

**ANALISIS STABILITAS LERENG MENGGUNAKAN
PROGRAM PLAXIS DAN GEOSLOPE-W (STUDI KASUS
RUAS JALAN CISOMANG – PADALARANG STA 30+500)**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi dan Melengkapi Persyaratan Akademik

Mata Kuliah Tugas Akhir Pada Program Studi Teknik Sipil

Fakultas Teknik Universitas Sangga Buana YPKP Bandung




Disusun Oleh:

REVI SEKAR ASIH

2112191032

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SANGGA BUANA
YAYASAN PENDIDIKAN KEUANGAN DAN PERBANKAN
BANDUNG
2023**

	UNIVERSITAS SANGGA BUANA YPKP	FORMULIR LEMBAR PENGESAHAN	
	Jl.P.H.H. Mustofa No.68, Cikutra, Cibeunying Kidul, Bandung 40124	No. Revisi	
		Berlaku Efektif	

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Revi Sekar Asih
 NPM : 2112191032
 Program Studi : S1 Teknik Sipil
 Judul : Analisis Stabilitas Lereng Menggunakan Program *Plaxis* Dan Geoslope-w (Studi Kasus: Ruas Jalan Cisomang – Padalarang Sta 30 + 500)

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S-1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sangga Buana.

Bandung, 21 Agustus 2023

Disetujui dan Disahkan
 Pembimbing

Ir. H. Chandra Afriade Siregar ST., MT, IPU


NIK: 432.200.167

Mengetahui:

Ketua Program Studi Teknik Sipil
 Universitas Sangga Buana YPKP

Muhammad Syukri, ST.,MT

NIK: 432.200.200

	UNIVERSITAS SANGGA BUANA YPKP	FORMULIR LEMBAR PENGESAHAN	
	Jl.P.H.H. Mustofa No.68, Cikutra, Cibeunying Kidul, Bandung 40124	No. Revisi	
		Berlaku Efektif	

LEMBAR PERNYATAAN ORSINILITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Revi Sekar Asih
 NPM : 2112191032
 Alamat : JL. Jatihandap Rt 003/Rw 006 No.9A1,
 Kel. Jatihandap Kec. Mandalajati, Kota
 Bandung, Jawa Barat, 40193.
 No. Telp/Hp : 088218200156
 Email : Sekarrevi@gmail.com

Menyatakan bahwa Tugas Akhir ini merupakan karya Orisinil saya sendiri, dengan judul:

ANALISIS STABILITAS LERENG MENGGUNAKAN PROGRAM PLAXIS DAN GEOSLOPE-W (STUDI KASUS: RUAS JALAN CISOMANG - PADALARANG STA 30+500)

Sesungguhnya adalah merupakan karya sendiri, tidak ada bagian didalamnya yang merupakan plagiat dari karya orang lain dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara – cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan.

Apabila dikemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya ini, atau klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya ini, saya siap menerima sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandung, 21 Agustus 2023

Yang Membuat Pernyataan

Revi Sekar Asih

2112191032

LEMBAR PERSEMBAHAN

MOTO

“.... Kaki yang akan berjalan lebih jauh, tangan yang akan melakukan lebih banyak, mata yang akan menatap lebih lama, leher yang akan sering melihat keatas, lapisan tekad yang seribu kali lebih keras dari baja, dan hati yang akan bekerja lebih keras, serta mulut yang akan selalu berdoa...” – 5cm.

“Ilmu Itu Seperti Hewan Buruan Sedangkan Tulisan Adalah Tali Ikatannya. Maka Ikatlah Hewan Gembalamu Dengan Tali Yang Kuat ”



Kupersembahkan karya sederhana ini kepada orang yang sangat kukasihi dan kusayangi

Ibu dan Bapak Tercinta

Sebagai tanda bakti, hormat dan rasa terima kasih yang tiada terhingga kupersembahkan karya kecil ini kepas Ibu Ani Suparni dan Bapak Roni Waluyo yang telah membarikan kasih sayang secara dukungan ridho, dan cinta kasih yang tiada terhingga yang tidak mungkin dapat kubalas hanya dengan selembaar kertas yang bertuliskan kata persembahan. Semoga ini semua menjadi Langkah awal untuk membuat Ibu dan Bapak Bahagia. Karena kusadari, selama ini belum bisa berbuat lebih. Untuk Ibu dan Bapak yang selalu membuatku termotivasi dan selalu menyirami kasih sayang, selalu mendoakanku , selalu menasehatiku serta selalu meridhoiku melakukan hal yang lebih baik.

Terima kasih Ibu... Terima kasih Bapak...

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena izin-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini. Shalawat serta salam semoga tetap tercurah limpahkan pada Nabi Besar, suri tauladan seluruh umat manusia yakni Nabi Muhammad SAW. Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat dalam menempuh Pendidikan Strata Satu (S-1) di Jurusan Teknik Sipil Universitas Sangga Buana YPKP Bandung.

Dalam laporan Tugas Akhir ini, penulis mengambil judul **“Analisis Stabilitas Lereng Menggunakan Program *Plaxis* Dan *Geoslope-W* (Studi Kasus Ruas Jalan Cisomang – Padalarang Sta 30+500).”**

Dalam laporan Tugas Akhir ini, Penulis banyak menemukan kesulitan, hambatan, tetapi Alhamdulillah semua itu bisa diselesaikan dengan baik berkat bimbingan, saran, bantuan dan nasihat dari berbagai pihak yang tak terkira manfaatnya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini. Selain itu, dengan rasa hormat penulis secara khusus mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa karena Rahmat dan Karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Didin Saepudin, SE., M.Si., selaku Rektor Universitas Sangga Buana YPKP Bandung.
3. Bapak Dr. Teguh Nurhadi Suharsono, ST., M.T, selaku Wakil Rektor I Universitas Sangga Buana YPKP Bandung.
4. Bapak Bambang Susanto, SE., M.Si selaku Wakil Rektor II Universitas Sangga Buana YPKP Bandung.
5. Ibu Nurhaeni Sikki, S.A.P., M.A.P selaku Wakil Rektor III Universitas Sangga Buana YPKP Bandung.
6. Bapak Slamet Risnanto, S.T, M.Kom selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sangga Buana YPKP Bandung.
7. Bapak M. Syukri, ST., MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Sangga Buana YPKP Bandung.

8. Bapak Ir. H. Chandra Afriade Siregar, ST., MT. IPU selaku pembimbing tugas Akhir, yang selalu sabar membimbing, menasehati dan selalu memberikan motivasi untuk menyelesaikan Tugas Akhir.
9. Bapak/Ibu Dosen Fakultas Teknik yang sudah memberi pengetahuan bermanfaat dalam masa bangku perkuliahan.
10. Kepada Orang Tua yaitu Bapak Roni Waluyo dan Ibu Nani Suparni karena sejauh ini telah membantu penulis dengan bentuk perhatian, kasih sayang, semangat, serta do'a yang tidak henti – hentinya demi keberlangsungan penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
11. Terimakasih Kepada kamu yang katanya “*Nanti Bakal Wisuda Bareng*” tapi nyatanya kamu memilih menyerah. Mungkin ini cara penulis untuk lebih semangat lagi dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Terimakasih tanpa kamu Tugas Akhir ini takan tercipta.
12. Kepada teman Teknik Sipil 2019 yang selalu memberikan dukungan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa laporan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun dari pembaca merupakan suatu harapan yang sangat penting bagi penulis.

Harapan penulis semoga laporan Tugas Akhir ini bermanfaat bagi kita pada umumnya, khususnya bagi penulis. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Wassalamualaikum Wr.Wb

Bandung, 21 Agustus 2023

Penulis

Revi Sekar Asih

2112191032

ABSTRAK

Nama : Revi Sekar Asih
Program Studi : Teknik Sipil
Judul : Analisis Stabilitas Lereng Menggunakan Program *Plaxis* dan *Geoslope-w* (Studi Kasus Ruas Jalan Cisomang - Padalarang Sta 30 + 500)
Pembimbing : Ir. H. Chandra Afriade Siregar, ST., MT, IPU.

