berguna sebagai solusi bagi suatu permasalahan untuk mendapatkan kesimpulan, khususnya yang berkaitan dengan penelitian.

Pada penelitian ini, yang pertama dilakukan yaitu melakukan tinjauan pustaka dan tinjauan lapangan, lalu dilanjutkan dengan perumusan masalah dan tujuan. Kemudian mempersiapkan data, baik itu data primer maupun data sekunder. Data primer yang perlu disiapkan yaitu dimensi lereng, sedangkan data sekunder meliputi data tanah borlog (N-SPT) dan data properties uji lab. Setelah data terkumpul, maka data-data tersebut dilakukan analisa data. Apabila analisa data telah selesai dilakukan, maka hal berikutnya yaitu mencari nilai *safety factor* dari kondisi lereng eksisting dengan menggunakan aplikasi *Geo-Studio (Slope/W)* dan *Plaxis*. Setelah itu mencari nilai *safety factor* setelah stabilitas dengan menggunakan aplikasi *Plaxis* untuk metode cerucuk bambu dan bronjong. Apabila dalam mencari nilai *safety factor* ternyata mendapat hasil dengan nilai di bawah 1,5 maka kembali

kepada bagian mencari nilai *safety factor* setelah stabilitas dengan menggunakan Plaxis. Setelah nilai *safety factor* yang didapatkan mencapai nilai di atas 1,5 kemudian dapat dilanjutkan dengan perhitungan RAB untuk metode cerucuk bambu dan bronjong. Langkah berikutnya yaitu membandingkan nilai *safety factor* dan biaya dari penggunaan metode cerucuk bambu dan bronjong. Saat perbandingan nilai *safety factor* dan biaya selesai dilakukan, kemudian didapatkan kesimpulan serta saran dari hasil penelitian ini. Setelah mendapatkan kesimpulan dan saran, maka penelitian ini telah selesai dilakukan dan mendapatkan hasil sesuai dengan tujuan yang diinginkan.

Berikut merupakan hasil uji *bore log*, seperti pada tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Hasil Uji *Bore Log* pada titik BH. 2 pada Jalan Tol Semarang

Kedalaman (m)	Tebal (m)	Material	Ciri-ciri	N-SPT
0,00-1,00	1,00	Lempung kelanauan	Sedikit pasir, lunak, warna cokelat	
1,00-3,00	2,00	Lanau kepasiran	Lunak, warna cokelat	7
3,00-6,50	3,50	Lanau kelempungan	Sedikit pasir, teguh, warna cokelat	13
6,50-8,00	1,50	Lanau kelempungan	Sedikit pasir, teguh sampai kaku, warna cokelat	20
8,00-10,00	2,00	Lanau kepasiran	Kaku, warna cokelat	>60
10,00-12,00	2,00	Pasir	Padat, warna cokelat	>60
12,00-15,00	3,00	Pasir	Padat, warna cokelat abu-abu	>60
15,00-20,00	5,00	Pasir	Tersisipi batu pasir, padat, warna cokelat abu-abu	>60

(Sumber : PT Jasamarga Tollroad Maintenance, 2020)

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini membahas tentang proses pengolahan data, merencanakan pemodelan dengan aplikasi *Plaxis* dan *Geo-Studio (Slope /w)*. Dengan analisa tersebut bertujuan untuk mengetahui factor keamanan (*safety factor*), membandingkan tingkat kelayakan dan nilai ekonomis secara harga dari metode cerucuk bambu dan bronjong, untuk mengetahui diantara metode perkuatan tersebut manakah yang dapat dianggap paling layak dari segi keamanan dan ekonomis. Sehingga diharapkan dapat digunakan sebagai perkuatan darurat untuk perbaikan jangka pendek yang ekonomis dan tentunya juga aman.

4.1 Parameter Tanah

Parameter tanah merupakan ukuran atau acuan untuk mendapatkan atau menilai hasil dari proses perubahan yang terjadi dalam tanah baik dari sifat fisik dan jenis tanah. Untuk parameter-parameter tanah, data dapat diperoleh dari uji tanah di laboratorium, sehingga selanjutnya digunakan untuk analisis maupun desain. Tujuan dari penyelidikan tanah ini antara lain untuk menentukan sifat tanah dan menentukan kapasitas daya dukung tanah.

Jenis parameter sifat fisik tanah itu sendiri seperti berat volume (G_s), porositas (n), ukuran butir tanah, berat isi, derajat kejenuhan (s), kepadatan tanah, kadar air (w), nilai attenberg, permeabilitas. Sedangkan sifat mekanis tanah adalah nilai (c), kohesi nilai sudut geser tanah (ϕ) dan daya dukung tanah (q). Parameter tanah yang digunakan pada analisa ini seperti pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Parameter Tanah pada Eksisting *Geo-Studio (Slope/W)*

γ_{sat} (kN/m^3)	γ_{unsat} (kN/m^3)	c (kN/m^2)	Φ ($^\circ$)
16,7556	13,3498	5,8839	34

4.2 Analisis Stabilitas Lereng Eksisting dengan *Geo-Studio (Slope/W)*

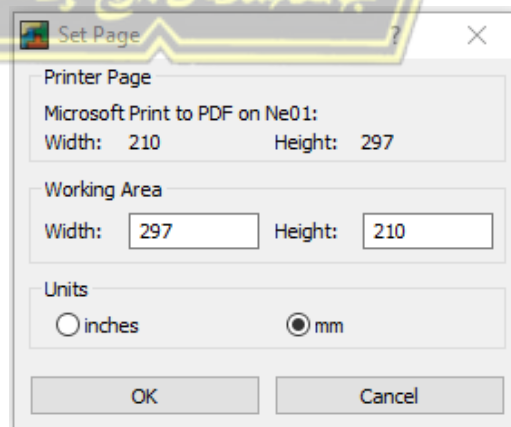
Adapun tahapan analisa kelongsoran lereng dengan aplikasi *Geo-Studio (Slope/W)* adalah sebagai berikut :

1. Langkah awal membuka aplikasi *Geo-Studio* yaitu harus mengetahui program analisis yang akan digunakan, karena *Geo-Studio* terdiri dari beberapa jenis analisis. Pada kasus ini yang akan di analisis merupakan stabilitas lereng, maka langkah selanjutnya pilih *Slope/W*, seperti pada Gambar 4.1.



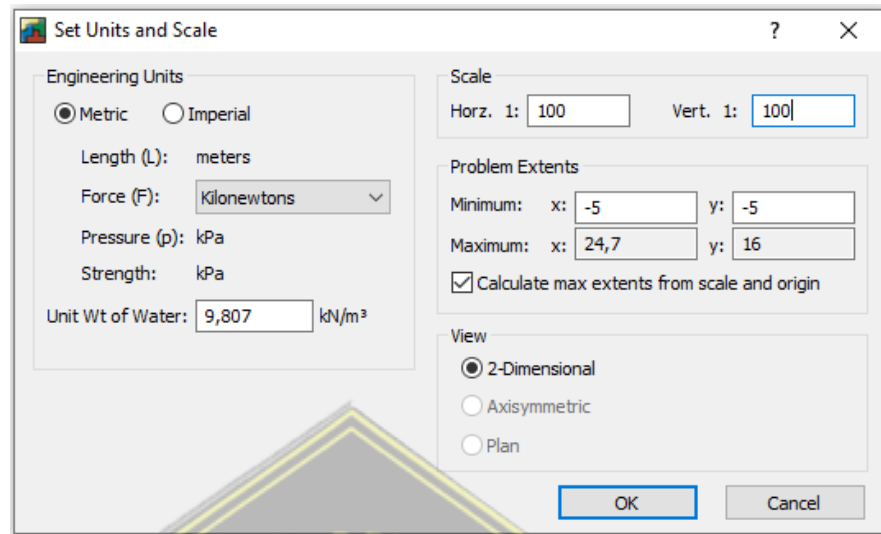
Gambar 4. 1 Tampilan utama *Geo Studio 2012*

2. Pilih *Menu set*, kemudian *page*, satuan yang digunakan adalah mm. Isi *working area* dengan *width 297 mm x Height 210 mm* (ukuran kertas A4 orientasi *landscape*) ditunjukkan pada Gambar 4.2 dibawah ini;



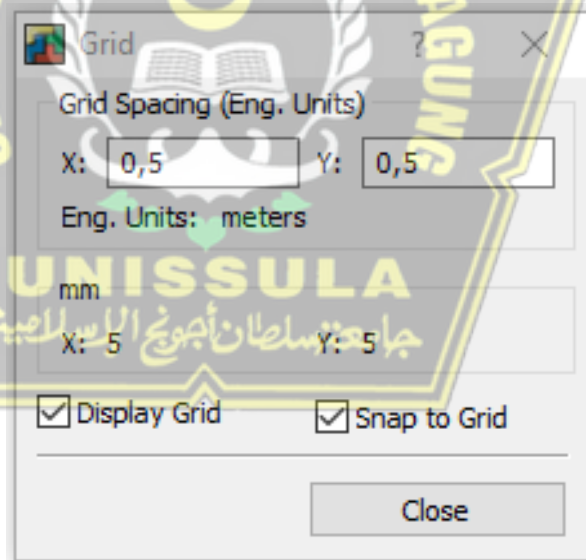
Gambar 4. 2 Kotak Dialog *Page*

- Pilih *Menu set*, kemudian *Unit and scale, engineering units* yang digunakan adalah m. Isi pengaturannya seperti tampilan Gambar 4.3;



Gambar 4. 3 Kotak Dialog *Units & Scale*

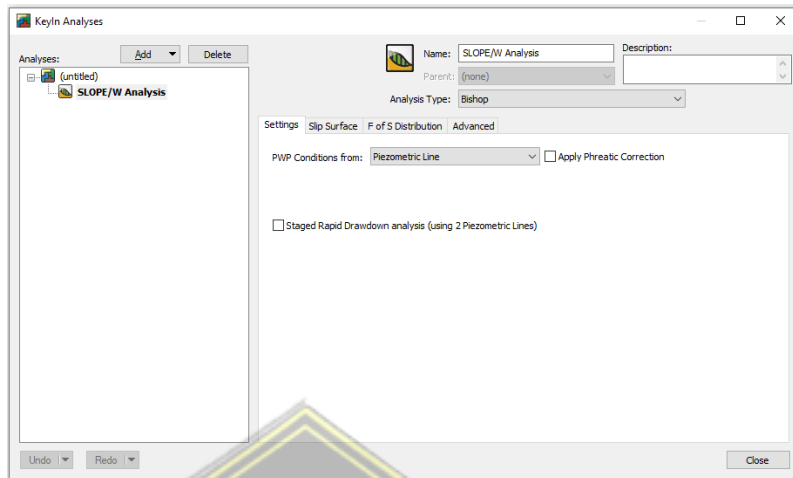
- Kemudian atur *setting grid spacing* menjadi seperti pada Gambar 4.4;



Gambar 4. 4 Kotak Dialog *Grid*

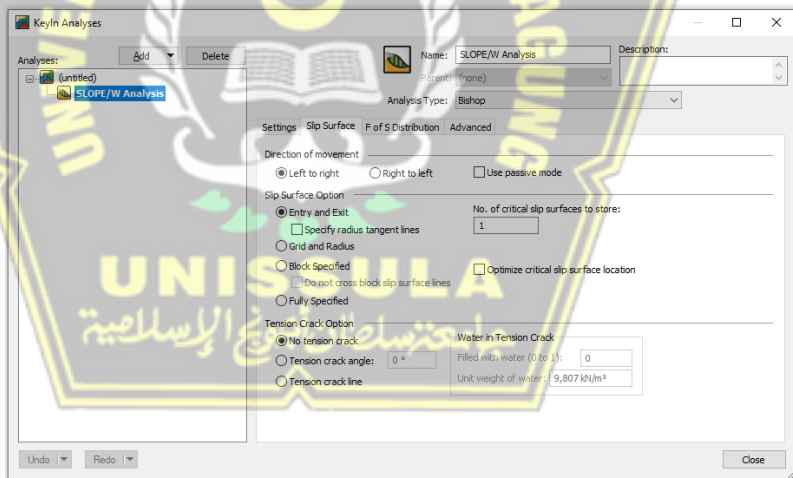
- Pilih *Analysis setting* pada *Menu – Keyln – Analyses* kemudian akan muncul *toolbox* seperti ini ;

- Tab *Settings* atur pengaturannya menjadi seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.5 dibawah ini;



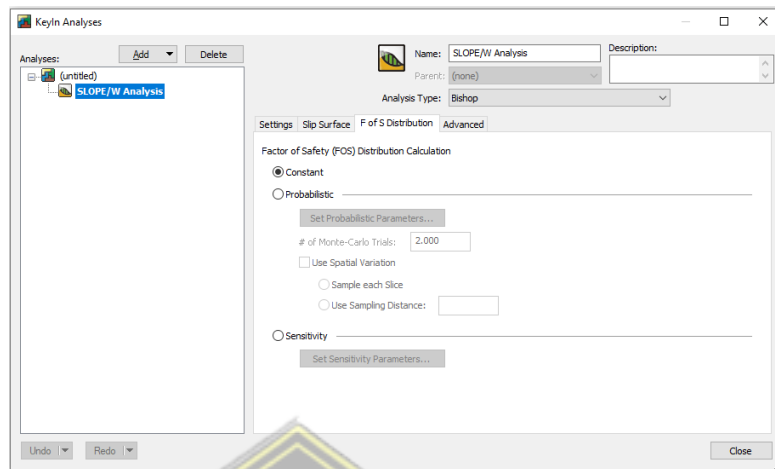
Gambar 4. 5 Kotak Dialog *KeyIn Analyses – Settings*

- Tab *Slip Surface* atur pengaturannya seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.6 seperti ini;



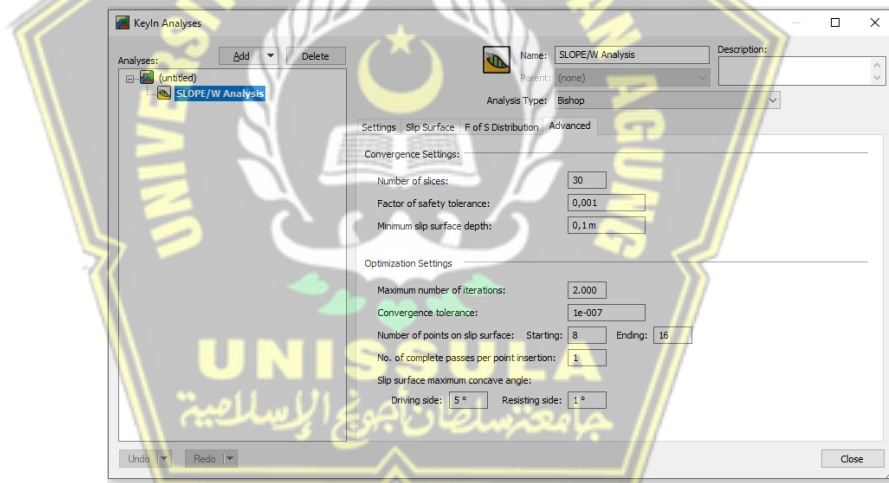
Gambar 4. 6 Kotak Dialog *KeyIn Analyses – Slip Surface*

- Tab *F of S Distribution* atur pengaturannya menjadi seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.7 berikut;



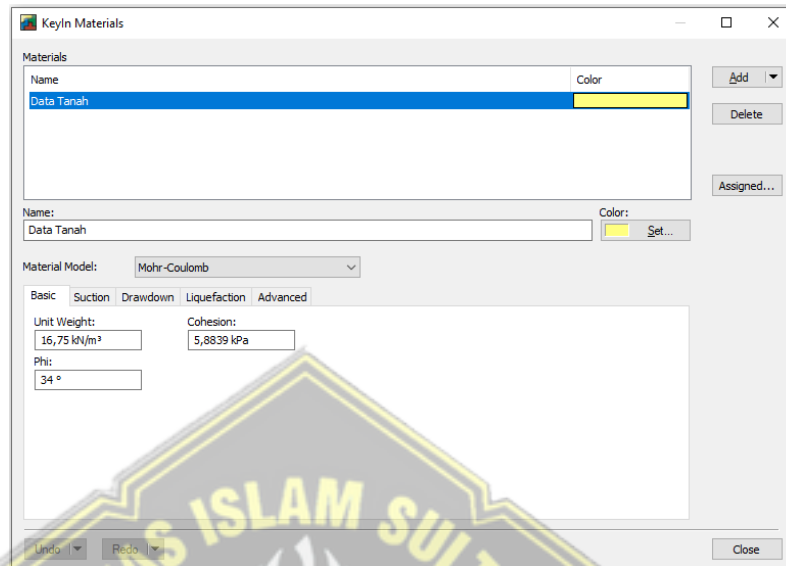
Gambar 4. 7 Kotak Dialog *KeyIn Analyses* – *F of S Distribution*

- Tab *Advanced* atur pengaturannya menjadi seperti Gambar 4.8;



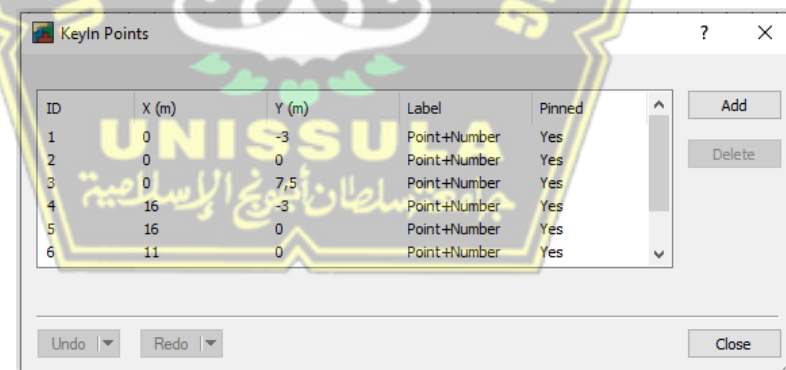
Gambar 4. 8 Kotak Dialog *KeyIn Analyses* – *Advanced*