Lereng adalah suatu bidang yang memiliki ketetapan dan potensi terjadinya gelincir jika dalam keadaan tidak stabil. Kondisi ini perlu diperhatikan karena dapat menimbulkan kerugian seperti kerusakan infrastruktur. Untuk itu stabilitas suatu lereng harus sedemikian rupa sehingga kekuatan geser lereng dan faktor keamanannya diketahui. Berdasarkan hal tersebut peneliti melakukan analisis stabilitas lereng Jalan Cisomang Padalarang Sta 30+500. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan faktor keamanan lereng dengan membandingkan dua program yaitu *Plaxis* dan *Geoslope-w*. Pada penelitian ini data yang diambil berupa data topografi tanah, data borlog juga data laboratorium untuk mengetahui karakteristik tanah. Analisis Stabilitas Lereng ini dengan menggunakan metode FEM (*Finite Element Methode*) untuk aplikasi *Plaxis* dan metode LEM (*Limite Element Methode*) untuk aplikasi *Geoslope-w*. Hasil analisis stabilitas lereng menggunakan aplikasi *Plaxis* dengan beban bangunan Kelas I=12,5 kN/m mendapatkan nilai safety factor sebesar (1,299). Dan untuk beban bangunan kelas II= 10,0 kN/m didapatkan nilai factor keamanan sebesar (1,300). Sedangkan Untuk aplikasi *Geoslope-w* nilai factor keamanan yang didapatkan untuk beban bangunan Kelas I =12,5 kN/m sebesar (1,330) dan beban bangunan kelas II =10 kN/m didapatkan nilai factor keamanan sebesar sebesar (1,317). Sekalipun kedua nilai faktor keamanan kurang dari nilai yang ditetapkan, perbedaannya tidak terlalu besar. Diharapkan penelitian ini dapat memberikan pemahaman yang lebih baik tentang kemandapan lereng dan membandingkan kelebihan dan kekurangan metode LEM dan FEM dalam menganalisis kemandapan lereng. Dengan pemahaman yang lebih baik, pembangunan infrastruktur jalan di daerah perbukitan dapat dilakukan dengan cara yang lebih aman dan berkelanjutan, sehingga mengurangi risiko yang terkait dengan lereng yang tidak stabil.

Keywords: Stabilitas Lereng, *Plaxis*, *Geoslope-w*, Nilai Safety Factor.

ABSTRACT

Name : Revi Sekar Asih
Study Program : Civil Engineering
Title : Slope Stability Analysis Using Plaxis and Geoslope-w programs (Case Study of Cisomang – Padalatang Road section Sta 30 + 500).
Mentor : Ir. H. Chandra Afriade Siregar, ST., MT. IPU

A slope is a plane that has a constant and the potential for a slip if it is in an unstable condition. This condition needs to be considered because it can cause losses such as damage to infrastructure. For this reason, the stability of a slope must be such that the shear strength of the slope and the factor of safety are known. Based on this, the researchers analyzed the stability of the slopes of Jalan Cisomang Padalarang Sta 30+500. The purpose of this study was to determine the safety factor of the slope by comparing two programs, namely Plaxis and Geoslope-w. In this study, the data collected was in the form of topographical soil data, drill log data as well as laboratory data to determine soil characteristics. This Slope Stability Analysis uses the FEM (Finite Element Methode) method for Plaxis applications and the LEM (Limite Element Methode) method for Geoslope-w applications. The results of the slope stability analysis using the Plaxis application with Class I building loads = 12.5 kN/m get a safety factor value of (1.299). And for class II building loads = 10.0 kN/m, the safety factor value is (1.300). Whereas for the Geoslope-w application, the safety factor value obtained for Class I building loads = 12.5 kN/m is (1.330) and for Class II building loads = 10 kN/m the safety factor value is (1.317). Even if the two values for the factor of safety are less than the set value, the difference is not too great. It is hoped that this research can provide a better understanding of slope stability and compare the advantages and disadvantages of the LEM and FEM methods in analyzing slope stability. With a better understanding, building road infrastructure in hilly areas can be carried out more safely and sustainably, thereby reducing the risks associated with unstable slopes.

Keywords: Slope Stability, FEM, LEM, SF Value.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN ORSINILITAS	iii
LEMBAR PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup Kajian	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II LANDASAN TEORI.....	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 Tanah	5
2.3 Tekanan Tanah	6
2.3.1 Tekanan Tanah Aktif	6
2.3.2 Tekanan Tanah Pasif.....	7
2.4 Parameter Tanah.....	9
2.4.1 Modulus Elastisitas (E).....	10

2.4.2	Angka Paison Ratio.....	12
2.4.3	Kohesi	12
2.4.4	Kuat Geser Tanah	12
2.5	Pengertian Lereng.....	14
2.5.1	Lereng Alam	14
2.5.2	Lereng Buatan.....	15
2.5.3	Lereng Akibat Galian	16
2.5.4	Lereng Akibat Timbunan.....	16
2.6	Stabilitas Lereng.....	17
2.6.1	Analisis untuk kasus dengan $\phi = 0$	18
2.6.2	Kuat Geser	20
2.7	Kelongsoran.....	21
2.7.1	Penyebab Kelongsoran.....	21
2.8	Anasis Stabilitas Lereng Terhadap Longsoran.....	24
2.8.1	Analisis Stabilitas Lereng berdasarkan Pengamatan Visual.....	24
2.8.2	Analisis Stabilitas Lereng terhadap kelongsoran dengan Analisis	25
2.8.2.1	Metode Felenius.....	25
2.8.2.2	Metode Duncan & Buchignani	26
2.8.2.3	Metode Janbu	27
2.8.3	Anasis Stabilitas Lereng terhadap kelongsoran dengan Grafik	29
2.8.3.1	Metode Counsiuns	29
2.8.3.2	Metode Janbu	35
2.8.3.3	Metode Duncan & Buchignani	39
2.9	Program Plaxis.....	41
2.10	Program Geoslope/w	44

BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	45
3.1 Pemilihan Kasus	45
3.2 Lokasi Penelitian	45
3.3 Bahan dan Alat	46
3.4 Persiapan Penelitian.....	47
3.5 Pengumpulan Data.....	47
3.6 Diagram Alir.....	51
3.7 Analisis Stabilitas Lereng dengan Komputasi.....	52
3.7.1 Metode Elemen Hingga (FEM) Program Plaxis.....	52
3.7.2 Metode Keseimbangan Batas (LEM) Program Slope-w	52
3.8 Parameter Program Plaxis	54
3.9 Parameter Program Slope-w.....	54
3.10 Analisis Dengan Bantuan Program Plaxis.....	54
3.10.1 Program Input	55
3.10.2 Program Calculation	56
3.10.3 Program Output	57
3.10.4 Program curve.....	57
3.11 Analisis Dengan Bantuan Program Slope/W.....	57
3.11.1 Bentuk Geometri Lereng	59
3.11.2 Nilai Kohesi dan Sudut Geser pada Lereng	59
3.11.3 Besar Beban Pada Lereng	59
3.11.4 Program Input	59
3.11.5 Solving The Problem.....	60
3.11.6 Viewing The Result.....	61
BAB IV DATA DAN ANALISIS	62
4.1 Tinjauan Umum.....	62

4.2	Pemodelan Kasus.....	62
4.3	Analisis Stabilitas Lereng Dengan Program Plaxis.....	64
4.3.1	Program Input	64
4.3.2	Program Calculation.....	74
4.3.3	Program Output.....	76
4.3.4	Program Curve	78
4.4	Analisis Stabilitas Lereng Dengan Geoslope-W	78
4.4.1	Program Input	78
4.4.2	Solving The Problem	86
4.4.3	Viewing The Result.....	87
4.5	Hasil Analisis Plaxis dan Geoslope/w	88
4.5.1	Analisis Hasil Perhitungan Aplikasi Plaxis	88
4.5.2	Analisis Hasil Perhitungan Aplikasi Slope-w	89
4.5.3	Perbandingan Nilai SF Plaxis dan Slope-w	90
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		92
5.1	Kesimpulan.....	92
5.2	Saran	93
DAFTAR PUSTAKA		95
LAMPIRAN		97

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Tekanan Tanah Aktif	6
Gambar 2.2 Tekanan Tanah Lateral Pasif	8
Gambar 2.3 Diagram Fase Tanah	9
Gambar 2.4 Ilustrasi Keberadaan Lereng Alam Dalam Konteks Perencanaan Teknis Jalan Dimana Badan Jalan Berada Pada Samping Lereng Alam	15
Gambar 2.5 Ilustrasi keberadaan Lereng Alam Dalam Konteks Perencanaan Teknis Jalan Dimana Badan Jalan Berada Pada Daerah Galian	15
Gambar 2.6 Ilustrasi Keberadaan Lereng Buatan Akibat Galian Dalam Konteks Perencanaan Teknis Jalan Dimana Permukaan Badan Jalan Berada Di Bawah Permukaan Tanah Asli	16
Gambar 2.7 Ilustrasi Keberadaan Lereng Bentukan / Buatan Akibat Timbunan Dalam Konteks Perencanaan Teknis Jalan Dimana Permukaan Badan Jalan Berada Di Atas Permukaan Tanah Asli.....	17
Gambar 2.8 Bidang Geincir Keruntuhan Lereng	18
Gambar 2.9 Kekuatan Geser Tanah atau Batu	21
Gambar 2.10 Kenampakan Gerakan Lereng Akibat Rangkak (Creep).....	23
Gambar 2.11 Tipe - Tipe Keruntuhan Pada Lereng	24
Gambar 2.12 Sistem Gaya Pada Cara Fellinius	25
Gambar 2.13 Sistem Gaya Satau Elemen Menurut Bishop	27
Gambar 2.14 Sistem Gaya Pada Irisan Metode Janbu	28
Gambar 2.15 Harga ma Untuk Persamaan Bishop.....	28
Gambar 2.16 Definisi Dari Tanda - tanda yang digunakan untuk perhitungan ru	30
Gambar 2.17 Grafik Cousins Untuk Angka Stabilitas dan Perletakan Lingkaran-lingkaran Kritis – 1.....	30
Gambar 2.18 Grafik Cousin Untuk Angka Stabilitas dan Perletakan	31
Gambar 2.19 Grafik Cousins Untuk Angka Stabilitas dan Perletakan Lingkaran – Lingkaran Kritis (Lanjutan)-3	31
Gambar 2.20 Grafik Cousins Untuk Angka Stabilitas dan Peralatan Lingkaran - Lingkaran Kritis (Lanjutan) – 4	32

Gambar 2.21 Grafik Cousins Untuk Angka Stabilitas dan Perletakan Lingkaran - Lingkaran Kritis (Lanjutan) - 5	32
Gambar 2.22 Grafik Cousins Untuk Angka Stabilitas Dan Peralatan Lingkrn – Lingkaran Kritis (Lanjutan) -6	33
Gambar 2.23 Grafik Cousin Untuk Angka Stabilitas Dan Peralatan Lingkaran - Lingkaran Kritis (Lanjutan) - 7	33
Gambar 2.24 Grafik Cousins Untuk Angka Stabilitas dan Peralatan Lingkaran - Lingkaran Kritis (Lanjutan) - 8	34
Gambar 2.25 Lereng Yang Terdiri Atas Empat Lapisan.....	34
Gambar 2.26 Faktor Reduksi Stabilitas $\phi = 0$ dan $\phi > 0$	36
Gambar 2.27 Faktor Reduksi Grafik Stabilitas $\phi = 0$ dan $\phi > 0$	37
Gambar 2.28 Angka Kemantapan Dan Koordinat Titik Pusat Bidang Longsor Untuk Lereng Sederhana.....	37
Gambar 2.29 Grafik Stabilitas Untuk $\phi > 0$	38
Gambar 2.30 Angka Kemantapan Untuk Lereng Tak Terhingga	41
Gambar 3.1 Peta Lokasi Penyelidikan Tanah STA 30 + 500 Jalan Cisomang – Padalarang	45
Gambar 3.2 Topografi Lokasi Penyelidikan Tanah STA 30 + 500 Ruas Jalan Cisomang	46
Gambar 3.3 Potongan Melintang Lokasi Penyelidikan Tanah STA 30 +500 (Ruas Jalan Cisomang - Padalarang).....	46
Gambar 3.4 Diagram Alir	51
Gambar 3.5 Tabel Klasifikasi Jalan	51
Gambar 4.1 Stratifikasi dan Titik Uji Tanah.....	62
Gambar 4.2 Create atau Open Project	64
Gambar 4.3 Lembar Tab Project dari Jendela General.....	64
Gambar 4.4 Lembar Tab Dimensions dari Jendela General Setting	65
Gambar 4.5 Penggambaran Geometri Contur menggunakan Creat Line.....	66
Gambar 4.6 Membuat Polygon Bidang lereng	66
Gambar 4.7 Boundary Condition Bidang Lereng.....	67
Gambar 4.8 Material Data Set	68
Gambar 4.9 Geometri Lereng	69

Gambar 4.10	General Pasir Lempungan	70
Gambar 4.11	Parameter Pasir Lempung.....	71
Gambar 4.12	General Batu Pasir.....	71
Gambar 4.13	Parameter Batu Pasir	72
Gambar 4.14	Generate Mesh.....	72
Gambar 4.15	Initial Condition.....	73
Gambar 4.16	Input Hasil Beban Jalan Kelas I	74
Gambar 4.16	Input Hasil Beban Jalan Kelas II	74
Gambar 4.17	Calculation Type, Gravity Loading.....	74
Gambar 4.18	Calculation Type Safety	75
Gambar 4.20	Tahapan Perhitungan Pada Plaxis Kelas I	75
Gambar 4.21	Tahapan Perhitungan Pada Plaxis Kelas II	75
Gambar 4.22	Hasil Calculation	76
Gambar 4.23	Deformasi Pada Tahap Initial Phase.....	77
Gambar 4.24	Bentuk Busur Kelongsoran Kelas I	78
Gambar 4.25	Bentuk Busur Kelongsoran Kelas II	78
Gambar 4.26	Beban Kurva pada titik nodal 8426.....	78
Gambar 4.27	Pemilihan lembar kerja.....	79
Gambar 4.28	Pemberian nama pada Jendela Penentuan Project Id	79
Gambar 4.29	Pemilihan Metode Analisis yang akan digunakan.....	80
Gambar 4.30	Tipe Analisis Morgenstren-Price.....	80
Gambar 4.31	Tipe Longsoran Slip & Surface.....	81
Gambar 4.32	Jendela penggambaran Model Geometri Lereng.....	81
Gambar 4.33	Penggambaran Batas Lapisan Tanah.....	82
Gambar 4.34	Menentukan Parameter Tanah.....	82
Gambar 4.35	Memasukan Material Kedalam Bidang Lereng.....	83
Gambar 4.36	Menggambar Garis Beban Perkerasan	84
Gambar 4.37	Input beban Perkerasan Beban Jalan Kelas I = 12,5 kN/m	84
Gambar 4.38	Input beban Perkerasan Beban Jalan Kelas II = 10 kN/m.....	84
Gambar 4.39	Membuat Garis beban Perkerasan I = 12,5 kN/m	85
Gambar 4.40	Menggambar Garis Beban Perkerasan II = 10 KN/m	85
Gambar 4.41	Jumlah titik Increments	86

Gambar 4.42 Solving The Problem.....	86
Gambar 4.43 Safety Factor Beban Jalan Kelas I	86
Gambar 4.44 Safety Factor Beban Jalan Kelas II	87
Gambar 4.45 Bentuk Bidang Longsor Lereng Plaxis SF= 1,299.....	88
Gambar 4.46 Bentuk Bidang Longsor Lereng Plaxis SF 1,300	89
Gambar 4.47 Bentuk Bidang Longsor Lereng Slope-w SF 1,330.....	84
Gambar 4.48 Bentuk Bidang Longsor Lereng Slope-w SF 1,317.....	84
Gambar 4.49 Perbandingan Nilai SF Plaxis dan Geoslope-w.....	91

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perkiraan Modulus Elastis	10
Tabel 2. 2 Perkiraan Rasio Poisson.....	12
Tabel 2. 3 Hubungan Antara Sudut Geser Dalam Dengan Jenis Tanah	13
Tabel 2. 4 Besaran Keamanan Lereng	19
Tabel 2. 5 Pengaruh Jenis Lereng Terhadap besarnya SF	19
Tabel 2.6 Hubungan Angka Keamanan Dengan Kejadian Keruntuhan	20
Tabel 2.7 Properties Tanah	42
Tabel 3.1 Data Borlog Titik 1 Daerah Sta 30 + 500 Cisomang Padalarang	47
Tabel 3.2 Data Borlog Titik 2 Daerah Sta 30 + 500 Cisomang Padalarang	48
Tabel 3.3 Data Parameter Tanah BH 1 Sta 30 + 500 Cisomang Jawa Barat	49
Tabel 3.4 Data Parameter Tanah BH 2 Sta 30 + 500 Cisomang Padalarang	50
Tabel 4.1 Data Pemodelan Parameter Tanah	63
Tabel 4.2 Sifat – Sifat Material Untuk Lapisan Tanah	70
Tabel 4.3 Hasil Analisis Lereng Daerah Cisomang	91

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Peta Gempa Indonesia	98
Lampiran 2 Peta Geologi Regional Cisomang Padalarang	98
Lampiran 3 Peta Lokasi Penyelidikan Tanah Ruas Cisomang Padalarang.....	98
Lampiran 4 Topografi Daerah Cisomang Padalarang.....	99
Lampiran 5 Potongan Melintang Cisomang Padalarang.....	99
Lampiran 6 Data Borlog Titik 1 Cisomang Padalarang.....	100
Lampiran 7 Data Borlog Titik 2 Cisomang Padalarang.....	100
Lampiran 8 Data Parameter Tanah Cisomang Padalarang	101
Lampiran 9 Data Statif dan Pemodelan Lereng	101
Lampiran 10 Kondisi Lereng Program Plaxis.....	102
Lampiran 11 Bidang Gelincir Program Plaxis	102
Lampiran 12 Kondisi Lereng Program Slope-w	103
Lampiran 13 Bentuk Busur Kelongsoran +beban jalan kelas I (SF =1,299)	103
Lampiran 14 Bentuk Busur kelongsoran +beban jalan kelas II (SF = 1,300).....	104
Lampiran 15 Safety Factor Slope-w +beban jalan kelas I (SF= 1,330).....	104
Lampiran 16 Safety Factoe Slope-w +beban jalan kelas II (SF = 1,317)	105
Lampiran 17 Perbandingan Nilai SF Kedua Aplikasi.....	105

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Salah satu masalah tentang tanah longsor ditemui di bidang ilmu geoteknik, dan di fasilitas transportasi seperti jalan, bendungan dan terowongan. Penyebab tanah longsor dapat disebabkan oleh berbagai faktor antara lain gempa bumi, topografi daerah sekitarnya, struktur geologi, sifat tanah dan juga karena morfologi. Tanah longsor biasanya terjadi ketika tidak mampu lagi menopang berat tanah di atasnya karena ada beban tambahan pada permukaan lereng dan penurunan daya ikat antar partikel tanah. Kemiringan lereng dapat menjadi parameter sebagai pemicu longsor.