6. Pilih *Menu – Keyln – Materials* dan isi parameter-parameter tanah sesuai dengan data tanah pada Tabel 4.1 dan tampilannya pada Gambar 4.9;



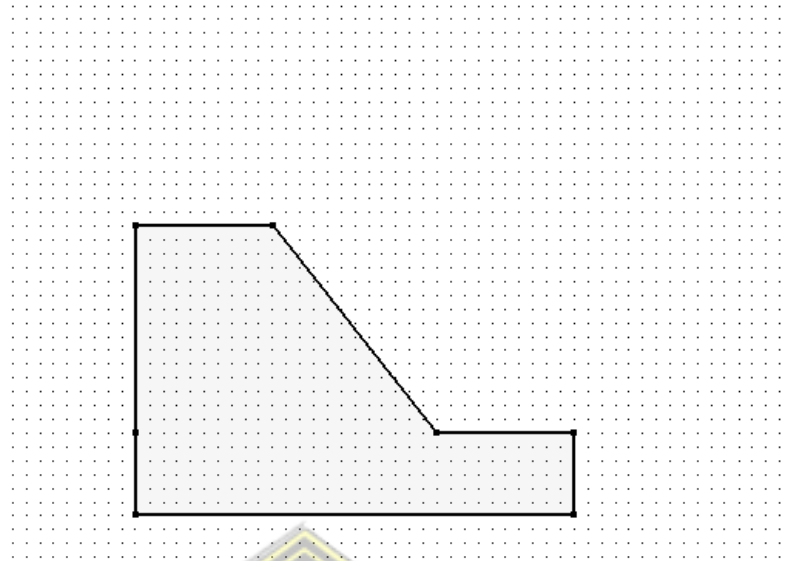
Gambar 4. 9 Kotak Dialog *Keyln Materials*

7. Pilih *Menu – Keyln – Points* dan isi koordinat titik sesuai dengan data geometri dan keadaan yang ada di lapangan, seperti Gambar 4.10;



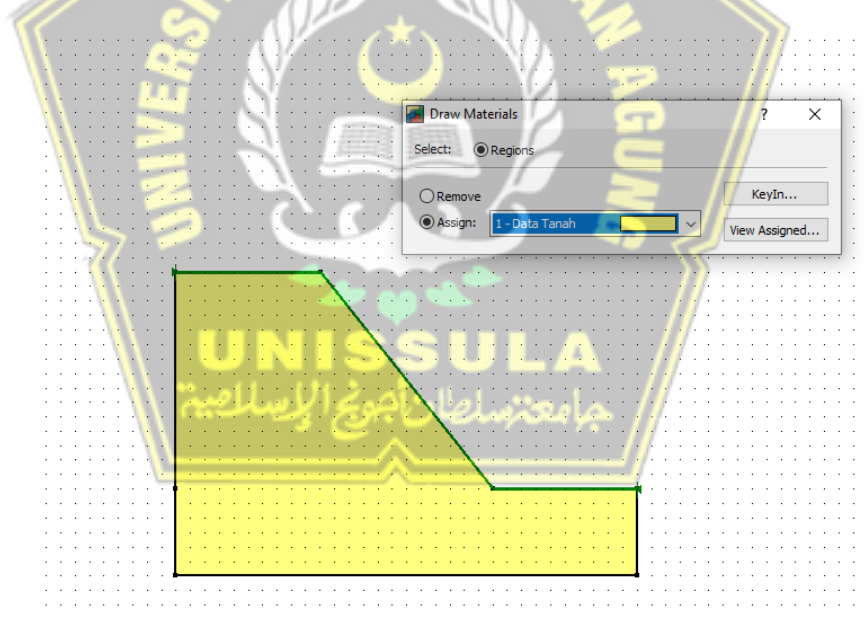
Gambar 4. 10 Kotak Dialog *Keyln Points*

8. Pilih *Menu – Draw – Regions* dan gambar dengan cara menghubungkan titik-titik acuan geometri yang telah dibuat sebelumnya, seperti yang ditampilkan pada gambar 4.11;



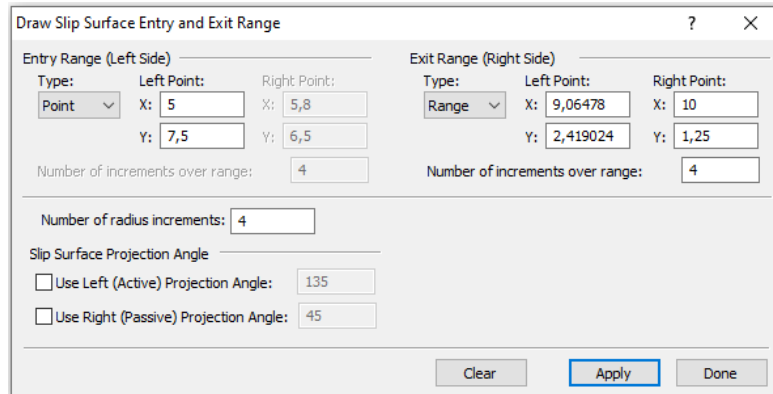
Gambar 4. 11 Tampilan *Region*

9. Pilih *Menu - Draw – Materials* lalu sisipkan *Material* yang telah dibuat ke *Regions* yang sudah dibuat, seperti yang ditunjukkan Gambar 4.12;



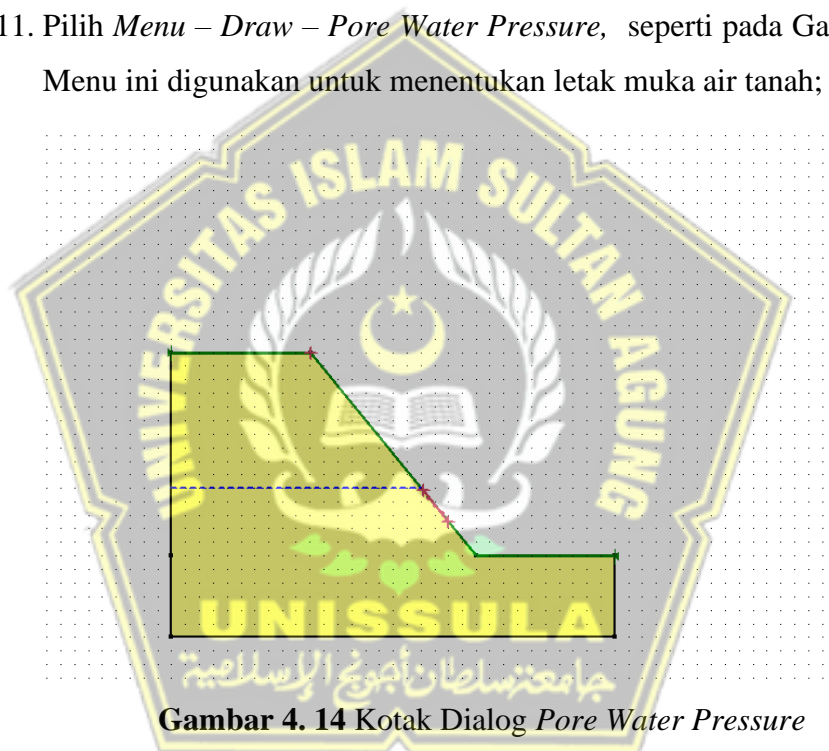
Gambar 4. 12 Kotak Dialog *Draw Materials*

10. Pilih *Menu – Draw – Slip Surfaces – Entry and Exit*, menu ini digunakan untuk menentukan *range* bidang gelincir yang kemungkinan akan terjadi dan atur seperti Gambar 4.13 di bawah ini;



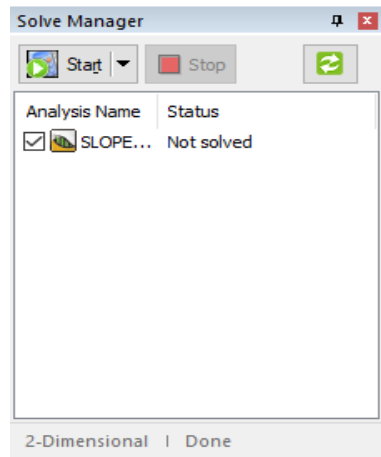
Gambar 4. 13 Kotak Dialog *Draw Surface Entry and Exit Range*

11. Pilih *Menu – Draw – Pore Water Pressure*, seperti pada Gambar 4.14, Menu ini digunakan untuk menentukan letak muka air tanah;



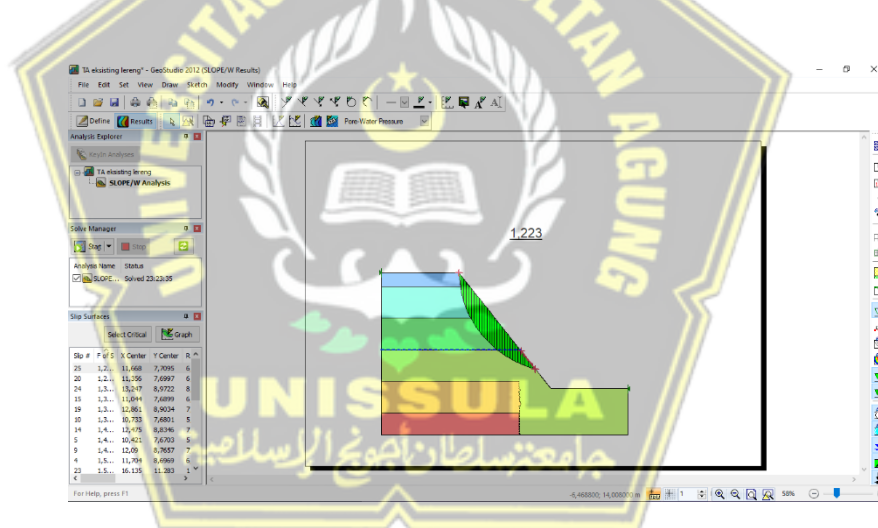
Gambar 4. 14 Kotak Dialog *Pore Water Pressure*

12. Lalu pada kotak dialog *Solve Manager* di bagian kiri bawah dan checklist box *Analysis Name*, seperti Gambar 4.15 yang tersedia kemudian klik *Start* untuk memulai analisa;



Gambar 4. 15 Kotak Dialog *Solve Manager*

13. Kemudian akan muncul hasil perhitungan analisa lereng yang telah dibuat sebelumnya. Secara otomatis *display* akan menampilkan nilai *SF* pada kondisi *Critical* seperti pada Gambar 4.16.



Gambar 4. 16 Tampilan Hasil Analisa *Safety Factor*

Didapatkan nilai *SF* sebesar **1,223** yang dapat diklasifikasikan sesuai Tabel 4.2 dengan kategori ”**Longsor Pernah Terjadi (Kelas Kritis)**” karena nilai *SF* antara **1,07 – 1,25**.

Tabel 4. 2 Klasifikasi Nilai *Safety Factor* Eksisting *Geo-Studio (Slope/W)*

Nilai Faktor Keamanan (FK)	Kejadian / Intensitas Longsor
FK < 1,07	Longsoran terjadi biasa/sering (kelas labil)
FK antara 1,07 – 1,25	Longsoran pernah terjadi (kelas kritis)
FK > 1,25	Longsoran jarang terjadi (kelas stabil)

(Sumber : Bowles, 1991)

4.3 Analisis Stabilitas Lereng Eksisting dengan Plaxis

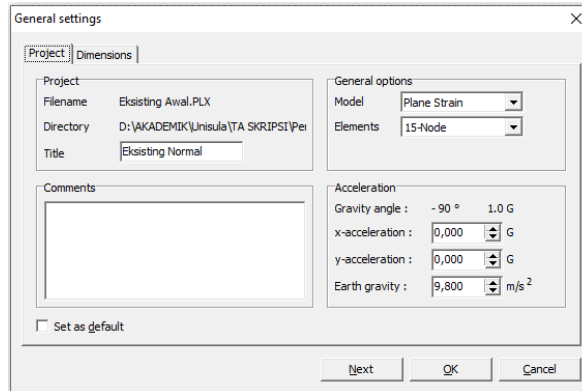
Adapun tahapan kelongsoran lereng dengan *Aplikasi Plaxis* adalah sebagai berikut:

1. Untuk memulai program *Plaxis*, hal pertama dengan klik 2 kali pada *Plaxis Input*. Lalu akan muncul kotak dialog *Create / Open Project*, kemudian pilih *New Project*, seperti yang terlihat pada Gambar 4.17 berikut :



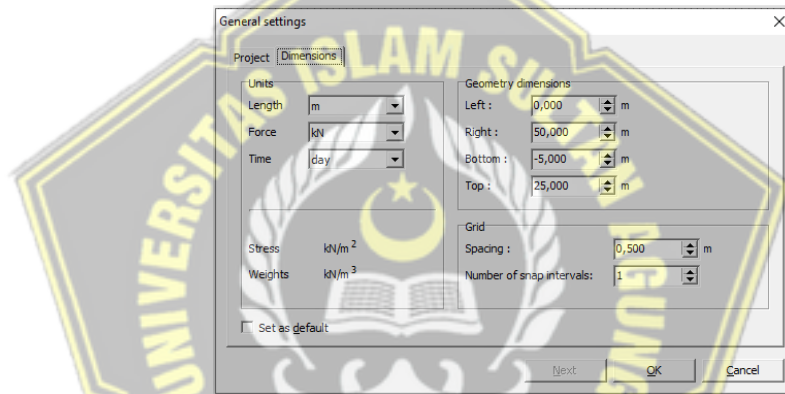
Gambar 4. 17 Kotak Dialog *Create / Open Project*

2. Lalu muncul kotak dialog *General Setting*
 - Pada Tab *Project* isi kotak *title* dengan judul yang diinginkan dan tampilan pengaturan ditunjukkan pada Gambar 4.18 berikut:



Gambar 4. 18 Kotak Dialog *General Setting – Project*

- Pada Tab *Dimensions* pengaturan dibuat seperti Gambar 4.19 berikut:



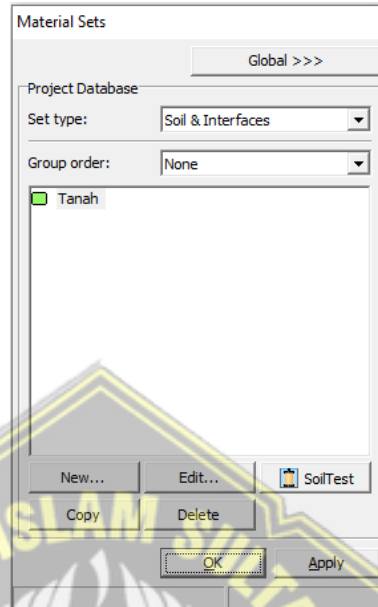
Gambar 4. 19 Kotak Dialog *General Setting – Dimensions*

3. Lalu buka Menu *View – Table*, akan muncul kotak dialog tabel koordinat seperti Gambar 4.20, kemudian isi koordinat sesuai dengan keadaan di lapangan;

Point	X [m]	Y [m]
0	0,000	0,000
1	0,000	7,500
2	5,000	7,500
3	11,000	0,000
4	16,000	0,000
5	16,000	-8,000
6	0,000	-8,000

Gambar 4. 20 Kotak Dialog *Coordinate Table*

4. Kemudian langkah selanjutnya memasukkan parameter data tanah dengan memilih menu *Materials – Soil and Interfaces*, seperti yang terlihat pada Gambar 4.21, berikut:



Gambar 4. 21 Kotak Dialog *Material Sets*

5. Lalu pilih *New* dan isi parameter tanah sesuai dengan Tabel 4.3, kemudian *input* data pada tab *General*, *Parameters*, dan *Interfaces*. Berikut merupakan parameter tanah yang digunakan pada analisa, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.3 berikut.

Tabel 4. 3 Parameter Tanah pada Eksisting *Plaxis*

γ_{sat} (kN/m^3)	γ_{unsat} (kN/m^3)	c (kN/m^2)	Φ ($^\circ$)	v
16,7556	13,3498	5,8839	34	0,4

Berikut merupakan hasil kotak dialog Mohr Column, dengan berbagai Tab seperti pada Gambar 4.22, Gambar 4.23 dan Gambar 4.24.

Mohr-Coulomb - Tanah

General | Parameters | Interfaces

Material set

Identification: Tanah

Material model: Mohr-Coulomb

Material type: Drained

General properties

γ_{unsat} : 13,350 kN/m³

γ_{sat} : 16,756 kN/m³

Permeability

k_x : 0,000 m/day

k_y : 0,000 m/day

Advanced...

SoilTest Next OK Cancel

Gambar 4. 22 Kotak Dialog Tanah Tab *General*

Mohr-Coulomb - Tanah

General | Parameters | Interfaces

Stiffness

E_{ref} : 4,000E+04 kN/m²

ν (nu): 0,400

Strength

c_{ref} : 5,884 kN/m²

ϕ (phi): 34,000 °

ψ (psi): 0,000 °

Alternatives

G_{ref} : 1,429E+04 kN/m²

E_{oed} : 8,571E+04 kN/m²

Velocities

V_s : 102,400 m/s

V_p : 250,800 m/s

Advanced...