Lereng adalah lapisan superfisial bumi yang membentuk sudut kemiringan tertentu pada bidang horizontal. Lereng dapat terbentuk secara alami atau buatan. Banyak orang tinggal di lereng untuk berteduh dan bercocok tanam. Mereka bercocok tanam dengan cara menebang pohon di sekitar lereng menggantikan tanaman kertas dengan yang produktif seperti menanam paprika, sawi dan kentang, sehingga menurunkan daya dukung tanah dan faktor angin, kelembaban dan air hujan tidak dapat terserap sempurna karena akar tanaman tidak banyak menyerap air dari hujan, sebagian besar air hujan tidak kuat untuk menampung tanah karena gaya gravitasi yang membuat tanah lebih cepat dan akan mengangkut tanah dan batuan, jadi teknologi komputasianalisis kemiringan diperlukan untuk memastikan tanah longsor tidak terjadi dan membunuh penduduk setempat.

Oleh karena itu pencegahan longsor berupa identifikasi daerah rawan longsor yaitu analisis stabilitas lereng. Analisis stabilitas lereng dapat digunakan untuk menilai atau memberikan penilaian tingkat tanah longsor untuk memberikan peringatan bahaya tanah longsor. Salah satunya adalah dengan menggunakan alat bantu program.

Program *Plaxis* adalah sebuah paket program yang disusun berdasarkan metode elemen hingga yang telah dikembangkan secara khusus untuk melakukan analisis deformasi dan stabilitas dalam bidang rekayasa geoteknik. Prosedur pembuatan model secara grafis yang memungkinkan pembuatan suatu model

dengan metode elemen hingga yang rumit dapat dilakukan dengan cepat, sedangkan berbagai fasilitas yang tersedia dapat digunakan untuk menampilkan hasil komputasi secara mendetil.

Geo Slope-W adalah program aplikasi geoteknik yang digunakan untuk membantu menyelesaikan masalah geoteknik. Aplikasi ini menggunakan teori kesetimbangan batas yang digunakan untuk menganalisis kestabilan lereng dan nilai faktor keamanan lereng. Slope-W adalah formulasi yang menggabungkan dua persamaan keselamatan, yaitu gaya kesetimbangan dan baji. Berdasarkan penggunaan persamaan kekuatan untuk irisan, faktor keamanan untuk semua irisan dapat ditentukan dengan menggunakan kedua persamaan ini.

Berdasarkan masalah longsor yang terletak di salah satu tanah longsor di lapangan Jalan Padalarang KM 30 +500 di provinsi Jawa telah dilakukan studi tanah longsor tanah. Dengan perhitungan menggunakan *software* ini, berguna untuk mengidentifikasi kestabilan lereng untuk mengetahui perbandingan nilai faktor keamanan dengan program *Plaxis* dan *Geoslope-w*, sebagai serta mengetahui kemiringan yang harus dicapai untuk memperoleh suatu keamanan. nilai yang slip-bukti.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian mengenai analisis stabilitas lereng pada tanah di Ruas Jalan Cisomang – Padalarang STA 30 + 500. Maka, permasalahan yang akan diangkat dalam penelitian ini dirumuskan sebagai berikut:

1. Berapa Nilai *Safety Factor* (SF) lereng pada lokasi longsor daerah Cisomang Padalarang dengan menggunakan program *Plaxis* dan *Geoslope-w*?
2. Bagaimana perbandingan hasil Analisis stabilitas lereng menggunakan perhitungan dengan aplikasi *Plaxis* dan *Geoslope-w*?

1.3 Ruang Lingkup Kajian

Dalam Penulisan Tugas Akhir ini, Penulis ingin menekankan permasalahan yaitu analisis Stabilitas lereng jalan Cisomang Padalarang di daerah STA 30 + 500 dengan bantuan program *Plaxis* dan *Geoslope-w*. Dengan menganalisis lereng Jalan

Cisomang Padalarang STA 30 + 500 maka penulis dapat membatasi masalah yang akan dibahas meliputi bentuk geometris, sudut lereng, dan perbandingan kedalaman tanah keras dengan tinggi lereng yang ditentukan, agar dapat dilakukan pemecahan masalah dengan baik. Untuk ini pada penulisan Tugas Akhir penulis membatasi permasalahan diantaranya:

1. Data Tanah yang digunakan merupakan data Sekunder dari PT. Karya Utama Citramandiri, yang berlokasi di STA 30 + 500 Ruas Jalan Cisomang Padalarang, Jawa Barat.
2. Lereng digambarkan dengan menggunakan metode Pemodelan dua Dimensi menggunakan program *Plaxis* dan *Geoslope-w*.
3. Tidak meninjau dari segi biaya dan waktu.
4. Tidak memperhitungkan adanya muka air tanah.
5. Analisis stabilitas lereng menggunakan metode (FEM) *Finite Element Method* untuk aplikasi *Plaxis* dan (FEM) *Limit Equilibrium Method* untuk aplikasi *Geoslope-w*.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan penjelasan latar belakang penulisan di atas, maka tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini yaitu:

1. Mengetahui angka keamanan (SF) pada lokasi longsor daerah Cisomang Padalarang dengan menggunakan aplikasi *Plaxis* dan *Geoslope-w*.
2. Mengetahui perbandingan hasil analisis stabilitas lereng menggunakan dua aplikasi *Plaxis* dan *Geoslope-w*.

1.5 Manfaat Penelitian.

Manfaat yang dapat diberikan dari penelitian ini yaitu:

1. Diharapkan penelitian ini dapat digunakan untuk perkembangan ilmu Teknik Sipil, khususnya menganalisa kestabilan lereng menggunakan aplikasi *Plaxis* dan *Geoslope-w*.
2. Memberikan pemahaman tentang perilaku bidang longsor lereng.
3. Menambah pengetahuan tentang faktor – faktor yang dapat mendukung dan mengurangi stabilitas suatu lereng.

4. Memberikan gambaran kepada masyarakat yang akan mendirikan suatu bangunan di daerah lereng agar pembangunan dilakukan di luar bidang longsor.
5. Sebagai tambahan informasi bagi praktisi maupun akademi dalam mempelajari kestabilan lereng.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan Laporan Tugas Akhir ini dibagi menjadi beberapa bagian, yang diuraikan dalam lima Bab, dengan perincian sebagai berikut:

BAB I Pendahuluan

Dalam bab ini dijelaskan mengenai berisi tentang Latar Belakang Masalah, Rumusan Masalah, Ruang Lingkup Kajian, Tujuan Penelitian, Manfaat Penelitian, dan Sistematika Penulisan.

BAB II Tinjauan Pustaka

Dalam bab ini berisi tentang Teori Pendukung yang terkait pada judul Penelitian yang berisikan definisi tanah, Teori tentang parameter tanah, teori kestabilan lereng, juga metode Analisa kestabilan lereng.

BAB III Metode Penelitian

Dalam bab ini berisi tentang uraian mengenai Data yang akan digunakan serta menjelaskan juga metode dan program yang akan digunakan untuk menganalisis Stabilitas Lereng.

BAB IV Hasil dan Pembahasan

Dalam bab ini menjelaskan tentang Analisa faktor keamanan menggunakan metode FEM dan LEM dengan menggunakan program Plaxis dan Slope-w.

BAB V Penutup

Dalam bab ini menjelaskan tentang analisis dan pembahasan yang di rangkum dan disajikan dalam Kesimpulan dan Saran akhir dari Penelitian dalam tugas akhir ini.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Pada permukaan tanah yang tidak horizontal, komponen gravitasi cenderung untuk menggerakkan tanah kebawah. Jika komponen gravitasi sedemikian besar sehingga perlawanan terhadap geseran yang dapat dikerahkan oleh tana pada bidang longsor terlampaui, maka akan terjadi kelongsoran lereng (*slip*). Analisis stabilitas pada permukaan tanah yang miring ini, disebut analisis stabilitas lereng. Analisis ini sering digunakan dalam perancangan – perancangan bangunan seperti jalan kereta api, jalan raya, bandara, bendungan urugan tanah, saluran dan lain – lainnya. Umumnya, analisis stabilisasi dilakukan untuk mengecek kemanan dari lereng alam, kereng galian dan lereng urugan tanah.

Analisis stabilitas lereng tidak mudah, karena terdapat banyak factor yang sangat mempengaruhi hasil hitungan. Faktor – faktor tersebut misalnya, kondisi tanah yang berlapis – lapis, kuat geser tanah yang anisotropis, aliran rembesan air dalam tanah dan lain – lainnya. Terzaghi (1950) membagi penyebab longsor lereng menjadi dari akibat pengaruh dalam (*internal Effect*) dan pengaruh luar (*External Effect*). Pengaruh luar, yaitu pengaruh yang menyebabkan bertambahnya gaya geser dengan tpa adanya perubahan kuat geser tanah. Contohnya, akibat perbuatan manusia mempertajam kemiringan lereng, memperdalam galian tanah ataupun alam seperti erosi sungai.