SoilTest Next OK Cancel

Gambar 4. 23 Kotak Dialog Tanah Tab *Parameters*

Mohr-Coulomb - Tanah

General | Parameters | Interfaces

Strength

Rigid

Manual

R_{inter} : 1,000

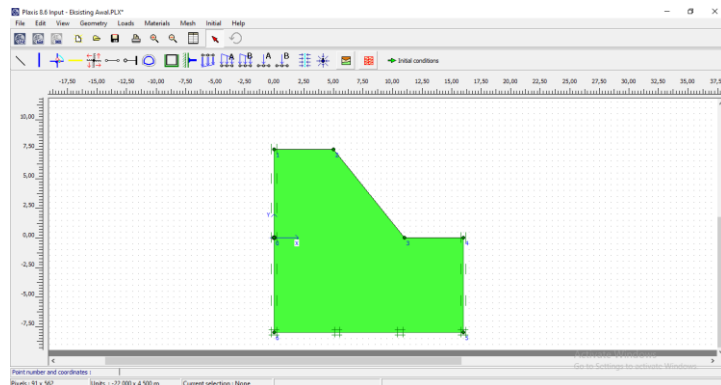
Real interface thickness

δ_{inter} : 0,000

SoilTest Next OK Cancel

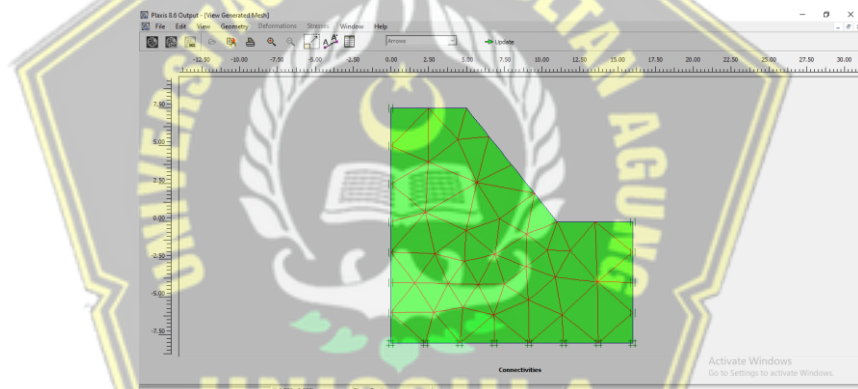
Gambar 4. 24 Kotak Dialog Tanah Tab *Interfaces*

6. Kemudian buka menu *Loads – Standard Fixities*, maka tampilan akan berubah menjadi seperti Gambar 4.25 berikut:


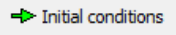



Gambar 4. 25 Tampilan Geometri dengan *Standard Fixities*

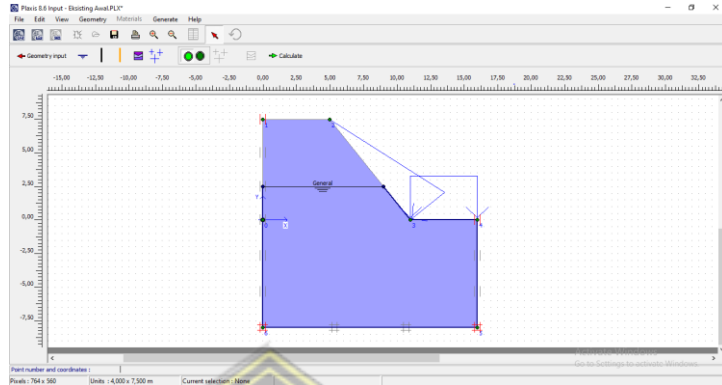
7. Kemudian pilih ikon *Generate Mesh*  pada *toolbar*, seperti pada Gambar 4.26;




Gambar 4. 26 Tampilan Geometri dengan *Generate Mesh*

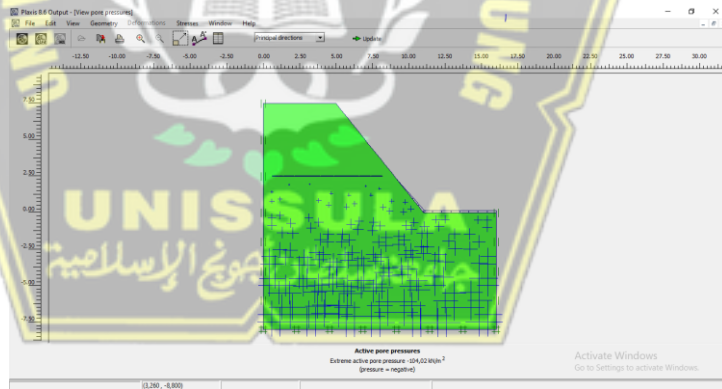
Setelah gambar seperti di atas muncul, maka klik ikon *update*  untuk kembali ke tampilan awal. Untuk mendefinisikan kondisi awal sebelum perhitungan, klik ikon pada *Initial conditions*  pada bagian *toolbar*. Kemudian muncul kotak dialog yang menampilkan nilai *default* untuk berat volume air yaitu 10 kN/m³ kemudian klik pada bagian OK.

8. Kemudian untuk membuat muka air tanah, klik ikon *Phreatic level*  pada *toolbar*, lalu gambar sesuai dengan kondisi di lapangan, seperti yang terlihat pada Gambar 4.27 berikut:






Gambar 4. 27 Tampilan Pemodelan Muka Air Tanah

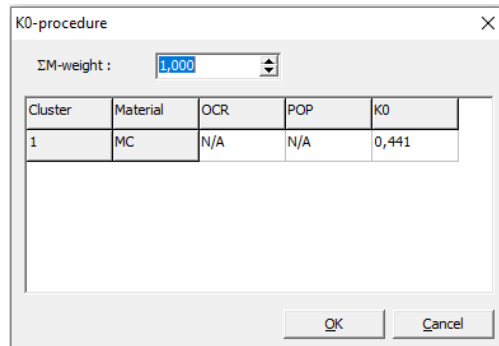
9. Kemudian klik ikon *Generate water pressure*  pada *toolbar*. Sehingga muncul kotak dialog *Water pressure generation* lalu pilih *Phreatic level* – OK. Maka kemudian muncul gambar seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.28 dibawah ini:



Gambar 4. 28 Tampilan *Pore pressures*

- Setelah gambar seperti di atas muncul, maka klik ikon  *Update* untuk kembali ke tampilan awal. Lalu klik ikon *switch*  pada *toolbar*.


10. Kemudian klik ikon *Generate Initial Stress* , setelah itu akan muncul kotak dialog *K0-procedure*, lalu pilih OK. Maka akan muncul gambar *Initial soil stresses*, seperti pada Gambar 4.29 dan Gambar 4.30;



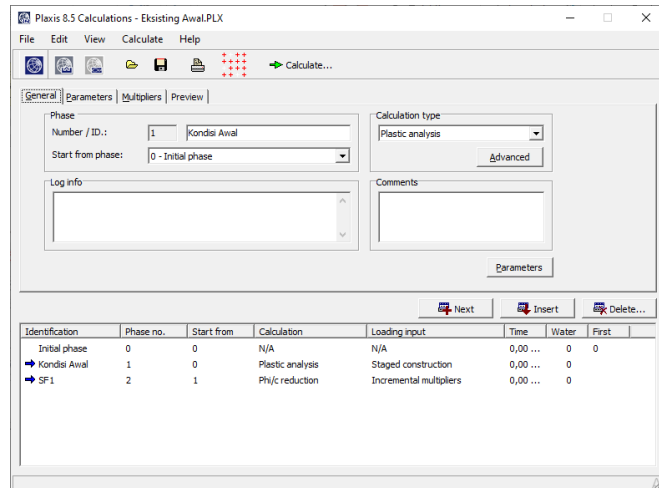
Gambar 4. 29 Kotak Dialog *K0-procedure*



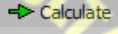
Gambar 4. 30 Tampilan *Initial soil stresses*

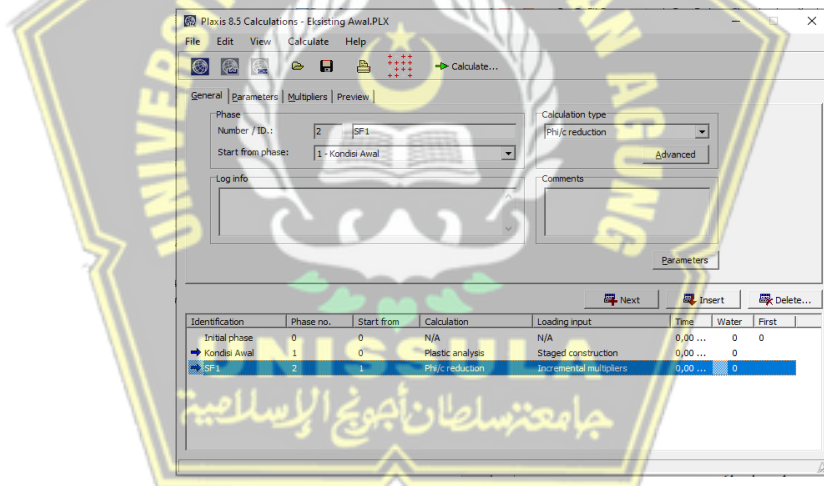
11. Kemudian klik ikon *calculate*  pada *toolbar*, maka akan muncul kotak dialog *calculations*. Pada saat kalkulasi, akan dibagi menjadi beberapa tahap perhitungan. Setelah itu buatlah tahap identifikasi menjadi sebagai berikut:

- Tahap 1 merupakan tahap dimana lereng dalam kondisi alami tanpa ada perkuatan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.31.



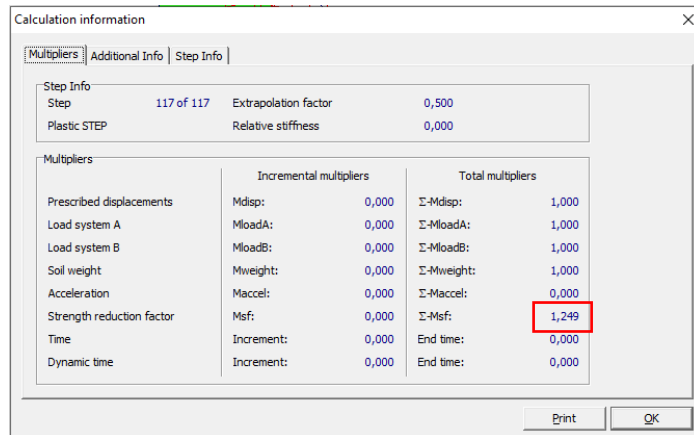
Gambar 4. 31 Tampilan Kotak Dialog *Calculations* tahap 1

- Tahap 2 merupakan tahap untuk identifikasi angka keamanan (*safety factor*) dengan memilih *Phi/c reduction* pada tab *General* menjadi. Kemudian klik ikon *calculate* , seperti pada Gambar 4.32



Gambar 4. 32 Tampilan Kotak Dialog *Calculations* tahap 2

12. Setelah proses analisa selesai, lalu klik tombol *View – Calculation info*, maka akan muncul hasil analisa berupa nilai *Safety Factor*, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.33;



Gambar 4. 33 Kotak Dialog Hasil *Calculation*

Dari hasil analisa didapatkan nilai *SF* sebesar **1,249** yang dapat diklasifikasikan sesuai Tabel 4.4 dengan kategori ”**Longsor pernah terjadi (kelas stabil)**” karena nilai *SF* **1,07 – 1,25**.

Tabel 4. 4 Klasifikasi Nilai *Safety Factor* pada Eksisting *Plaxis*

Nilai Faktor Keamanan (FK)	Kejadian / Intensitas Longsor
FK < 1,07	Longsor terjadi biasa/sering (kelas labil)
FK antara 1,07 – 1,25	Longsor pernah terjadi (kelas kritis)
FK > 1,25	Longsor jarang terjadi (kelas stabil)

(Sumber : Bowles, 1991)

Setelah lereng eksisting dianalisa menggunakan program PLAXIS & *Geo-Studio (Slope /w)*, berikut merupakan perbandingan nilai *Safety Factor* dari analisa kedua program, seperti pada Tabel 4.5 :

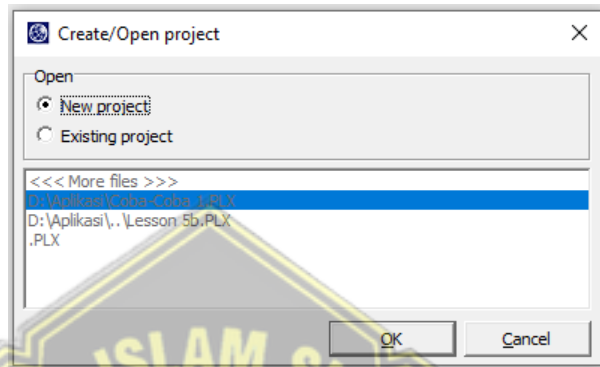
Tabel 4. 5 Perbandingan Nilai *Safety Factor* *Plaxis* & *Geo-Studio (Slope/W)*

Kondisi	Geo-Studio (Slope/W)	Plaxis
Eksisting	1,223	1,249

4.4 Analisis Stabilitas Lereng Perkuatan Cerucuk Bambu dengan Plaxis

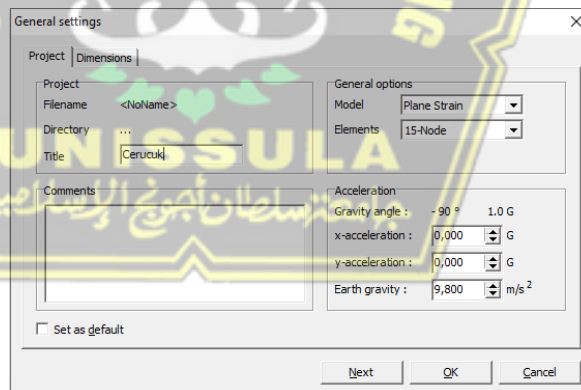
Adapun tahapan analisis kelongsoran lereng dengan *Aplikasi Plaxis* adalah sebagai berikut:

1. Untuk memulai program *Plaxis*, hal pertama dengan klik 2 kali pada *Plaxis Input*. Lalu akan muncul kotak dialog *Create / Open Project*, kemudian pilih *New Project*, seperti yang terlihat pada Gambar 4.34 :



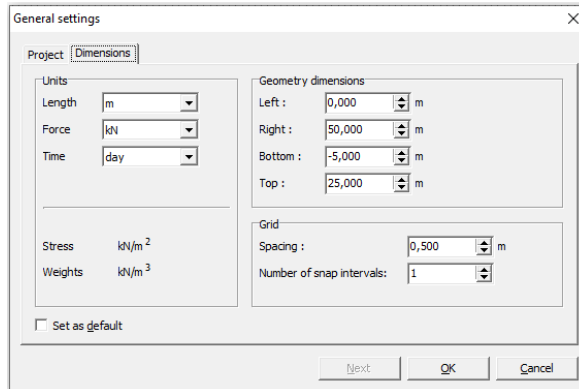
Gambar 4. 34 Kotak Dialog *Create / Open Project*

2. Lalu muncul kotak dialog *General Setting*
 - Pada Tab *Project* isi kotak *title* dengan judul yang diinginkan dan tampilan pengaturan seperti ditunjukkan pada gambar 4.35 berikut:



Gambar – 4. 35 Kotak Dialog *General Setting – Project*

- Pada Tab *Dimensions* pengaturan dibuat seperti Gambar 4.36:

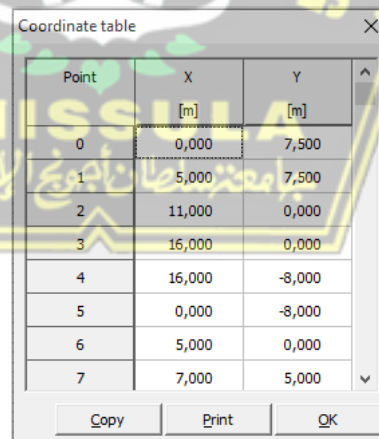


Gambar 4. 36 Kotak Dialog *General Setting – Dimensions*

3. Lalu buka Menu *View – Table*, akan muncul kotak dialog Tabel Koordinat kemudian isi koordinat sesuai dengan data Tabel 4.6 dan Gambar 4.37;

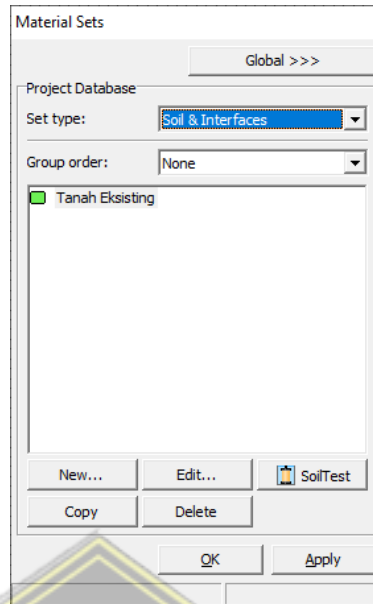
Tabel 4. 6 Data Koordinat Lereng pada Metode Cerucuk Bambu

NO	0	1	2	3	4	5	6	7
X	0	5	11	16	16	0	5	7
Y	7,5	7,5	0	0	-8	-8	0	5



Gambar 4. 37 Kotak Dialog *Coordinate Table*

4. Kemudian langkah selanjutnya memasukkan parameter data tanah dengan memilih menu *Materials – Soil and Interfaces*, seperti yang terlihat pada Gambar 4.38, berikut:

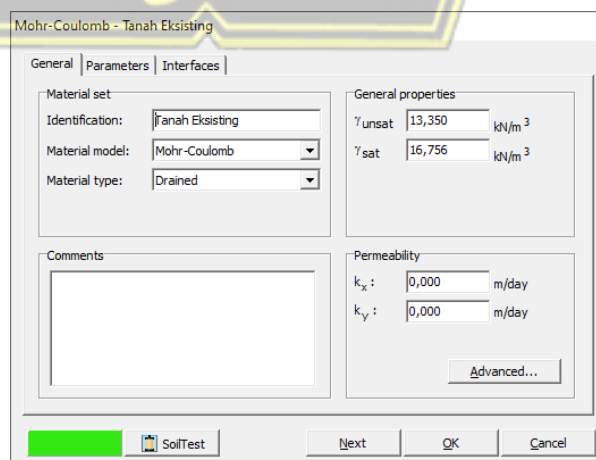


Gambar 4. 38 Kotak Dialog *Material Sets*

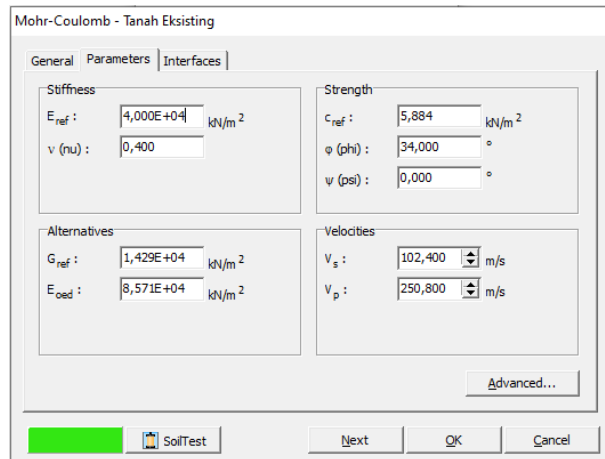
5. Lalu pilih *New* dan isi parameter tanah sesuai dengan Tabel 4.7, kemudian *input* data pada tab *General*, *Parameters*, dan *Interfaces* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.39, Gambar 4.40 dan Gambar 4.41.

Tabel 4. 7 Parameter Tanah pada Metode Cerucuk Bambu

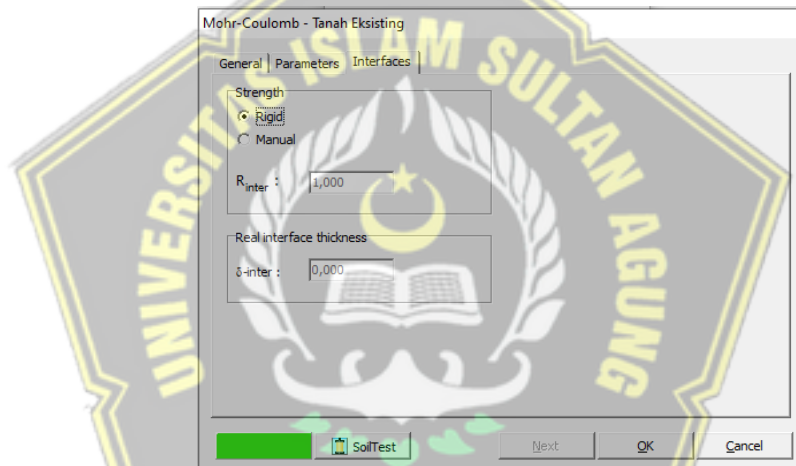
γ_{sat} (kN/m^3)	γ_{unsat} (kN/m^3)	c (kN/m^2)	ϕ	E (kN/m^2)	ν
16,7556	13,3498	5,8839	34	4×10^4	0,4



Gambar 4. 39 Kotak Dialog Tanah Eksisting Tab *General*

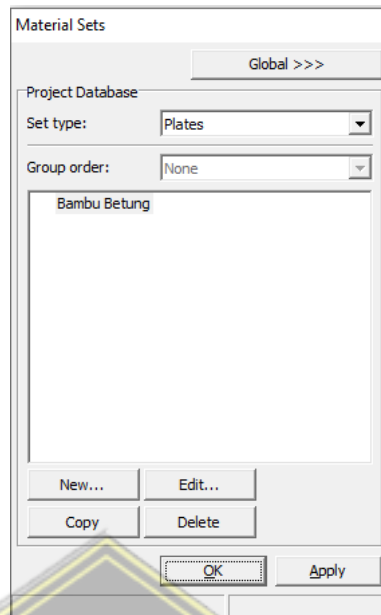


Gambar 4. 40 Kotak Dialog Tanah Eksisting Tab *Parameters*



Gambar 4. 41 Kotak Dialog Tanah Eksisting Tab *Interfaces*

6. Setelah itu memasukkan perkuatan cerucuk bambu dengan memilih menu *Materials – Plates* seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.42 berikut:

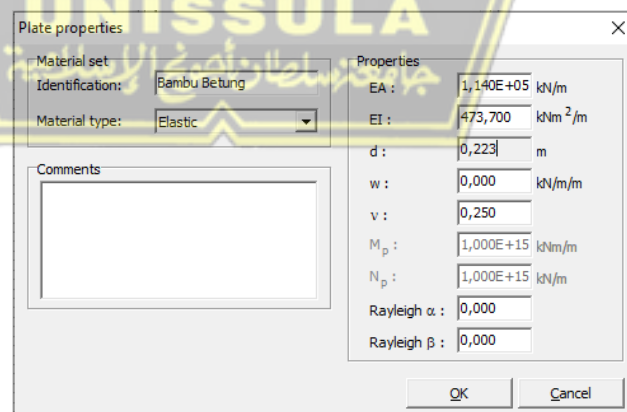


Gambar 4. 42 Kotak Dialog *Material Sets*

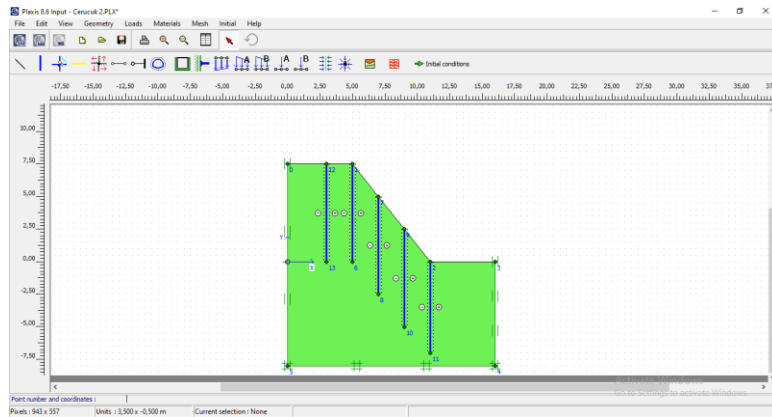
7. Lalu pilih *New* dan isi parameter perkuatan sesuai dengan Tabel 4.8 dan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.43;

Tabel 4. 8 Data *Plate Properties*

Jenis Material	EA (kN/m)	EI (kN.m ² /m)	v
Bambu Betung Tunggal	1,14 x 10 ⁵	473,7	0,25

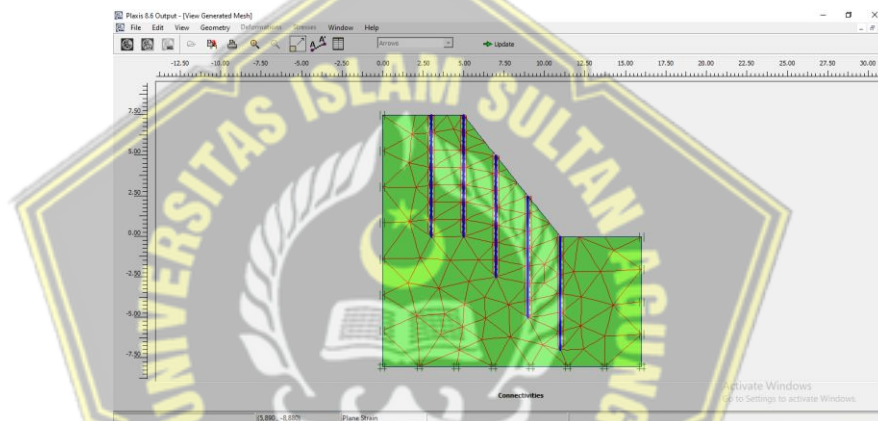


Gambar 4. 43 Kotak Dialog *Plate Properties*


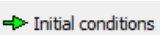



Gambar 4. 44 Tampilan Geometri dengan Perkuatan Cerucuk

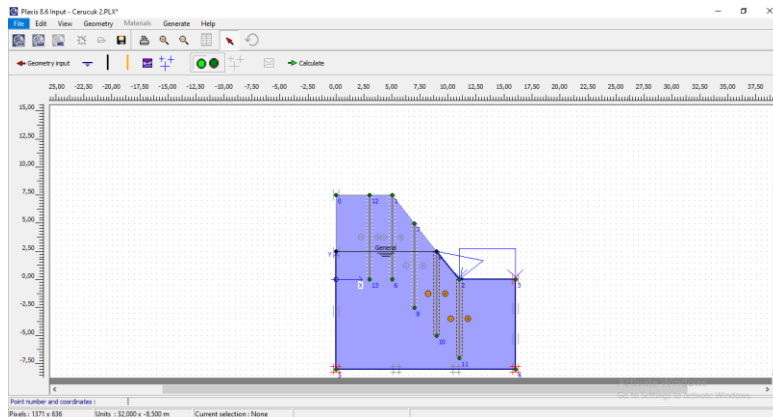
8. Kemudian pilih ikon *Generate Mesh*  pada *toolbar*:




Gambar 4. 45 Tampilan Geometri dengan *Generate Mesh*

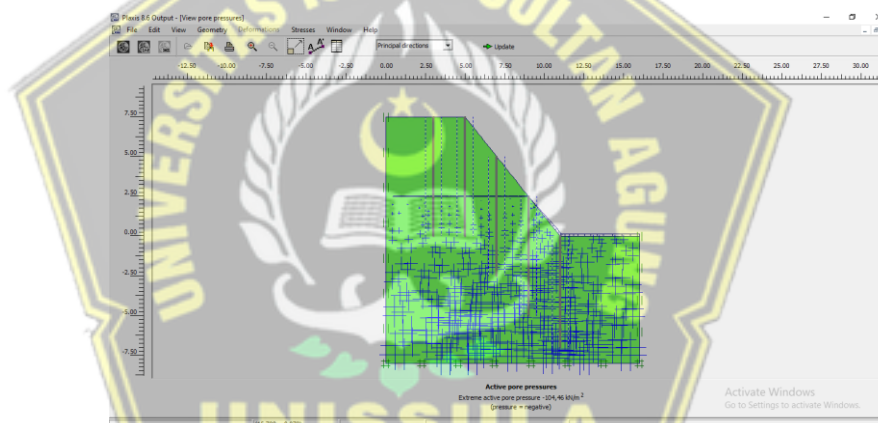
Setelah Gambar 4.45 seperti di atas muncul, maka klik ikon *update*  untuk kembali ke tampilan awal. Untuk mendefinisikan kondisi awal sebelum perhitungan, klik ikon *Initial conditions*  pada *toolbar*.

9. Kemudian untuk membuat muka air tanah, klik ikon *Phreatic level*  pada *toolbar*, lalu gambar sesuai dengan yang direncanakan, seperti yang telah terlihat pada gambar berikut, seperti pada Gambar 4.46






Gambar 4. 46 Tampilan Pemodelan Muka Air Tanah

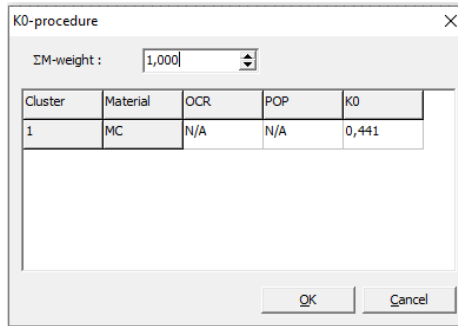
10. Kemudian klik ikon *Generate water pressure*  pada *toolbar*. Sehingga muncul kotak dialog *Water pressure generation* lalu pilih *Phreatic level* – *OK*. Maka muncul gambar seperti ditunjukkan gambar 4.47 berikut:



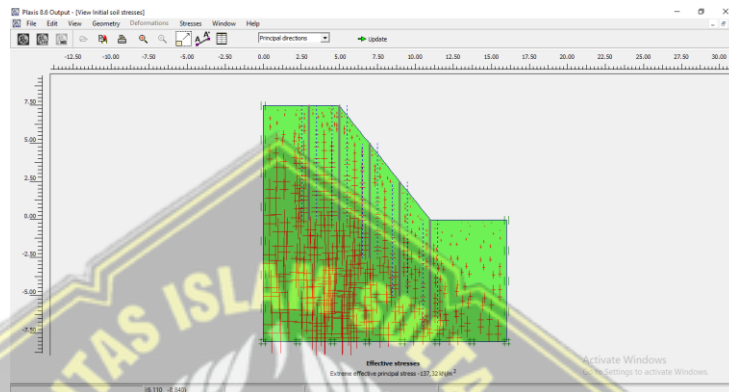
Gambar 4. 47 Tampilan *Pore Pressures*

- Setelah gambar seperti di atas muncul, maka klik ikon *update*  untuk kembali ke tampilan awal. Lalu klik ikon *switch*  pada *toolbar*.


11. Kemudian klik ikon *Generate Initial Stress* , setelah itu akan muncul kotak dialog *K0-procedure* seperti Gambar 4.48, lalu pilih *OK*. Maka akan muncul gambar *Initial soil stresses* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.49.



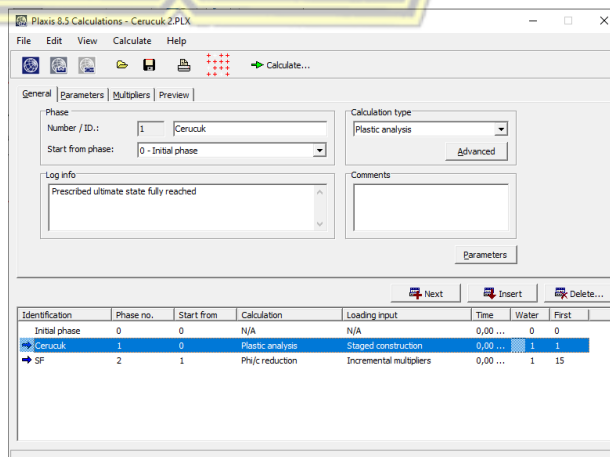
Gambar 4. 48 Kotak Dialog *K0-procedure*



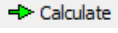
Gambar 4. 49 Tampilan *Initial soil stresses*

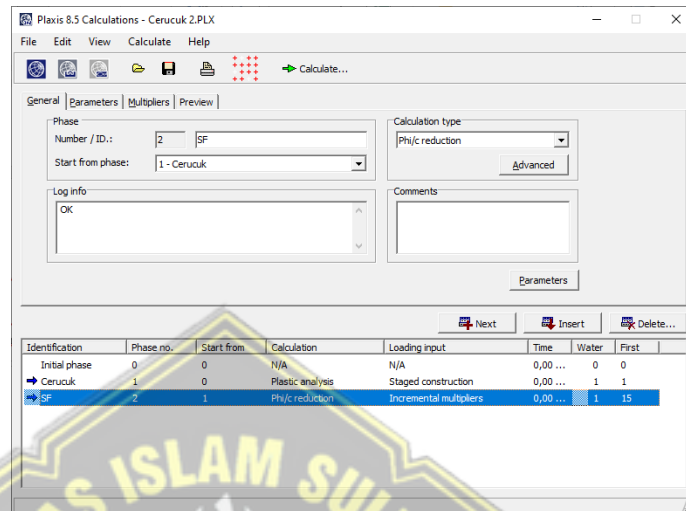
12. Kemudian klik ikon *calculate*  *Calculate* pada *toolbar*, maka kemudian muncul tampilan dialog *calculations* seperti ditunjukkan Gambar 4.50. Saat kalkulasi, proses akan dibagi menjadi beberapa tahap perhitungan. Setelah itu buatlah tahap identifikasi menjadi sebagai berikut:

- Tahap 1 merupakan tahap dimana lereng dalam kondisi alami tanpa ada perkuatan seperti pada Gambar 4.50.



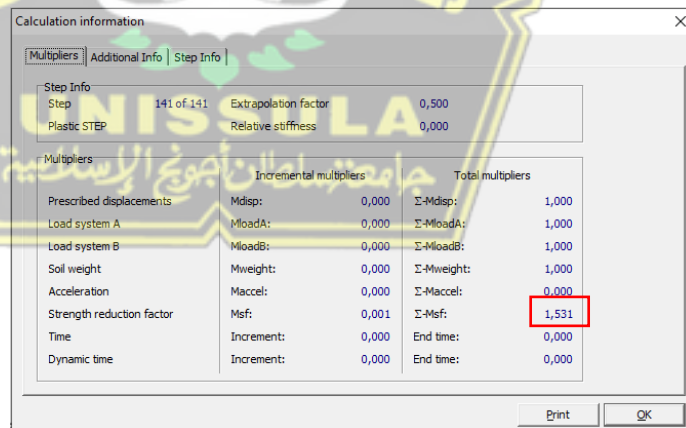
Gambar 4. 50 Tampilan Kotak Dialog *Calculations* Tahap 1

- Tahap 2 merupakan tahap untuk identifikasi angka keamanan (*safety factor*) dengan memilih *Phi/c reduction* pada tab *General*. Kemudian klik ikon *calculate* , seperti pada Gambar 4.51



Gambar 4. 51 Tampilan Kotak Dialog *Calculations* Tahap 2

13. Setelah proses analisa selesai, lalu klik tombol *View – Calculation info*, maka akan muncul hasil analisa berupa nilai *Safety Factor*, seperti pada Gambar 4.52



Gambar 4. 52 Tampilan Kotak Dialog Hasil *Calculation*

Dari hasil analisa didapatkan nilai *SF* sebesar **1,531** yang dapat diklasifikasikan sesuai Tabel 4.9 dengan kategori ”**Longsoran jarang terjadi (kelas stabil)**” karena nilai *SF* > 1,25.