2.2 Tanah

Tanah adalah himpunan mineral, bahan organik dan endapan-endapan yang relatif lepas ,yang terletak diatas batuan dasar. Ikatan antara butiran yang relatif lemah dapat disebabkan oleh karbonat,zat organik atau oksida-oksida yang mengendap diantara partikel-partikel. Ruang antara partikel-partikel dapat berisi air, udara, ataupun keduanya yang terletak diatas batuan dasar (bed rock) (Hardiyatmo, 2002). Istilah pasir, lempung, lanau ataupun lumpur dimanfaatkan untuk menggambarkan ukuran partikel pada batas ukuran butiran yang telah ditentukan. Istilah tersebut juga dimanfaatkan untuk menggambarkan sifat tanah

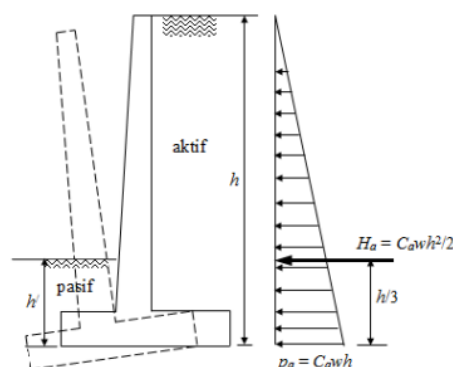
yang khusus. sebagaimana tanah lempung yang memiliki sifat kohesif dan plastis, dan pasir digambarkan sebagai tanah yang tidak kohesif dan tidak plastis.

Proses pembentukan fisik tanah dimana batuan menjadi partikel yang lebih kecil karena pengaruh erosi, angin, air, es, manusia, atau hancurnya partikel tanah karena perubahan suhu atau cuaca. Partikel bisa bulat, bergerigi, atau bentuk apa pun di antaranya. Secara umum, di bawah pengaruh oksigen, karbon dioksida, air (terutama air asam atau basa) dan proses kimia lainnya, pelapukan dapat terjadi melalui proses kimia. Misalnya, jika hasil pelapukan masih ada, tanah semacam ini disebut tanah sisa, jika tanah berubah posisinya disebut tanah terangkat.

2.3 Tekanan Tanah

2.3.1 Tekanan Tanah Aktif

(H. C. Hardiyatmo 2002) Mengatakan bahwa tekanan tanah aktif adalah tekanan yang terjadi pada dinding penahan yang mengalami keluluhan atau bergerak ke arah luar dari tanah urugan di belakangnya, sehingga menyebabkan tanah urug akan bergerak longsor ke bawah dan menekan dinding penahannya, sedangkan nilai banding Gambar 2.1 Diagram Tekanan Tanah Aktif tekanan horisontal dan tekanan vertikal yang terjadi didefinisikan sebagai koefisien tekanan tanah aktif atau K_a . Nilai tekanan aktif lebih kecil dari nilai tekanan saat diam. Gerakan dinding tanah menjauhi tanah urugan menghilangkan pertahanan dibelakang dinding. Jadi tekanan tanah aktif adalah gaya yang cenderung mengurangi keseimbangan dinding penahan tanahnya seperti gambar 2.1 dibawah ini



Gambar 2.1 Diagram Tekanan Tanah Aktif

Nilai tekanan tanah aktif untuk tanah lateral dihitung dengan menggunakan teori Rankine yang dibagi menjadi nilai tekanan tanah aktif untuk tanah datar dan nilai tekanan tanah aktif untuk tanah miring. Untuk menghitung nilai koefisien tanah datar dan tanah miring pada tanah aktif digunakan rumus seperti dibawah ini. Nilai K_a untuk tanah datar dinyatakan dalam Persamaan 2.1 sebagai berikut:

$$K_a = \frac{1 - \sin\phi}{1 + \sin\phi} = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan:

Φ = Sudut geser tanah ($^\circ$)

K_a = Koefisien tanah aktif

1. Menghitung tekanan tanah aktif untuk tanah non kohesif

Nilai P_a untuk tanah non kohesif dinyatakan dalam Persamaan

$$P_a = \frac{1}{2} \gamma \cdot H^2 \cdot K_a \dots\dots\dots(2.2)$$

2. Menghitung tekanan tanah aktif untuk tanah kohesif

Nilai P_a untuk tanah kohesif dinyatakan dalam Persamaan

$$P_a = \frac{1}{2} \gamma \cdot H^2 \cdot K_a - 2c \sqrt{K_a} \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan:

P_a = Tekanan tanah aktif (KN/m)

γ = Berat isi tanah (KN/m³)

H = Tinggi dinding (m)

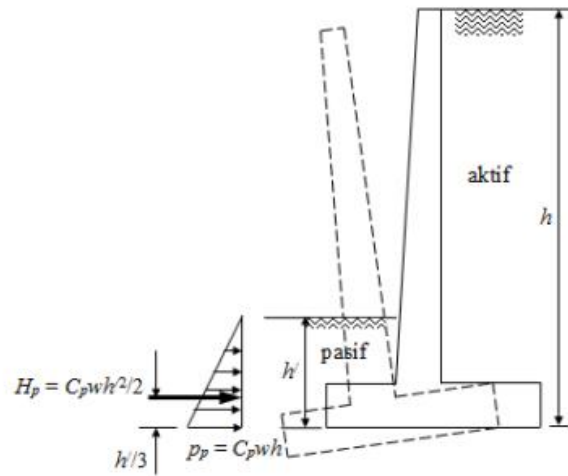
c = Kohesi (KN/m²)

K_a = Koefisien tanah aktif.

2.3.2 Tekanan Tanah Pasif

(H. C. Hardiyatmo 2002) mengatakan bahwa tekanan tanah pasif adalah tekanan tanah yang terjadi saat gaya mendorong dinding penahan tanah kearah tanah urugannya, sedangkan nilai banding tekan horisontal dan vertikal yang terjadi didefinisikan sebagai koefisien tekanan tanah pasif atau k_p . nilai tekanan pasif lebih besar dari nilai tekanan tanah saat diam dan nilai tekanan aktif. Tekanan tanah pasif menunjukkan nilai maksimum dari gaya yang dapat dikembangkan oleh tanah pada gerakan struktur penahan terhadap tanah urugannya, yaitu tanah harus menahan

gerakan dinding penahan tanah sebelum mengalami keruntuhan seperti gambar dibawah ini.



Gambar 2.2 Tekanan Tanah Lateral Pasif

Sumber: Hardiyanto 2003

Untuk nilai tekanan tanah pasif untuk tanah lateral dihitung dengan cara yang sama pada tekanan tanah aktif menggunakan teori Rankine yang dibagi menjadi nilai tekanan tanah pasif untuk tanah datar dan nilai tekanan tanah pasif untuk tanah miring. Prosedur perhitungannya digunakan metode Rankine seperti rumus 4 dibawah ini. Nilai K_p untuk tanah datar dinyatakan dalam Persamaan 2.4 sebagai berikut :

$$K_p = \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) \dots \dots \dots (2.4)$$

Keterangan:

φ = sudut Geser Tanah ($^\circ$)

K_p = Koefisien tanah Aktif

Perhitungan untuk tekanan tanah pasif dihitung menggunakan persamaan dibawah ini;

1. Menghitung tekanan tanah pasif untuk tanah non kohesif

Nilai P_p untuk tanah non kohesif dinyatakan dalam persamaan 2.5 berikut ini:

$$P_p = \frac{1}{2} \gamma \cdot H^2 \cdot K_p \dots \dots \dots (2.5)$$

2. Menghitung tekanan tanah pasif untuk tanah kohesif

Nilai P_a untuk tanah kohesif dalam persamaan 3.6 berikut ini :

$$P_a = \frac{1}{2} \gamma \cdot H^2 \cdot K_p - 2c \sqrt{K_p} \dots \dots \dots (2.6)$$

Keterangan:

P_p = Tekanan tanah pasif (KN/m)

γ = Berat isi tanah (KN/m³)

H = Tinggi dinding (m)

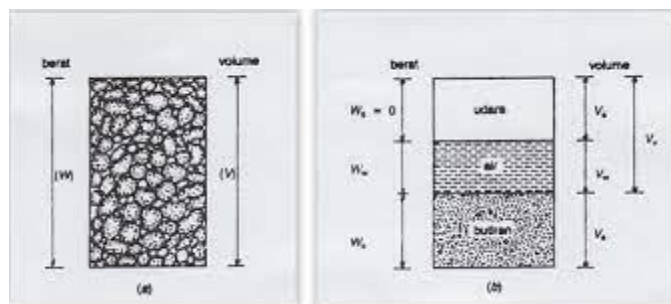
c = Kohesi (KN/m²)

K_p = Koefisien tanah pasif.