Tabel 4. 9 Klasifikasi Nilai *Safety Factor* pada Metode Cerucuk Bambu

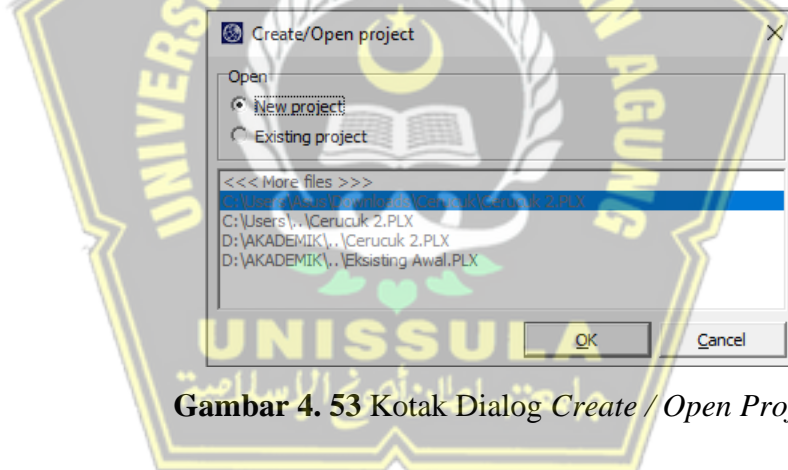
Nilai Faktor Keamanan (FK)	Kejadian / Intensitas Longsor
FK < 1,07	Longsoran terjadi biasa/sering (kelas labil)
FK antara 1,07 – 1,25	Longsoran pernah terjadi (kelas kritis)
FK > 1,25	Longsoran jarang terjadi (kelas stabil)

(*Sumber : Bowles, 1991*)

4.5 Analisis Stabilitas Lereng Perkuatan Bronjong dengan Plaxis

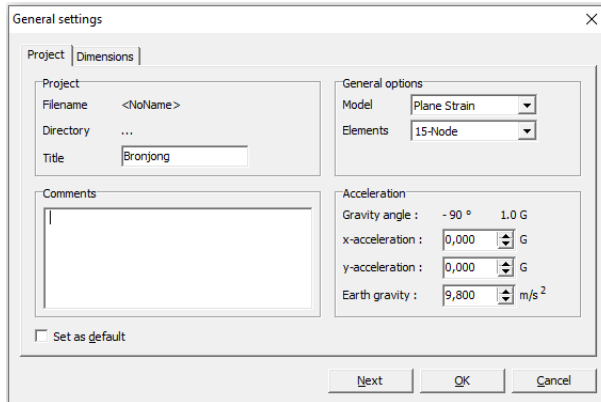
Adapun tahapan kelongsoran lereng dengan *Aplikasi Plaxis* adalah sebagai berikut:

1. Untuk memulai program *Plaxis*, hal pertama dengan klik 2 kali pada *Plaxis Input*. Lalu kemudian muncul tampilan dialog *Create / Open Project*, kemudian klik *New Project*, seperti yang terlihat pada Gambar 4.53 dibawah ini:



Gambar 4. 53 Kotak Dialog *Create / Open Project*

2. Lalu muncul kotak dialog *General Setting*
 - Pada Tab *Project* isi kotak *title* dengan judul yang diinginkan dan tampilan pengaturan seperti ditampilkan Gambar 4.54 berikut:



Gambar 4. 54 Kotak Dialog *General Settings – Project*

Pada Tab *Dimensions* pengaturan dibuat seperti gambar 4.55 berikut:



Gambar 4. 55 Kotak Dialog *General Settings – Dimensions*

3. Lalu buka Menu *View – Table*, akan muncul kotak dialog Tabel Koordinat kemudian isi koordinat sesuai dengan keadaan di lapangan, seperti pada Tabel 4.10 dan ditunjukkan pada Gambar 4.56 ;

Tabel 4. 10 Data Koordinat Lereng pada Metode Bronjong

NO	0	1	2	3	4	5	6	7
X	0	0	5	10,25	16	16	0	12
Y	0	7,5	7,5	0	0	-8	-8	0

Point	X [m]	Y [m]
0	0,000	0,000
1	0,000	7,500
2	5,000	7,500
3	10,250	0,000
4	16,000	0,000
5	16,000	-8,000
6	0,000	-8,000
7	12,000	0,000

Gambar 4. 56 Kotak Dialog *Coordinate Table*

4. Kemudian langkah selanjutnya memasukkan parameter data tanah dengan memilih menu *Materials – Soil and Interfaces*, seperti yang terlihat pada Gambar 4.57 berikut:

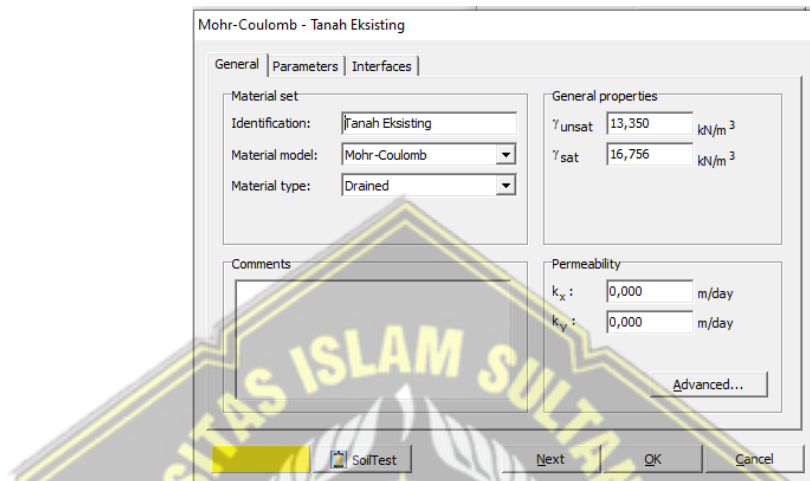


Gambar 4. 57 Kotak Dialog *Coordinate Table*

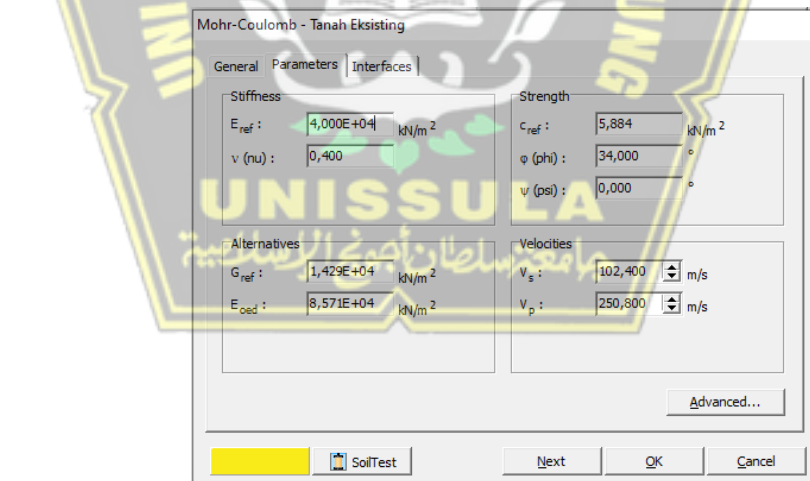
5. Lalu pilih *New* dan isi parameter tanah sesuai dengan Tabel 4.11, kemudian *input* data pada tab *General*, *Parameters*, dan *Interfaces*, seperti ditampilkan pada Gambar 4.58, Gambar 4.59 dan Gambar 4.60,

Tabel 4. 11 Parameter Tanah pada Metode Bronjong

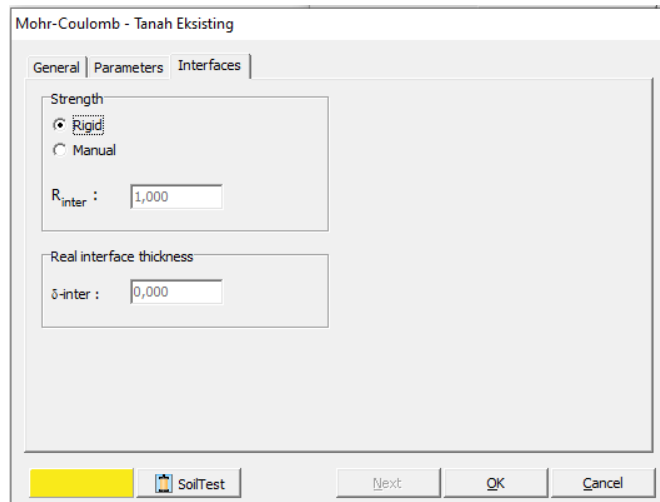
γ_{sat} (kN/m^3)	γ_{unsat} (kN/m^3)	c (kN/m^2)	Φ ($^\circ$)	E (kN/m^2)	ν
16,7556	13,3498	5,8839	34	4×10^4	0,4



Gambar 4. 58 Kotak Dialog Tanah Eksisting Tab *General*



Gambar 4. 59 Kotak Dialog Tanah Eksisting Tab *Parameters*



Gambar 4. 60 Kotak Dialog Tanah Eksisting Tab *Interfaces*

6. Setelah itu langkah selanjutnya memasukkan parameter data pengisi bronjong dengan memilih menu *Materials – Soil and Interfaces*, tampilan akan ditunjukkan Gambar 4.61 berikut:

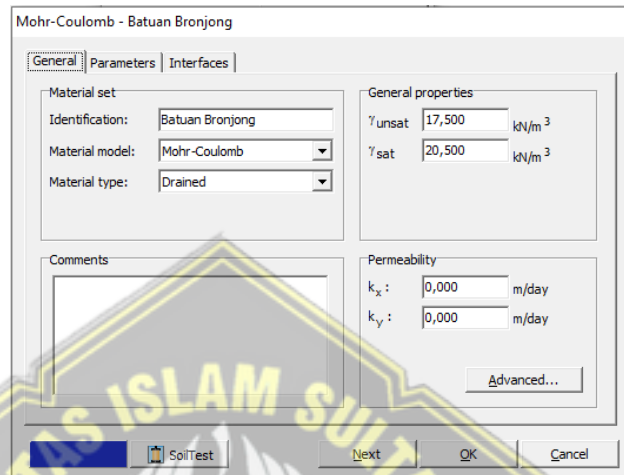


Gambar 4. 61 Kotak Dialog *Material Sets*

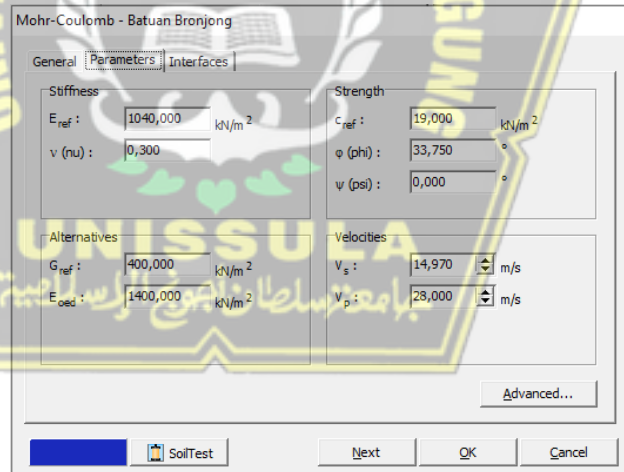
7. Kemudian pilih *New* dan isi parameter pengisi bronjong sesuai dengan Tabel 4.12, lalu *input* data pada tab *General*, *Parameters*, dan *Interface*, seperti Gambar 4.62, Gambar 4.63 dan Gambar 4.64.

Tabel 4. 12 Parameter Batu Bengisi Bronjong

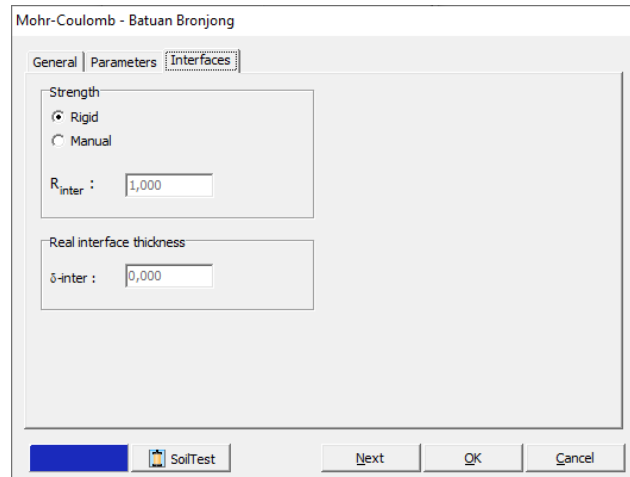
γ_{sat} (kN/m^3)	γ_{unsat} (kN/m^3)	E (kN/m^2)	c (kN/m^2)	Φ ($^\circ$)	v
20,5	17,5	1040	19	33,75	0,3



Gambar 4. 62 Kotak Dialog Batuan Bronjong Tab *General*



Gambar 4. 63 Kotak Dialog Batuan Bronjong Tab *Parameters*



Gambar 4. 64 Kotak Dialog Batuan Bronjong Tab *Interfaces*

8. Setelah itu memasukkan parameter data kawat pembungkus batu bronjong dengan memilih menu *Materials – Geogrids*, seperti yang terlihat pada gambar 4.65 berikut:

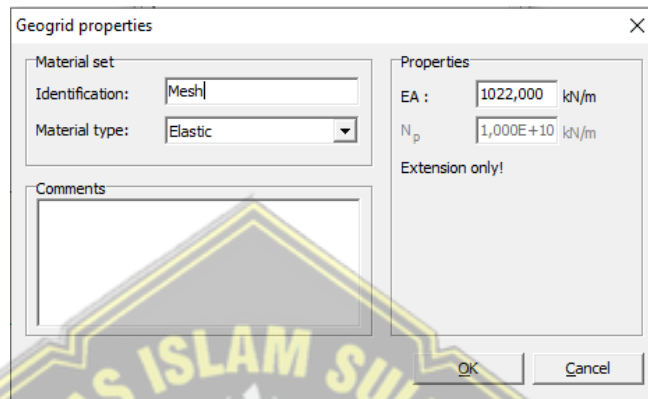


Gambar 4. 65 Kotak Dialog *Material Sets*

9. Lalu pilih *New* dan isi parameter data kawat pembungkus batu bronjong sesuai dengan Tabel 4.13 dan dapat ditampilkan pada Gambar 4.66.

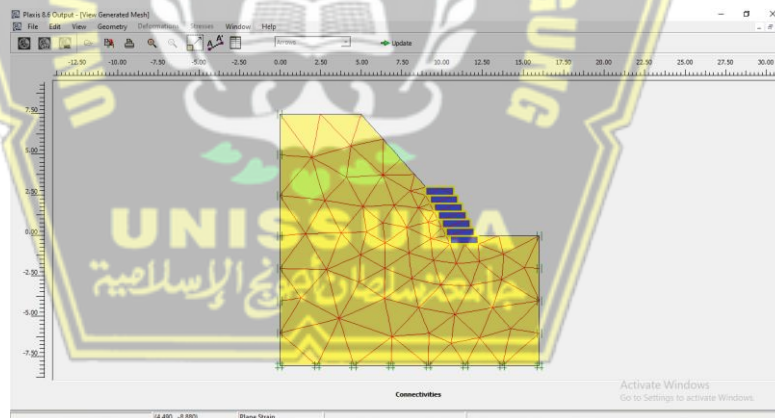
Tabel 4. 13 Parameter pendekatan kawat Bronjong *Box*

Identifikasi	Geogrid (Bronjong <i>Box</i>)
Kekakuan axial tarik / EA (kN / m)	1022


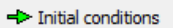



Gambar 4. 66 Kotak Dialog *Geogrid properties*

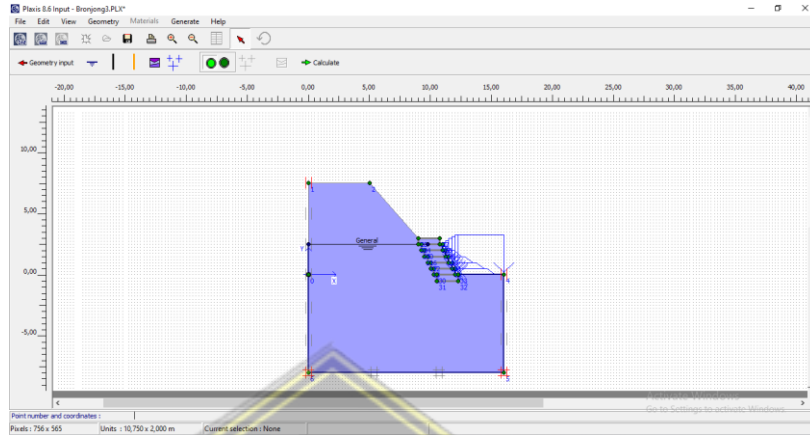
10. Setelah itu pilih ikon *Generate Mesh* pada *toolbar*, seperti Gambar 4.67.




Gambar 4. 67 Tampilan Geometri dengan *Generate Mesh*

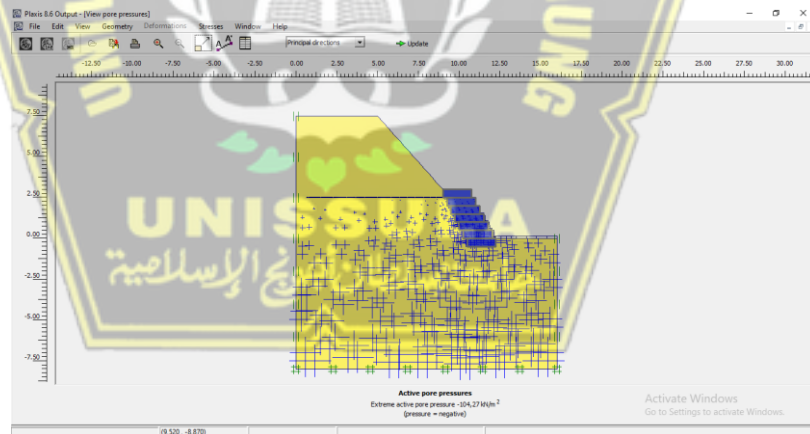
Setelah gambar seperti di atas muncul, maka klik ikon *update*  untuk kembali ke tampilan awal. Untuk mendefinisikan kondisi awal sebelum perhitungan, klik bagian *Initial conditions*  pada *toolbar*. Kemudian muncul kotak dialog yang menampilkan nilai *default* berat volume air yaitu 10 kN/m³ kemudian klik pada bagian OK.