2.4 Parameter Tanah

Parameter tanah yang dimaksudkan disini meliputi berat volume basah, berat volume jenuh air, modulus young, posson ratio, sudut geser dalam, dan kohesi.

Menurut (H. C. Hardiyatmo 2014) segumpal tanah dapat terdiri dari dua atau tiga bagian. Dalam tanah yang kering, maka tanah hanya terdiri dari dua bagian, yaitu butiran-buturan tanah dan pori-pori udara. Dalam tanah yang jenuh juga terdapat dua bagian, yaitu bagian padat atau butiran dan air pori. Dalam keadaan tidak jenuh, tanah terdiri dari tiga bagian, yaitu bagian padat (butiran), pori-pori udara, dan air pori. Bagian-bagian tanah dapat digambar dalam bentuk diagram fase ditunjukkan dalam Gambar 2.3 Memperlihatkan elemen tanah yang mempunyai volume v dan berat total W .



Gambar 2.3 Diagram Fase Tanah
(Sumber: Hardiyantmo, 2014)

Dari memperhatikan gambar tersebut dapat dibentuk persamaan :

$$W = W_s + W_w \dots \dots \dots (2.7)$$

Dan

$$V = V_s + V_w + V_a \dots \dots \dots (2.8)$$

$$V_v = V_w + V_a \dots\dots\dots (2.9)$$

Dengan,

W_s = berat butiran padat

W_w = berat air

V_s = Volume butiran padat

V_w = volume air

V_a = volume udara.

2.4.1 Modulus Elastisitas (E)

Nilai modulus young menunjukkan besarnya nilai elastisitas tanah yang merupakan perbandingan antara tegangan yang terjadi terhadap regangan. Nilai ini bisa didapatkan dari triaxial test. Umumnya modulus elastisitas (E) ditentukan dari uji triaksial kondisi undrained, dan nilai E ditentukan dari pendekatan kemiringan kurva tegangan-regangan yang diambil pada setengah dari beban ultimit aksial. Angka poisson (ν) dapat dihitung dari pengukuran regangan kompresi aksial dan regangan lateral selama uji triaksial. Nilai Modulus elastisitas (E_s) secara empiris dapat ditentukan dari jenis tanah dan data sondir seperti terlihat pada Tabel 2.1

Untuk tanah granuler seperti pasir, modulus elastisitas dapat ditentukan dari uji triaksial. Nilai modulus elastisitas (E) telah diketahui proposional dengan $(\sigma_0)^n$ dan σ_0 dengan adalah tekanan kekang hidrostatis dan nilai n mendekati 0,5. Nilai-nilai modulus elastisitas (E) dan angka poisson (ν) perkiraan untuk berbagai macam tanah.

Tabel 2.1 Perkiraan Modulus Elastis

Macam Tanah	E (Kn./m ²)
LEMPUNG	
Sangat lunak	300-3000
Lunak	2000-4000
Sedang	4500-5000
Keras	7000-20000
Berpasir	30000-42500
PASIR	
Berlanau	5000-20000

Tidak Padat	10000-25000
Padat	50000-100000
PASIR DAN KERIKIL	
PADAT	80000-200000
Tidak Padat	50000-140000
Lanau	2000-20000
Loess	15000-60000
Cadas	140000-1400000

Sumber : Bowles(1977)

Nilai-nilai E yang dipergunakan dalam Persamaan (2.10), terdapat beberapa usulan nilai E yang diberikan oleh peneliti yang lain. Hasil-hasil uji kerucut statis (sondir) yang dilakukan oleh De Beer (1965) memberikan korelasi antara tahanan kerucut q_c dan E, seperti dalam persamaan (2.10) sebagai berikut :

$$E = 2 q_c \dots\dots\dots(2.10)$$

Dengan q_c dalam kg/cm^2 . Bowles (1977) mengusulkan persamaan yang dihasilkan dari pengumpulan data uji kerucut statis (sondir) seperti dalam persamaan (2.11) dan (2.12), sebagai berikut:

$$E = 3 q_c \text{ kg/cm}^2 \text{ (untuk pasir)} \dots\dots\dots(2.11)$$

$$E = 2 q_c \text{ sampai } 8 q_c \text{ kg/cm}^2 \text{ (untuk lempung)} \dots\dots\dots(2.12)$$

Nilai perkiraan modulus elastis dapat pula diperoleh dari uji SPT. Mitchell dan Gardner (1975) mengusulkan nilai modulus elastis yang dihubungkan dengan nilai SPT seperti dalam persamaan (2.13) dan (2.14), sebagai:

$$E = 6 (N+5) \text{ k/ft}^2 \text{ (untuk pasir berlempung)} \dots\dots\dots(2.13)$$

$$E = 10 (N+15) \text{ k/ft}^2 \text{ (untuk pasir)} \dots\dots\dots(2.14)$$

Didasarkan pada nilai pendekatan hubungan antara nilai N dari pengujian SPT dan tahanan konus (Meyerhof, 1956) nilai q_c dapat menggunakan rumus seperti dalam Persamaan (2.15), sebagai berikut:

$$q_c = 4N \dots\dots\dots(2.15)$$

2.4.2 Angka Poisson Ratio

Nilai poisson ratio ditentukan sebagai rasio kompresi poros terhadap regangan permukaan lateral. Nilai poisson ratio dapat ditentukan berdasarkan jenis tanah seperti yang terlihat pada Tabel 2.2

Tabel 2. 2 Perkiraan Rasio Poisson

Macam Tanah	ν
Lempung jenuh	0,40 – 0,50
Lempung tak jenuh	0,10 – 0,50
Lempung berpasir	0,20 – 0,30
Lanau	0,30 – 0,35
Pasar padat	0,20 – 0,40
Pasar kasar ($e= 0,4 – 0,7$)	0,15
Pasar halus ($e= 0,4 – 0,7$)	0,25
Batu	0,10 – 0,40
Loess	0,10 – 0,30
Beton	0,10 – 0,30

Sumber: (Bowles1977)

2.4.3 Kohesi

Kohesi merupakan gaya tarik antar partikel tanah. Bersama dengan sudut geser dalam, kohesi merupakan parameter kuat geser tanah yang menentukan ketahanan tanah terhadap deformasi akibat tegangan yang bekerja pada tanah dalam hal dalam ini berupa gerakan lateral tanah.

2.4.4 Kuat Geser Tanah

Menurut (H. C. Hardiyatmo 2014) parameter kuat geser tanah diperlukan untuk analisis kapasitas dukungan tanah, stabilitas lereng dan gaya dorong pada dinding penahan tanah. Menurut teori Moch (1910) kondisi keruntuhan suatu bahan terjadi oleh akibat adanya kombinasi keadaan kritis dari tegangan normal dan tegangan geser. Hubungan fungsi antara tegangan normal dan tegangan geser pada bidang runtuhnya, dinyatakan oleh persamaan (2.16):

$$\tau = f(\sigma) \dots \dots \dots (2.16)$$

Dengan τ adalah tegangan geser pada saat terjadinya keruntuhan atau kegagalan (failure), dan σ adalah tegangan normal pada saat kondisi tersebut. Garis kegagalan yang didefinisikan dalam persamaan (2.17),

Kuat geser tanah adalah gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir-butir tanah terhadap desakan atau tarikan. Dengan dasar pengertian ini, bila tanah mengalami pembebanan akan ditahan oleh:

- a. kohesi tanah yang bergantung pada jenis tanah dan kepadatannya, tetapi tidak tergantung dari tegangan normal yang terjadi pada bidang geser, dan
- b. gesekan antara butir-butir tanah yang besarnya berbanding lurus dengan tegangan normal pada bidang gesernya.

Columb (1776) mendefinisikan τ sebagai:

$$\tau = c + \sigma \operatorname{tg} \varphi \dots \dots \dots (2.17)$$

dengan,

τ = Kuat geser tanah (kN/m²)

c = Kohesi tanah (kN/m²)

φ = Sudut gesek dalam tanah atau sudut gesek internal (derajat)

σ = tegangan normal pada bidang runtuh (kN/m²)

Kekuatan geser dalam memiliki variabel kohesi dan sudut geser dalam. Sudut geser dalam bersamaan dengan kohesi menentukan ketahanan tanah akibat tegangan yang bekerja berupa tekanan lateral tanah. Untuk lebih jelasnya ditunjukkan pada Tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Hubungan Antara Sudut Geser Dalam Dengan Jenis Tanah

Jenis Tanah	Sudut Geser Dalam
Kerikil kepasiran	35 – 40
Kerikil kerakal	35 – 40
Pasir padat	35 – 40
Pasir lepas	30
Lempung	25 – 30
Lempung	20 – 25

Sumber : (DAS 1994)

2.5 Pengertian Lereng

Lereng adalah permukaan tanah yang memiliki elevasi yang cukup besar pada dua titik yang relatif kecil untuk sudut tertentu dengan bidang horizontal dan tidak terlindungi. (Subagja 2005).