11. Kemudian untuk membuat muka air tanah klik ikon *Phreatic level*  pada *toolbar*, lalu gambar sesuai dengan kondisi di lapangan, seperti yang terlihat pada Gambar 4.68 berikut:






Gambar 4. 68 Tampilan Pemodelan Muka Air Tanah

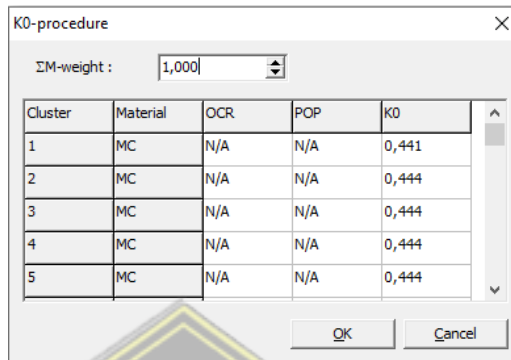
12. Kemudian klik ikon *Generate water pressure*  pada *toolbar*. Sehingga muncul kotak dialog *Water pressure generation* lalu pilih *Phreatic level* – OK. Maka tampilan menjadi seperti Gambar 4.69 berikut:



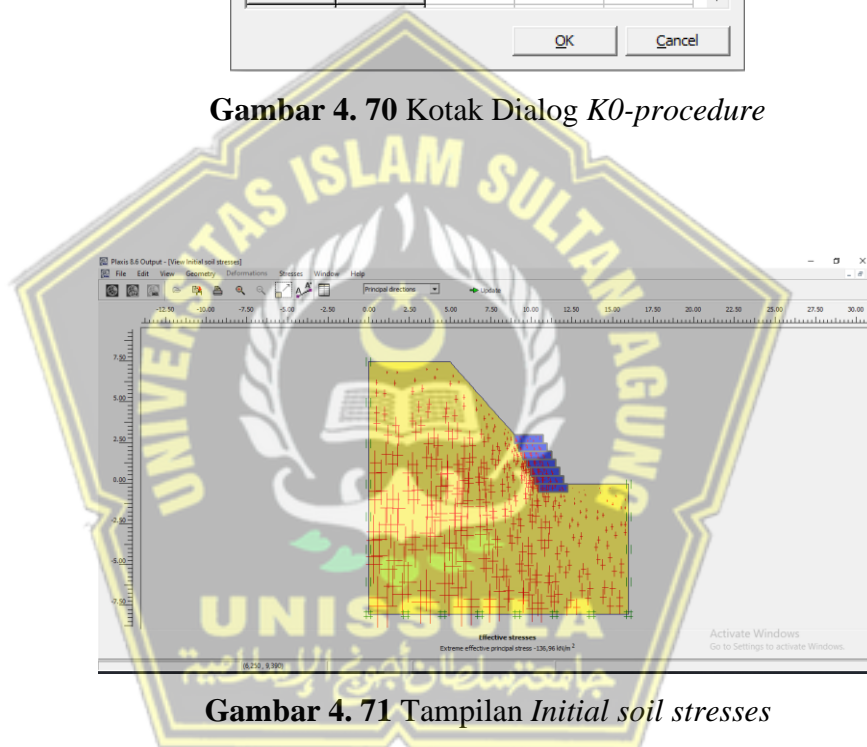
Gambar 4. 69 Tampilan *Pore Pressures*

Setelah gambar seperti di atas muncul, maka klik ikon  **Update** untuk kembali ke tampilan awal. Lalu klik ikon *switch*  pada *toolbar*.

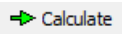
13. Kemudian klik ikon *Generate Initial Stress* , setelah itu akan muncul kotak dialog *K0-procedure*, lalu pilih OK. Maka akan muncul gambar *Initial soil stresses*, seperti ditampilkan Gambar 4.70 dan Gambar 4.71.



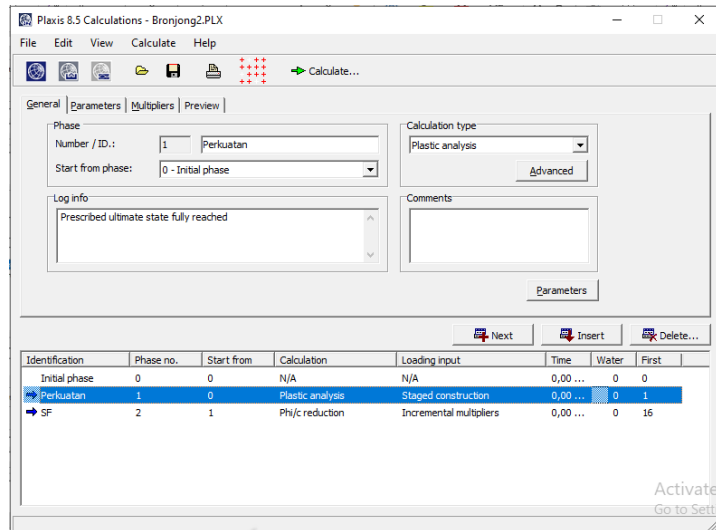
Gambar 4. 70 Kotak Dialog *K0-procedure*




Gambar 4. 71 Tampilan *Initial soil stresses*

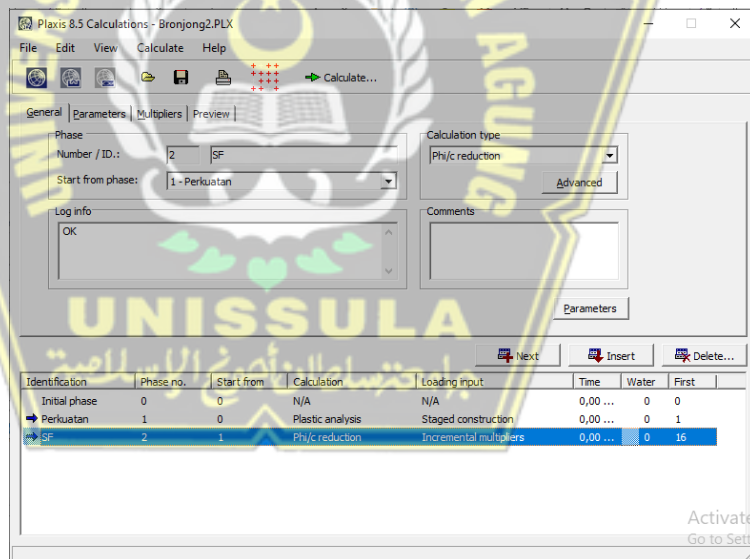
14. Setelah itu klik ikon *calculate*  pada *toolbar*, maka akan muncul kotak dialog *calculations*. Pada saat kalkulasi akan dibagi menjadi beberapa tahap perhitungan. Setelah itu buatlah tahap identifikasi menjadi sebagai berikut:

- Tahap 1 merupakan tahap dimana lereng dalam kondisi alami tanpa ada perkuatan, seperti yang ditampilkan Gambar 4.72.



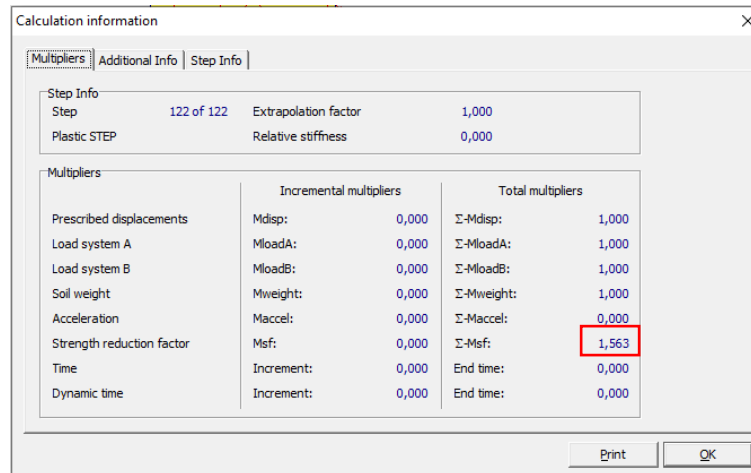
Gambar 4. 72 Tampilan Kotak Dialog *Calculations* Tahap 1

- Tahap 2 merupakan tahap untuk identifikasi angka keamanan (*safety factor*) dengan memilih *Phi/c reduction* pada tab *General*. Kemudian klik ikon *Calculate*  *Calculate* , seperti yang ditampilkan Gambar 4.73.



Gambar 4. 73 Tampilan Kotak Dialog *Calculations* Tahap 2

15. Setelah proses analisa selesai, lalu klik tombol *View – Calculation info*, maka akan muncul hasil analisa berupa nilai *Safety Factor*. *Setelaj unss setelaj oubaj*, seperti pada Gambar 4.74.



Gambar 4. 74 Kotak Dialog Hasil *Calculation*

Dari hasil analisa didapatkan nilai *SF* sebesar **1,563** yang dapat diklasifikasikan sesuai Tabel 4.14 dengan kategori “**Longsoran jarang terjadi (kelas stabil)**” karena nilai *SF* > 1,25.

Tabel 4. 14 Klasifikasi Nilai *Safety Factor* pada Metode Bronjong

Nilai Faktor Keamanan (FK)	Kejadian / Intensitas Longsor
FK < 1,07	Longsoran terjadi biasa/sering (kelas labil)
FK antara 1,07 – 1,25	Longsoran pernah terjadi (kelas kritis)
FK > 1,25	Longsoran jarang terjadi (kelas stabil)

(*Sumber : Bowles, 1991*)

Setelah lereng eksisting diberi perkuatan dan dianalisa menggunakan program PLAXIS, berikut merupakan perbandingan nilai *Safety Factor* dari analisa kedua metode perbaikan, seperti pada Tabel 4.15 berikut :

Tabel 4. 15 Perbandingan Nilai *Safety Factor* Cerucuk & Bronjong

Metode	Cerucuk	Bronjong
Plaxis	1,531	1,563

4.6 Perbandingan Rencana Anggaran Biaya Perkuatan Darurat

Setelah memperoleh nilai faktor keamanan (*SF Value*), langkah selanjutnya adalah membandingkan anggaran biaya yang dibutuhkan dalam konstruksi perkuatan lereng darurat dengan cerucuk bambu maupun bronjong. Harga satuan yang dipakai merupakan harga satuan dari harga perkiraan sendiri (HPS) PT Jasamarga Tollroad Maintenance pada pekerjaannya Cerucuk & Bronjong tahun 2019. Adapun contoh anggaran biaya dapat ditampilkan seperti Tabel 4.16 dibawah ini:

Tabel 4. 16 Rencana Anggaran Biaya Perkuatan 2.10n Lereng Darurat Dengan Metode Cerucuk Bambu

DAFTAR KUANTITAS DAN HARGA
PEKERJAAN PERLINDUNGAN LERENG DENGAN CERUCUK BAMBU

MATA PEMBAYARA	URAIAN PEKERJAAN	SATUAN	KUANTITAS	HARGA SATUAN (Rp.)	JUMLAH HARGA (Rp.)
I	PEKERJAAN CERUCUK BAMBU				
	SPESIFIKASI KHUSUS				
	Pengamanan & Pengaturan Lalu Lintas, Tipe B	Ls	1,00	20.000.000,00	20.000.000,00
BAB 1	PEKERJAAN UMUM				
	Mobilisasi Alat	Ls	1,00	17.500.000,00	17.500.000,00
BAB 4	PEKERJAAN TANAH				
	Galian Biasa Untuk Dibuang	m3	63,09	150.000,00	9.463.200,00
	Urugan Pilihan	m3	63,09	294.822,00	18.599.730,34
BAB 7	PEKERJAAN LAIN - LAIN				
	Pemadatan Tanah Dengan Stamper	m2	96,05	9.000,00	864.423,00
BAB 12	PEKERJAAN UMUM				
	Cerucuk Bambu (P=7,5 m)	Titik	303,00	110.000,00	33.330.000,00
	Sasak Bambu	m2	27,50	95.750,00	2.633.125,00
	Jumlah				102.390.478,34
	Jumlah (Dibulatkan)				102.390.400,00
	PPN 10%				10.239.040,00
	TOTAL				112.629.440,00

Dari Tabel 4.16 dapat dilihat bahwa konstruksi perkuatan lereng darurat dengan metode Cerucuk Bambu memiliki nilai pekerjaan sebesar **Rp.112.629.440,- (Termasuk PPN)**.

Tabel 4. 17 Rencana Anggaran Biaya Perkuatan Lereng Darurat
Dengan Metode Bronjong

**DAFTAR KUANTITAS DAN HARGA
PEKERJAAN BRONJONG GABIONS**

MATA PEMBAYAR	URAIAN PEKERJAAN	SATUAN	KUANTITAS	HARGA SATUAN (Rp.)	JUMLAH HARGA (Rp.)
II	PEKERJAAN BRONJONG GABIONS				
	SPESIFIKASI KHUSUS				
	Pengamanan & Pengaturan Lalu Lintas, Tipe B	Ls	1,00	20.000.000,00	20.000.000,00
BAB 1	PEKERJAAN UMUM				
	Mobilisasi Alat	Ls	1,00	17.500.000,00	17.500.000,00
BAB 4	PEKERJAAN TANAH				
	Galian Biasa Untuk Dibuang	m3	76,82	150.000,00	11.522.250,00
	Urugan Pilihan	m3	85,87	294.822,00	25.317.249,61
BAB 7	PEKERJAAN LAIN - LAIN				
	Pemadatan Tanah Dengan Stamper	m2	60,21	9.000,00	541.872,00
BAB 12	PEKERJAAN UMUM				
	Bronjong (Gabions)	m3	52,50	908.915,00	47.718.037,50
	Jumlah				122.599.409,11
	Jumlah (Dibulatkan)				122.599.400,00
	PPN 10%				12.259.940,00
	TOTAL				134.859.340,00

Dari Tabel 4.17 dapat dilihat bahwa konstruksi perkuatan lereng darurat dengan metode Bronjong memiliki nilai pekerjaan sebesar **Rp.134.859.340,- (Termasuk PPN)**.

Setelah kedua metode dihitung Rencana Anggaran Biaya (RAB), berikut merupakan perbandingan nilai anggaran pekerjaan dari kedua metode perbaikan darurat, ditunjukkan pada Tabel 4.18 :

Tabel 4. 18 Perbandingan Nilai RAB Cerucuk & Bronjong

Perbandingan	Cerucuk	Bronjong
RAB	Rp.112.629.440,-	Rp.134.859.340,-

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan pada Tugas Akhir ini dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Setelah lereng eksisting dianalisa menggunakan program *Plaxis* dan *Geo-Studio (Slope / w)*, berikut merupakan perbandingan nilai *Safety Factor* dari analisa kedua program. Didapat nilai *safety factor* 1,223 untuk analisa aplikasi *Geo-Studio (Slope/W)* dan 1,249 untuk analisa aplikasi *Plaxis*, dapat dilihat nilai *safety factor* tidak terpaut jauh.
2. Perbandingan hasil analisa pada stabilitas lereng dengan metode perbaikan cerucuk dan bronjong pada aplikasi *Plaxis* diperoleh nilai Faktor Keamanan (*Safety Factor*) 1,531 dengan metode cerucuk bambu dan 1,563 dengan metode bronjong, sehingga metode bronjong lebih unggul dari metode cerucuk bambu dalam hal angka keamanan.
3. Perbandingan Rencana Anggaran Biaya (RAB) dari konstruksi perkuatan darurat didapat nilai konstruksi Rp.112.629.440,- untuk metode cerucuk bambu dan Rp. 134.859.340,- sehingga metode cerucuk lebih ekonomis dibanding metode bronjong
4. Berdasarkan kompilasi data di atas dapat disimpulkan bahwa dari segi nilai Faktor Keamanan (SF) metode bronjong lebih unggul dari metode cerucuk bambu sebagai perkuatan darurat, namun dari segi nilai ekonomis pekerjaan metode cerucuk bambu lebih ekonomis dibandingkan dengan metode bronjong.

5.2 Saran

Setelah dilakukannya analisa stabilitas lereng pada studi ini, dapat diberikan beberapa saran atau solusi alternatif diantaranya sebagai berikut:

1. Walaupun metode perkuatan lereng dengan cerucuk bambu dan bronjong sudah cukup efektif untuk menahan terjadinya longsor dalam keadaan sementara, namun alangkah baiknya untuk lereng yang berpotensi terjadinya longsor tetap dilakukan penanganan perkuatan secara permanen seperti *Retaining Wall*, Dinding Penahan Tanah Pasangan Batu, *Shotcrete*, Dinding *Borepile* dan lainnya.
2. Apabila perkuatan darurat Metode Cerucuk Bambu dipilih sebagai opsi perkuatan sementara, perlu diawasi betul bambu yang dipancang memiliki panjang tertanam minimal 7 m, mengingat panjang tertanam cerucuk bambu tidak terlihat secara kasat mata karena berada didalam tanah.



DAFTAR PUSTAKA

- Badan Geologi Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi. 2004. *Booklet Gerakan Tanah*, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Bowles, J.E, *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*, Erlangga, Jakarta, 1986.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2005. Pedoman Rekayasa Penanganan Keruntuhan Lereng pada Tanah Residual dan Batuan. Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia.
- Diklat Penanganan Longsoran Pada Struktur Jalan. 2017. Pengertian Lereng dan Longsoran, Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia.
- LPT (Lembaga Penelitian Tanah). 1979. Penuntun Analisa Fisika Tanah. Lembaga Penelitian Tanah, Bogor.
- Prayitno, Rendi Teguh, dkk. 2017. *Analisis Stabilitas Lereng Bertingkat dengan Penguatan Bronjong*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Wahhab, Mohammad Abdul dan Ramadhan, Mokhammad Rizki. 2017. *Analisis Stabilitas Lereng Menggunakan Bambu sebagai Alternatif Penguatan Lereng (Studi Kasus di Jalan Raya Kaliwungu- Boja Desa Darupono, Kab Kendal)*. Semarang. Tugas Akhir Universitas Islam Sultan Agung.



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG

Jln. Kaligawe Raya KM. 4, Terboyo Kulon, Genuk, Semarang, 50112 Telp. (024) 6583584

LEMBAR ASISTENSI
TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa : 1. Bayu Surya Agung Widodo (3.02.019.00225)
2. Dian Eko Saputro (3.02.019.00228)
Program Studi : S1 Teknik Sipil
Dosen Pembimbing 1 : Dr. Abdul Rochim, ST., MT.

No.	Tanggal	Keterangan	Paraf
1.	Selasa/ 23 Februari 2021	- Revisi pada rumusan masalah dan tujuan penelitian - Perbaiki tata penulisan - Revisi bentuk flowchart	
2	Senin/ 15 Maret 2021	- Bab 1,2,3 ACC - Lanjutkan Bab IV	
3	Kamis/ 18 Maret 2021	- Back analisis sehingga data tanah yang diinputkan menghasilkan lajang langsung sesuai realita di lapangan - Revisi flowchart	
4	Rabu/ 28 April 2021	Perbaiki permodelan cembuk + sasak bambu di Plaxis	
5	Rabu/ 23 Juni 2021	Dicoba permodelan kembali hingga $SF > 1.5$	
6	Selasa/ 06 Juli 2021	Bisa maju disposisi seminar TA	



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG

Jln. Kaligawe Raya KM. 4, Terboyo Kulon, Genuk, Semarang, 50112 Telp. (024) 6583584

LEMBAR ASISTENSI
TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa : 1. Bayu Surya Agung Widodo (3.02.019.00225)
2. Dian Eko Saputro (3.02.019.00228)
Program Studi : S1 Teknik Sipil
Dosen Pembimbing 2 : Lisa Fitriyana, ST., M.Eng.

No.	Tanggal	Keterangan	Paraf
1.	Rabu/ 17 Februari 2021	- Perbaiki penulisan sumber pada tabel dan gambar	
2.	Selasa/ 16-3-2021	- bab 2 perbaiki teori / materi stabilisasi - Bab 3 : media perbaiki	
3	Kamis/ 18-3-2021	- perbaiki bab 2 dan 3	
4	Rabu/ 21-4-2021	Lanjutkan Bab IV	
5	Rabu/ 23-6-2021	Dirapikan penulisan Bab IV & V	
6	Rabu/ 07-7-2021	- Perbaiki penulisan sumber kutipan. tdk perlu titik. diantara kurung - Satuan keterangan rumus tolong ditambahkan - Foto Cerucuk cari yang lebih jelas.	




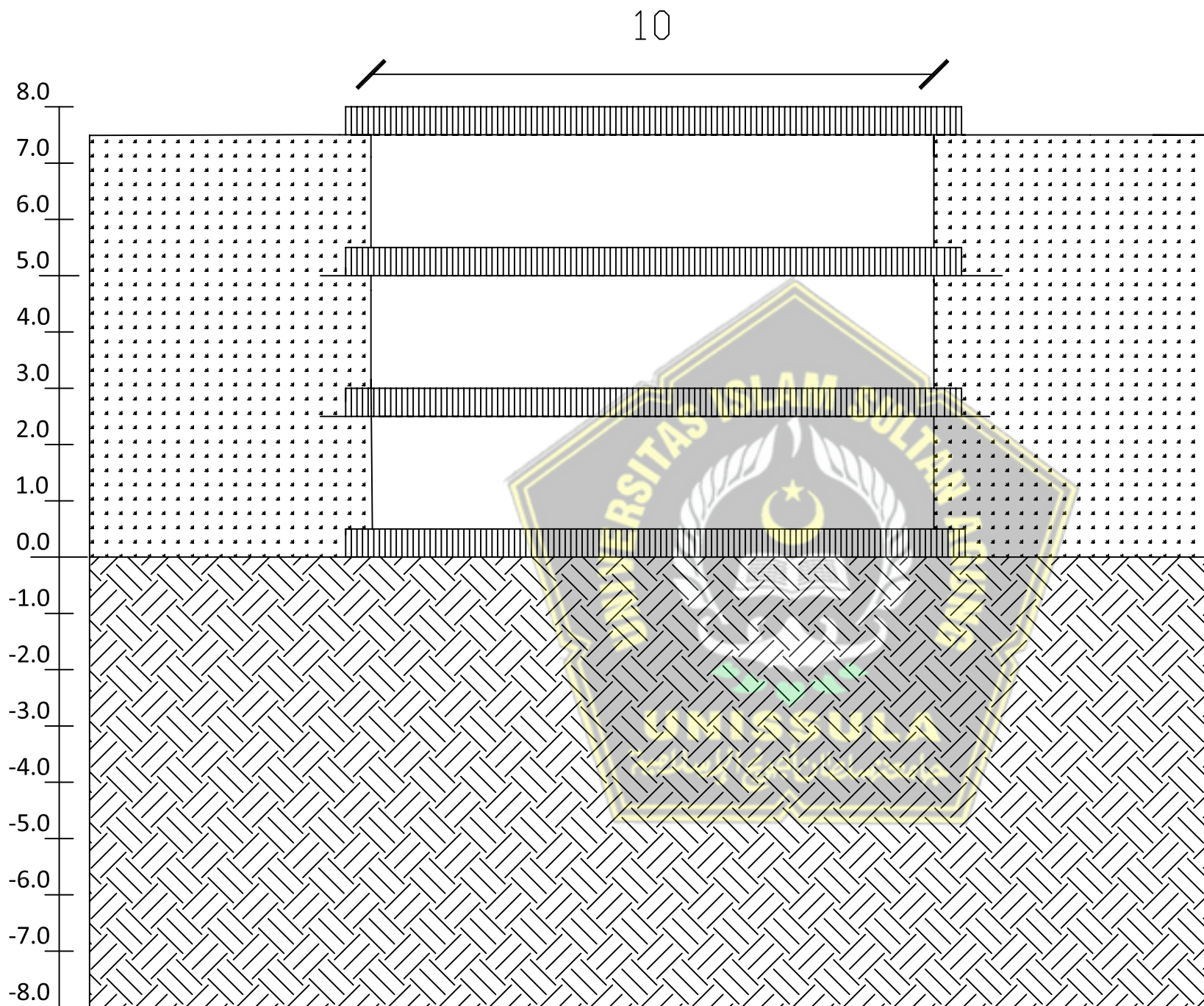
**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG**

Jln. Kaligawe Raya KM. 4, Terboyo Kulon, Genuk, Semarang, 50112 Telp. (024) 6583584

**LEMBAR ASISTENSI
TUGAS AKHIR**

Nama Mahasiswa : 1. Bayu Surya Agung Widodo (3.02.019.00225)
2. Dian Eko Saputro (3.02.019.00228)
Program Studi : S1 Teknik Sipil
Dosen Pembimbing 2 : Lisa Fitriyana, ST., M.Eng.

No.	Tanggal	Keterangan	Paraf
4	Kamis / 08-7-2021	ACC	



GAMBAR RENCANA

PERBAIKAN LERENG
METODE
CERUCUK BAMBU

DIBUAT OLEH :

BAYU SURYA A.W
30201900225

DIAN EKO SAPUTRO
30201900228

KETERANGAN

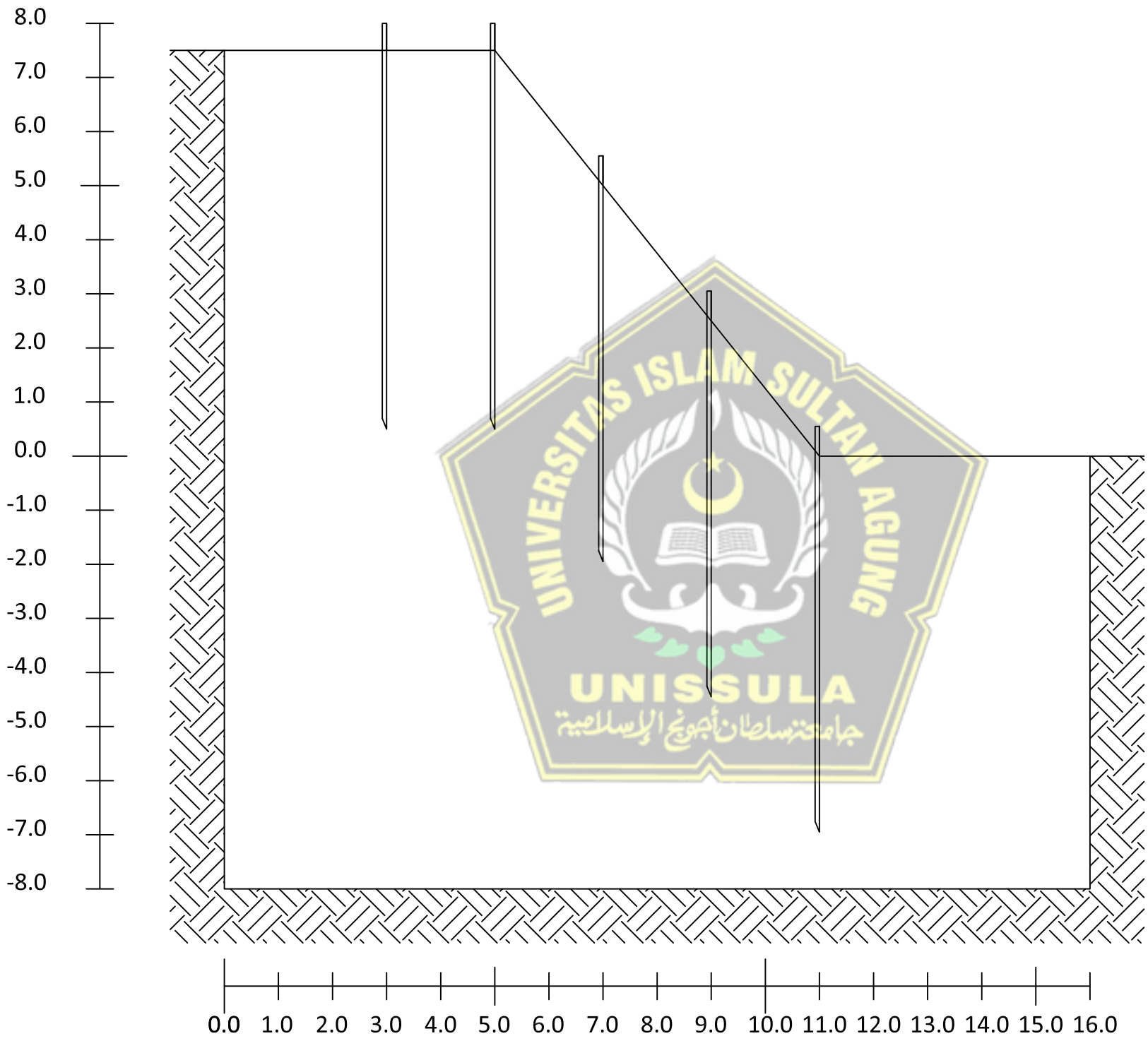
TAMPAK

SKALA

1:100

HALAMAN

1



GAMBAR RENCANA

PERBAIKAN LERENG
METODE
CERUCUK BAMBU

DIBUAT OLEH :

BAYU SURYA A.W
30201900225

DIAN EKO SAPUTRO
30201900228

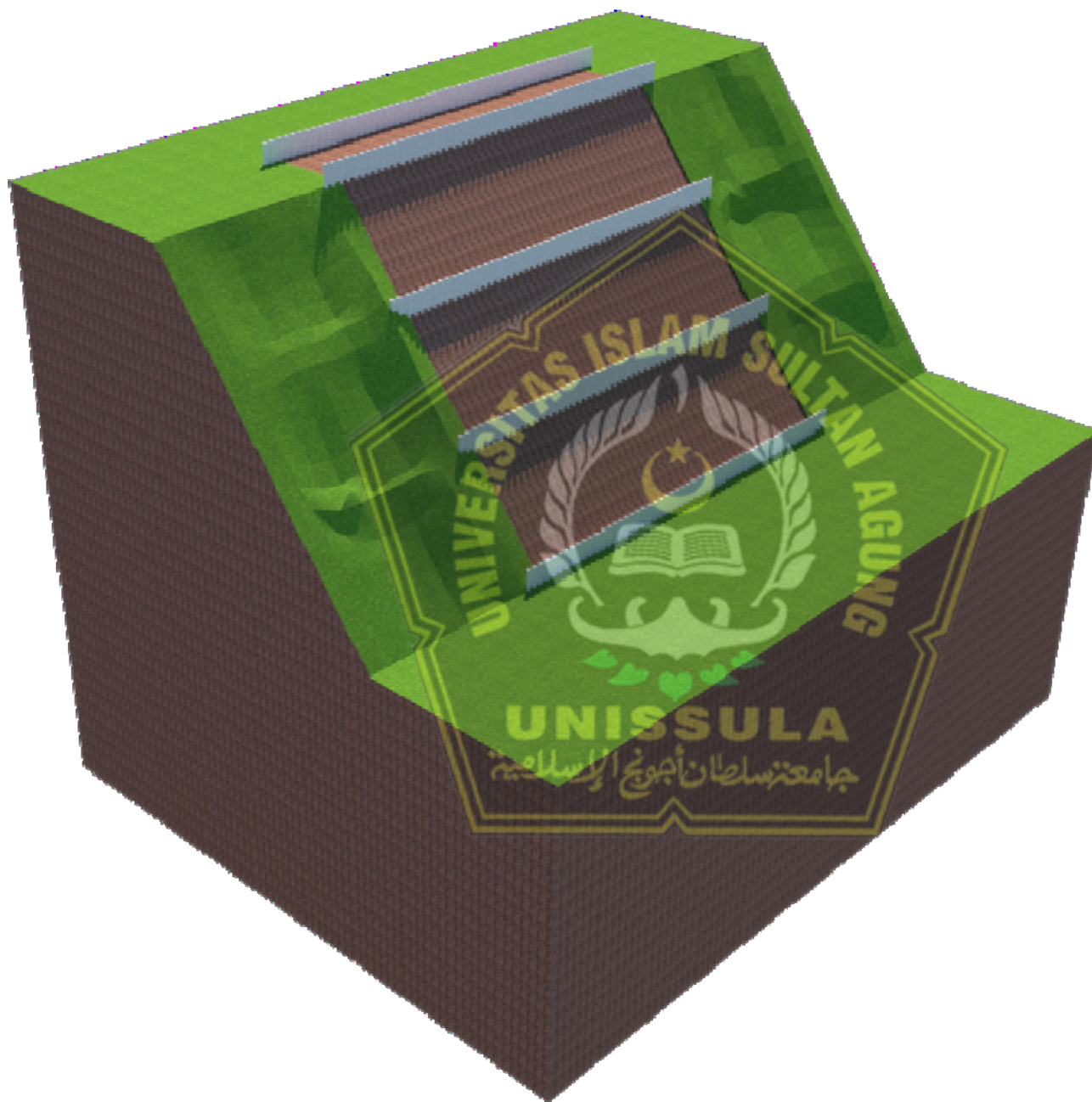
KETERANGAN

GAMBAR
POTONGAN

SKALA

1:100

HALAMAN



GAMBAR RENCANA

PERBAIKAN LERENG
METODE
CERUCUK BAMBU

DIBUAT OLEH :

BAYU SURYA A.W
30201900225

DIAN EKO SAPUTRO
30201900228

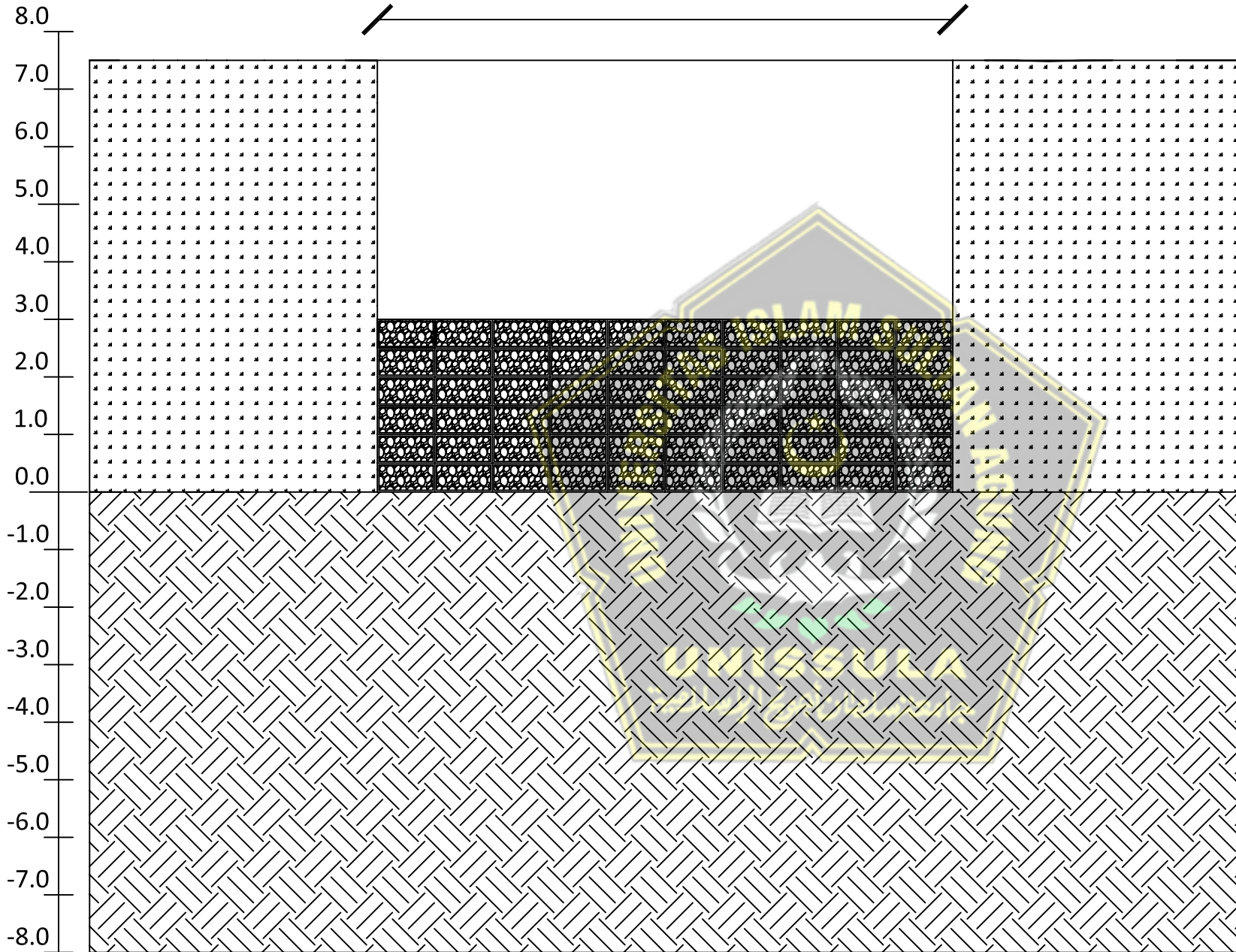
KETERANGAN

GAMBAR
3D ISOMETRIC

SKALA

HALAMAN

10



GAMBAR RENCANA

PERBAIKAN LERENG
METODE BRONJONG

DIBUAT OLEH :