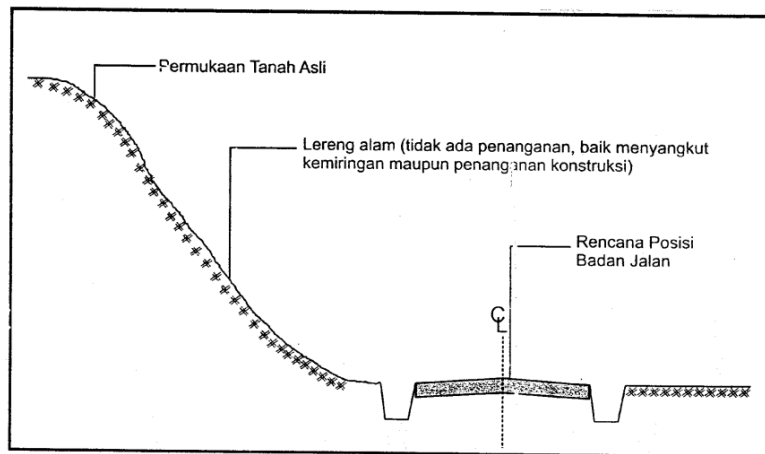
Lereng adalah suatu bidang pada permukaan tanah yang menghubungkan suatu tingkat tanah atas ke tanah yang lebih rendah. Lereng dapat terbentuk secara alami dan dapat juga buatan manusia (Pangemanan 2014).

Pada tempat dimana terdapat dua permukaan tanah yang berbeda ketinggiannya, maka akan ada gaya-gaya yang bekerja mendorong sehingga tanah yang lebih tinggi kedudukannya cenderung bergerak ke arah bawah.

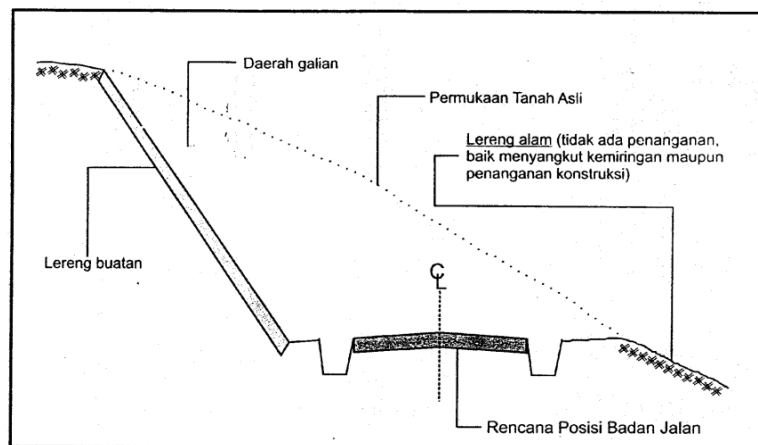
Disamping gaya yang mendorong ke bawah terdapat pula gaya-gaya dalam tanah yang bekerja menahan/melawan sehingga kedudukan tanah tersebut tetap stabil. Gaya-gaya pendorong berupa gaya berat, gaya tiris/muatan dan gaya-gaya inilah yang menyebabkan kelongsoran. Gaya-gaya penahan berupa gaya gesekan/geseran, lekatan (dari kohesi), kekuatan geser tanah. Jika gaya-gaya pendorong lebih besar dari gaya-gaya penahan, maka tanah akan mulai runtuh dan akhirnya terjadi keruntuhan tanah sepanjang bidang yang menerus dan massa tanah di atas bidang yang menerus ini akan longsor. Peristiwa ini disebut sebagai keruntuhan lereng dan bidang yang menerus ini disebut bidang gelincir.

2.5.1 Lereng Alam

Lereng alam terbentuk karena poses alam. Lereng -lereng alam yang telah ada selama bertahun – tahun dapat tiba – tiba runtuh dikarenakan adanya perubahan topografi, gempa, aliran air tanah, hiangnya kuat geser, perubahan tegangan, dan cuaca. Biasanya keruntuhan – keruntuhan tersebut tidak dipahami secara baik karena sedikitnya studi yang dilakukan pada lereng – lereng alam itu. Mengetahui adanya bidak runtuh lama pada lereng alam dapat memudahkan untuk memenuhi dan memprediksi perilaku lereng tersebut. Selain sering kali disebabkan oleh aktivitas tektonik dengan longsor tanah sebelumnya, bidang runtuh juga dapat disebabkan oleh pengaruh sungai glacial dan fenomena glacia seperti pengembangan/pemuaian tanah lempung yang tidak seragam.



Gambar 2.4 Ilustrasi Keberadaan Lereng Alam Dalam Konteks Perencanaan Teknis Jalan Dimana Badan Jalan Berada Pada Samping Lereng Alam
Sumber: Modul Penanganan Lereng Jalan



Gambar 2.5 Ilustrasi keberadaan Lereng Alam Dalam Konteks Perencanaan Teknis Jalan Dimana Badan Jalan Berada Pada Daerah Galian
Sumber: Modul Penanganan Lereng Jalan

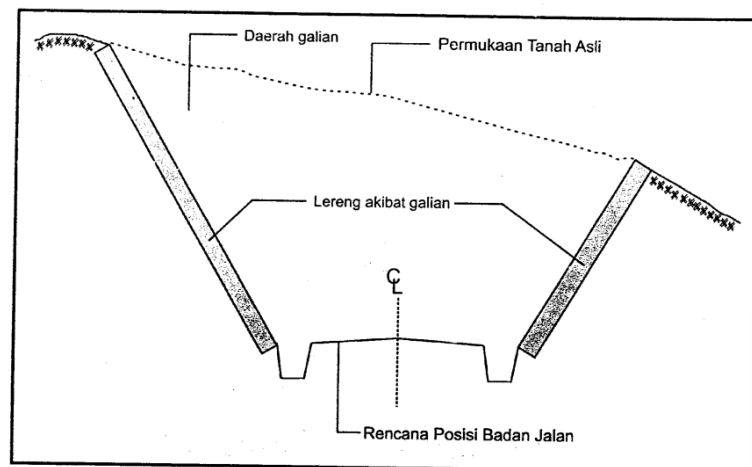
2.5.2 Lereng Buatan

Lereng buatan (*Man Made Slope*) adalah lereng yang terjadi akibat terbentuknya daerah galian dan atau daerah timbunan pada proses perencanaan geometrik jalan. Lereng buatan dapat berbentuk lereng buatan dengan penanganan konstruksi, baik struktur maupun non struktur, atau lereng buatan tanpa penanganan konstruksi yaitu lereng yang hanya mengandalkan kemiringan dan tinggi kritis berdasarkan karakteristik tanah pembentuk lereng tersebut. Secara normatif lereng

buatan dapat terjadi pada semua kondisi topografi, baik kondisi datar, berbukit maupun pegunungan.

2.5.3 Lereng Akibat Galian

Dalam konteks perencanaan Teknik jalan, lereng buatan akibat galian terjadi sebagai konsekuensi dari tuntutan perencanaan geometric jalan, dimana elevasi badan jalan direncanakan berada dibawah elevasi tanah asli. Lereng buatan akibat galian dapat terjadi pada semua bentuk kondisi topografi, baik pada kondisi topografi datar, berbukit maupun pegunungan. Kemiringan dan penanganan lereng buatan akibat galian secara normative ditentukan oleh perencana berdasarkan pertimbangan-pertimbangan teknis, mencakup kondisi geometri jalan, kondisi topografi, karakteristik tanah, kondisi geologi, kondisi geoteknik, sistem drainase dan kondisi lingkungan di sekitarnya. Gambaran visual yang menunjukkan keberadaan lereng buatan akibat galian seperti yang diperlihatkan pada berikut.

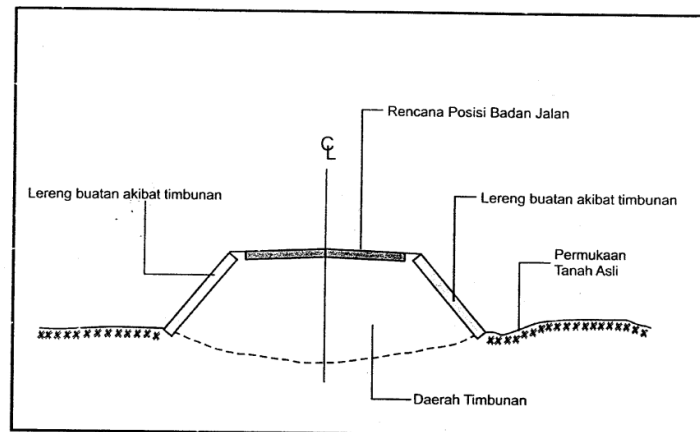


Gambar 2.6 Ilustrasi Keberadaan Lereng Buatan Akibat Galian Dalam Konteks Perencanaan Teknis Jalan Dimana Permukaan Badan Jalan Berada Di Bawah Permukaan Tanah Asli
Sumber: Modul Penanganan Lereng Jalan

2.5.4 Lereng Akibat Timbunan

Dalam konteks perencanaan teknis jalan, lereng buatan akibat timbunan terjadi sebagai konsekuensi dari tuntutan perencanaan geometric jalan, dimana elevasi badan jalan direncanakan berada di atas elevasi tanah asli. Lereng buatan akibat timbunan dapat terjadi pada semua bentuk kondisi topografi, baik pada

kondisi topografi datar, berbukit maupun pegunungan. Kemiringan dan penanganan lereng buatan akibat timbunan secara normatif ditentukan oleh perencana berdasarkan pertimbangan-pertimbangan teknis, mencakup kondisi geometri jalan, kondisi topografi, karakteristik tanah timbunan untuk badan jalan, kondisi geologi, kondisi geoteknik, sistem drainase dan kondisi lingkungan di sekitarnya. Gambaran visual yang menunjukkan keberadaan lereng buatan akibat timbunan.