BAYU SURYA A.W
30201900225

DIAN EKO SAPUTRO
30201900228

KETERANGAN

TAMPAK

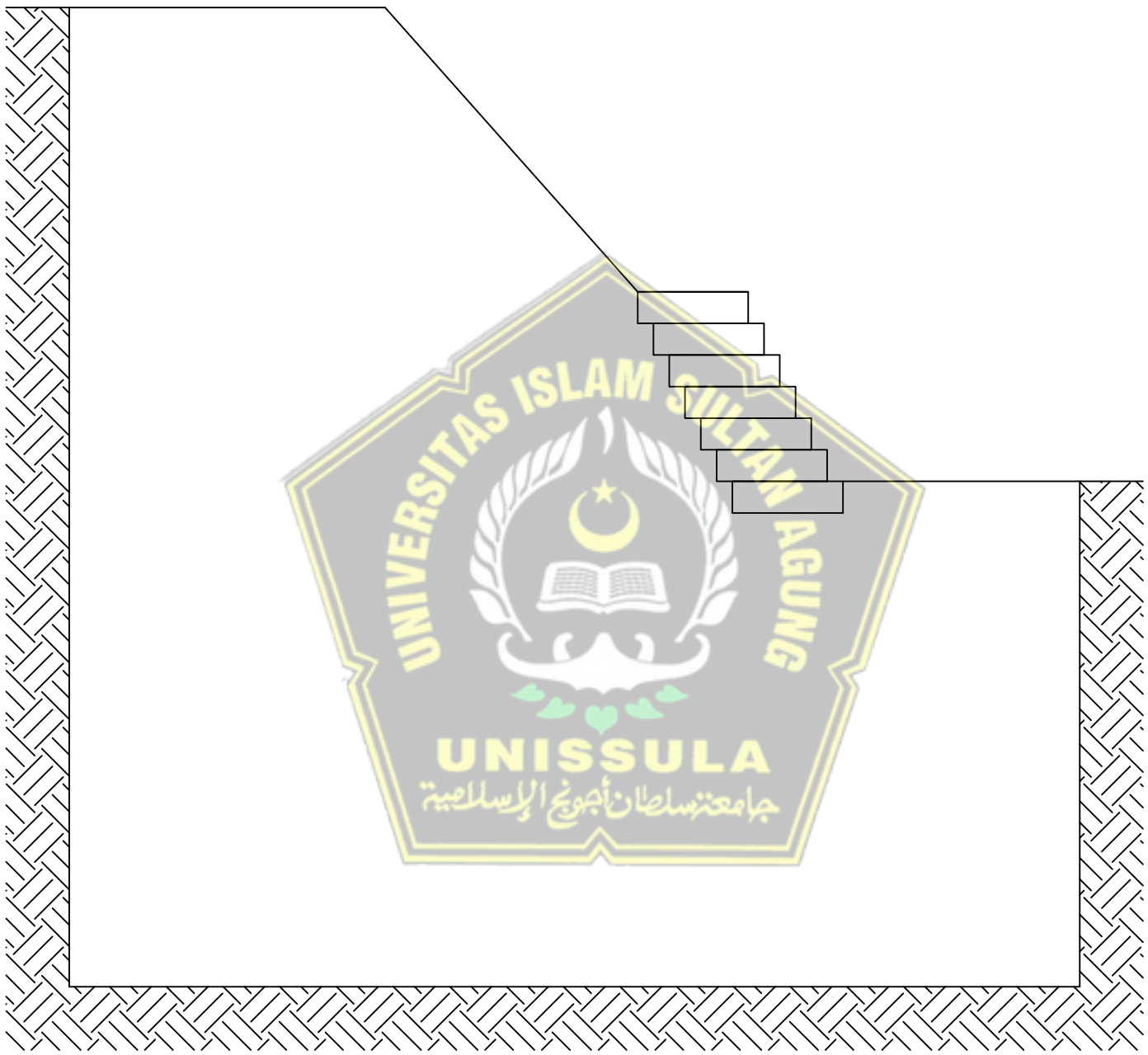
SKALA

1:100

HALAMAN

4

8.0
7.0
6.0
5.0
4.0
3.0
2.0
1.0
0.0
-1.0
-2.0
-3.0
-4.0
-5.0
-6.0
-7.0
-8.0



0.0 1.0 2.0 3.0 4.0 5.0 6.0 7.0 8.0 9.0 10.0 11.0 12.0 13.0 14.0 15.0 16.0



GAMBAR RENCANA

PERBAIKAN LERENG
METODE BRONJONG

DIBUAT OLEH :

BAYU SURYA A.W
30201900225

DIAN EKO SAPUTRO
30201900228

KETERANGAN

GAMBAR
POTONGAN

SKALA

1:100

HALAMAN

5



GAMBAR RENCANA

PERBAIKAN LERENG
METODE BRONJONG

DIBUAT OLEH :

BAYU SURYA A.W
30201900225

DIAN EKO SAPUTRO
30201900228

KETERANGAN

GAMBAR
3D ISOMETRIC

SKALA

HALAMAN



PERBANDINGAN SLOPE
PROTECTION DARURAT
DENGAN METODE CERUCUK
BAMBU & BRONJONG (STUDI
KASUS JALAN TOL SEMARANG
ABC)

by Bayu - Dian

Submission date: 28-Jul-2021 01:32PM (UTC+0800)

Submission ID: 1624956859

File name: Bayu_Dian_Turnity_rev.1.pdf (6.71M)

Word count: 11962

Character count: 68812

PERBANDINGAN SLOPE PROTECTION DARURAT DENGAN METODE CERUCUK BAMBU & BRONJONG (STUDI KASUS JALAN TOL SEMARANG ABC)

ORIGINALITY REPORT

24%

SIMILARITY INDEX

22%

INTERNET SOURCES

3%

PUBLICATIONS

10%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	de.slideshare.net Internet Source	1%
2	okelbb.blogspot.com Internet Source	1%
3	archive.org Internet Source	1%
4	sutikno.blog.undip.ac.id Internet Source	1%
5	Submitted to Politeknik Negeri Bandung Student Paper	1%
6	library.binus.ac.id Internet Source	1%
7	es.scribd.com Internet Source	1%
8	eprints.walisongo.ac.id Internet Source	1%

masmukriyadi.files.wordpress.com

9	Internet Source	1 %
10	Submitted to Syiah Kuala University Student Paper	1 %
11	Submitted to Fort Worth Academy of Fine Arts Student Paper	<1 %
12	anawebchildhealth.blogspot.com Internet Source	<1 %
13	file.upi.edu Internet Source	<1 %
14	repository.uma.ac.id Internet Source	<1 %
15	makalah18.blogspot.com Internet Source	<1 %
16	www.coursehero.com Internet Source	<1 %
17	www.neliti.com Internet Source	<1 %
18	inba.info Internet Source	<1 %
19	Submitted to Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Gadjah Mada Student Paper	<1 %
20	sinta.unud.ac.id Internet Source	

<1 %

21

ardi-lamadi.blogspot.com

Internet Source

<1 %

22

repo.itera.ac.id

Internet Source

<1 %

23

repository.ung.ac.id

Internet Source

<1 %

24

miniaha34.blogspot.com

Internet Source

<1 %

25

www.gurupendidikan.co.id

Internet Source

<1 %

26

Morteza Esmaili, Morteza Gharouni Nik, Farid Khayer. "Efficiency of micro piles in reinforcing embankments", Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Ground Improvement, 2014

Publication

<1 %

27

noviafujalestariwahyani.wordpress.com

Internet Source

<1 %

28

akupintar.id

Internet Source

<1 %

29

digilibadmin.unismuh.ac.id

Internet Source

<1 %

mitigasitanahlongsor.blogspot.com

30

Internet Source

<1 %

31

Submitted to UPN Veteran Yogyakarta

Student Paper

<1 %

32

zacoeb.lecture.ub.ac.id

Internet Source

<1 %

33

Submitted to Universiti Pertahanan Nasional
Malaysia

Student Paper

<1 %

34

eprints.ums.ac.id

Internet Source

<1 %

35

www.duniakawat.com

Internet Source

<1 %

36

yogacreation060301.blogspot.com

Internet Source

<1 %

37

eprints.iain-surakarta.ac.id

Internet Source

<1 %

38

Submitted to Universitas Pendidikan
Indonesia

Student Paper

<1 %

39

kampungku3bukit.blogspot.com

Internet Source

<1 %

40

sipil.ft.uns.ac.id

Internet Source

<1 %



41	eprints.polbeng.ac.id Internet Source	<1 %
42	idcloudhost.com Internet Source	<1 %
43	publikasiilmiah.unwahas.ac.id Internet Source	<1 %
44	repository.maranatha.edu Internet Source	<1 %
45	repository.unj.ac.id Internet Source	<1 %
46	kgmasrodikhin.blogspot.com Internet Source	<1 %
47	repository.president.ac.id Internet Source	<1 %
48	Submitted to Universitas Muria Kudus Student Paper	<1 %
49	journal.eng.unila.ac.id Internet Source	<1 %
50	mte.unissula.ac.id Internet Source	<1 %
51	sartikahikaru.blogspot.com Internet Source	<1 %
52	Submitted to LL Dikti IX Turnitin Consortium Student Paper	<1 %

53	eprints.radenfatah.ac.id Internet Source	<1 %
54	jurnal.unived.ac.id Internet Source	<1 %
55	Submitted to Binus University International Student Paper	<1 %
56	Submitted to UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta Student Paper	<1 %
57	digilib.unmuhjember.ac.id Internet Source	<1 %
58	ilmu-pertanian-modern.blogspot.com Internet Source	<1 %
59	lppm.unmuhjember.ac.id Internet Source	<1 %
60	tr.scribd.com Internet Source	<1 %
61	baturisit.blogspot.com Internet Source	<1 %
62	ejournalunb.ac.id Internet Source	<1 %
63	evogene.com Internet Source	<1 %
64	Submitted to Universitas Brawijaya Student Paper	<1 %

65	Submitted to Universitas Kristen Duta Wacana Student Paper	<1 %
66	digilib.unhas.ac.id Internet Source	<1 %
67	e-journal.uajy.ac.id Internet Source	<1 %
68	Submitted to iGroup Student Paper	<1 %
69	repository.unpas.ac.id Internet Source	<1 %
70	Ying Xia Huo, Hong Fei Zhai. "The Study on Slope Stability Analysis Based on Finite Element Method", Advanced Materials Research, 2012 Publication	<1 %
71	cimahikota.go.id Internet Source	<1 %
72	ejournal.unikama.ac.id Internet Source	<1 %
73	eprints.umm.ac.id Internet Source	<1 %
74	imamzuhri.blogspot.com Internet Source	<1 %
75	repository.stei.ac.id Internet Source	<1 %

76	repository.uir.ac.id Internet Source	<1 %
77	www.upi-yptk.ac.id Internet Source	<1 %
78	Stanov Purnawibowo. "Fragmen Keramik Asing: Jejak Hubungan Dagang di Situs Kotacina", Berkala Arkeologi Sangkhakala, 2018 Publication	<1 %
79	ejournal.itn.ac.id Internet Source	<1 %
80	eprints.akakom.ac.id Internet Source	<1 %
81	imantatrg.files.wordpress.com Internet Source	<1 %
82	jge.eng.unila.ac.id Internet Source	<1 %
83	jongka.com Internet Source	<1 %
84	journal.ubb.ac.id Internet Source	<1 %
85	kawat.bangunsaranamakmur.co.id Internet Source	<1 %
86	lasvaga11.blogspot.com Internet Source	<1 %

87	tempatharapan.blogspot.com Internet Source	<1 %
88	vibdoc.com Internet Source	<1 %
89	www.kawatharmonika.net Internet Source	<1 %
90	Sisca M. Sapulete, Matheus Souisa, Sitti Jubaedah. "INTERPRETASI DATA RESISTIVITAS UNTUK MENGIDENTIFIKASI MUNCULNYA LONGSOR SUSULAN DI BLOK V WAYAME AMBON", BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan, 2019 Publication	<1 %
91	Usep Tatang Suryadi, Yana Supriatna. "SISTEM CLUSTERING TINDAK KEJAHATAN PENCURIAN DI WILAYAH JAWA BARAT MENGGUNAKAN ALGORITMA K-MEANS", Jurnal Teknologi dan Komunikasi STMIK Subang, 2019 Publication	<1 %
92	digilib.polban.ac.id Internet Source	<1 %
93	eprints.polsri.ac.id Internet Source	<1 %
94	pcucamel.petra.ac.id Internet Source	<1 %

95	pt.slideshare.net Internet Source	<1 %
96	repository.radenfatah.ac.id Internet Source	<1 %
97	repository.stmikroyal.ac.id Internet Source	<1 %
98	repository.uinjkt.ac.id Internet Source	<1 %
99	Pulung Arya Pranantya, Emi Sukiyah, Edi Prasetyo Utomo, Hendarmawan H. "KORELASI NILAI SONDIR terhadap PARAMETER GEOTEKNIK dan rembesan pada PONDASI TANGGUL FASE E, KALIBARU, JAKARTA UTARA", JURNAL SUMBER DAYA AIR, 2018 Publication	<1 %
100	Repository.umy.ac.id Internet Source	<1 %
101	ascelibrary.org Internet Source	<1 %
102	eprints.itenas.ac.id Internet Source	<1 %
103	expressclass.blogspot.com Internet Source	<1 %
104	jasarpp.blogspot.com Internet Source	<1 %

105	karyailmiah.polnes.ac.id Internet Source	<1 %
106	lib.ui.ac.id Internet Source	<1 %
107	libraryproceeding.telkomuniversity.ac.id Internet Source	<1 %
108	literaturbook.blogspot.com Internet Source	<1 %
109	rifandyf.wordpress.com Internet Source	<1 %
110	www.curhatbidan.com Internet Source	<1 %
111	www.ndrangsan.com Internet Source	<1 %
112	zombiedoc.com Internet Source	<1 %
113	bacabse.blogspot.com Internet Source	<1 %
114	editingsite.blogspot.com Internet Source	<1 %
115	Altaeb Mohammed. "Study the Native Vegetation around the <i>Al Hosh</i> Highway Slope in Sudan (Gezira State) as Bioengineering Method of Slope Erosion	<1 %

Protection", Advances in Bioscience and Bioengineering, 2017

Publication

116

ordinaryyogo.blogspot.com

Internet Source

<1 %

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography Off



PERBANDINGAN SLOPE PROTECTION DARURAT DENGAN METODE CERUCUK BAMBU & BRONJONG (STUDI KASUS JALAN TOL SEMARANG ABC)

GRADEMARK REPORT

FINAL GRADE

/0

GENERAL COMMENTS

Instructor

PAGE 1

PAGE 2

PAGE 3

PAGE 4

PAGE 5

PAGE 6

PAGE 7

PAGE 8

PAGE 9

PAGE 10

PAGE 11

PAGE 12

PAGE 13

PAGE 14

PAGE 15

PAGE 16

PAGE 17

PAGE 18

PAGE 19



PAGE 20

PAGE 21

PAGE 22

PAGE 23

PAGE 24

PAGE 25

PAGE 26

PAGE 27

PAGE 28

PAGE 29

PAGE 30

PAGE 31

PAGE 32

PAGE 33

PAGE 34

PAGE 35

PAGE 36

PAGE 37

PAGE 38

PAGE 39

PAGE 40

PAGE 41

PAGE 42

PAGE 43

PAGE 44



PAGE 45

PAGE 46

PAGE 47

PAGE 48

PAGE 49

PAGE 50

PAGE 51

PAGE 52

PAGE 53

PAGE 54

PAGE 55

PAGE 56

PAGE 57

PAGE 58

PAGE 59

PAGE 60

PAGE 61

PAGE 62

PAGE 63

PAGE 64

PAGE 65

PAGE 66

PAGE 67

PAGE 68

PAGE 69

PAGE 70



PAGE 71

PAGE 72

PAGE 73

PAGE 74

PAGE 75

PAGE 76

PAGE 77

PAGE 78

PAGE 79

PAGE 80

PAGE 81

PAGE 82

PAGE 83

PAGE 84

PAGE 85

PAGE 86

PAGE 87

PAGE 88

PAGE 89

PAGE 90

PAGE 91

PAGE 92

PAGE 93

PAGE 94

PAGE 95

PAGE 96



PAGE 97

PAGE 98

PAGE 99

PAGE 100

PAGE 101

PAGE 102

PAGE 103

PAGE 104

PAGE 105

PAGE 106

PAGE 107

PAGE 108