Gambar 2.7 Ilustrasi Keberadaan Lereng Bentukan / Buatan Akibat Timbunan Dalam Konteks Perencanaan Teknis Jalan Dimana Permukaan Badan Jalan Berada Di Atas Permukaan Tanah Asli
Sumber: Modul Penanganan Lereng Jalan

2.6 Stabilitas Lereng

Variasi topografi permukaan bumi hanya dimungkinkan karena kekuatan geser tanah atau batuan melebihi tegangan geser yang disebabkan oleh gravitasi atau beban lainnya. Hal yang normal adalah kita mengharapkan lereng paling curam menjadi paling sedikit. Namun ada contoh longsoran yang juga terjadi pada lereng yang landai. Faktor penyebab ketidakstabilan dapat diklasifikasikan secara luas diantaranya :

1. Faktor penyebab meningkatnya ketegangan.
2. Faktor penyebab penurunan tegangan.

Faktor yang menyebabkan peningkatan tegangan satuan berat tanah karena pembasahan, eksternal tambahan seperti bangunan, peningkatan kemiringan akibat erosi gempa bumi alami atau galian. Kehilangan resistensi dapat terjadi karena air, peningkatan tekanan pori, beban kejut berulang, efek pembekuan dan hilangnya

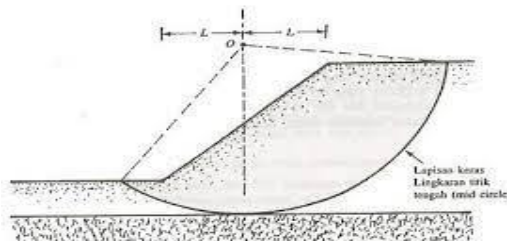
sementasi material, proses kehilangan kekuatan karena tekanan pada lempung sensitif.

Faktor penyebab keruntuhan lereng terjadi karena banyaknya air. Sehingga menyebabkan naiknya tegangan maupun turunnya kekuatan. Keruntuhan teknis yang paling sering terjadi adalah longsorannya suatu galian atau timbunan. Karena keruntuhan lereng pada suatu galian akan sangat berbeda dengan pada suatu timbunan. Timbunan suatu konstruksi memiliki suatu tinggi kritis terhadap stabilitas lereng yang dapat diperlihatkan pada rumus $H_c = \frac{2,67xc}{\gamma}$. Dengan menganggap $\phi = 0$ seperti akan tampak pada kasus untuk suatu jangka pendek.

2.6.1 Analisis untuk kasus dengan $\phi = 0$

Analisis ini, dinyatakan sebagai tegangan total. meliputi kasus tanah liat jenuh sempurna dalam keadaan dikeringkan, lebih tepatnya keadaan segera setelah konstruksi ditempatkan. Dalam analisis yang dikaji hanya momen kesetimbangan. Stabilitas lereng umumnya dinyatakan dalam faktor keamanan sebagai berikut:

$$FS = \frac{\text{Momen Penahan}}{\text{Momen Penggerak}} \dots\dots\dots(2.18)$$



Gambar 2.8 Bidang Geincir Keruntuhan Lereng

Momen Penggerak

$$M_d = W a \dots\dots\dots(2.19)$$

Momen tahanan $M_r = \tau l$ Dimana $\tau = cu / F$

$$\text{Maka } F = \frac{c l r}{W a} \dots\dots\dots(2.20)$$

Keterangan:

c = nilai kohesi tanah

l = busur bidang longsor

R = jari – jari titik pusat keruntuhan

W = berat tanah

a = jarak gaya berat ke pusat (lengan momen).

Tinjauan sutau permukaan gelincir yang mungkin dapat terjadi (gambar) momen penahan dimana untuk keadaan :

Tabel 2. 4 Besaran Keamanan Lereng

Besaran Keamanan Lereng	Keterangan
$FS > 1,0$	Lereng dinyatakan stabil
$FS = 1,0$	lereng dalam keadaan setimbang, dan akan mengalami kelongsoran jika ada gangguan
$FS < 1,0$	Lereng dianggap tidak stabil atau akan mengalami kelongsoran.

Maka dari itu, untuk menganalisa suatu lereng akan selalu berkaitan dengan perhitungan – perhitungan untuk mengetahui faktor keamanan dari lereng yang ditinjau. Studi -studi menyeluruh tentang keruntuhan lereng (dengan kemiringan 1:2 dan tinggi 40 ft) menunjukkan bahwa:

Tabel 2. 5 Pengaruh Jenis Lereng Terhadap besarnya SF

Jenis Lereng	SF
Tanpa tekanan air pori, tanpa lapisan tanah lemah, tanpa tanah keras	2,071 – 2,085
Tanpa tekanan air pori, dengan lapisan tanah lemah dan tanah keras	1,338 – 1,394
Dengan $R_u = 0,25$ tanpa lapisan tanah lemah, tanpatanah keras	1,756 – 1,772
Dengan $R_u = 0,25$ dengan lapisan tanah lemah lapisan tanah keras	1,081 – 1,137

Dengan garis muka air tanah, tanpa lapisan yanah lemah, tanpa tanah keras	1,827 – 1,838
Dengan garis muka air tanah, dengan lapisan tanah lemah dan tanah keras	1,212 – 1,265

Dalam Penelitiannya, Bishop (1955) mendapatkan data hubungan tentangangka aman dan kejadian keruntuhan.

Tabel 2.6 Hubungan Angka Keamanan Dengan Kejadian Keruntuhan

Angka aman (SF)	Kejadian
F	Keruntuhan Biasa Terjadi
$1,07 < F \leq 1,25$	Keruntuhan Pernah Terjadi
$F > 1,25$	Keruntuhan Jarang terjadi

2.6.2 Kuat Geser

Kuat geser terdiri dari kohesi (c) dan sudut geser dalam (\emptyset). Untuk analisis kemantapan lereng jangka Panjang digunakan harga kuat geser efektif maksimum (c' , \emptyset'). Untuk lereng yang sudah mengalami gerakan atau material pembentuk lereng yang mempunyai diskontinuitas tinggi digunakan harga kuat geser sisa $C_r=0$, \emptyset'). Harga kuat geser sisa rata-rata untuk lereng yang telah longsor (bila diketahui bidang longsornya) disarankan menggunakan cara analisis balik.

Kuat geser tergantung pada gaya yang bekerja anta butirnya, dengan demikian dapat dikatakan bahwa kekuatan geser terdiri atas:

1. Bagian yang bersifat kohesif, tergantung pada macam tanah / batuan dan ikatan butirnya.
2. Bagian yang bersifat gesekan, yang sebanding dengan tegangan efektif yang bekerja pada bidang geser.

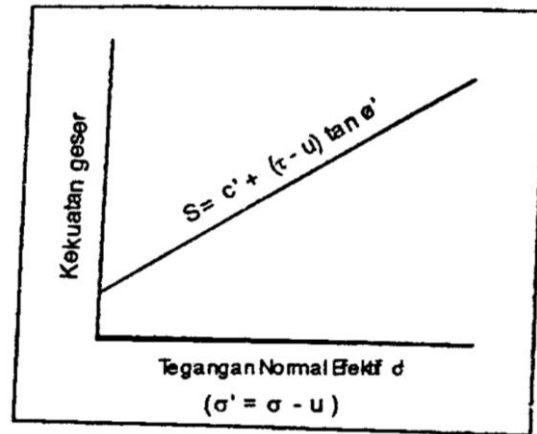
Kekuatan geser tanah dapat dinyatakan dalam rumus:

$$S = C' + (\tau - \mu) \tan \Phi \dots \dots \dots (2.21)$$

Dimana:

S = kekuatan geser

- τ = tegangan total pada bidang geser
- μ = tekanan air pori
- C' = kohesi efektif
- Φ' = sudut geser dalam efektif



Gambar 2.9 Kekuatan Geser Tanah atau Batu

Sumber : Bishop 1955

2.7 Kelongsoran

Longsor merupakan suatu perubahan kestabilan pada bidang longsor yang disebabkan oleh mekanisme gerak yang terjadi akibat gaya-gaya internal yang terjadi pada butir-butir tanah. Bentuk dan kedalaman bidang longsor sangat penting dalam analisis kestabilan lereng untuk menentukan dimensi dan stabilitas penanggulangan yang dipilih. Bidang longsor juga penting dalam menentukan letak dan kedalaman struktur penanggulangan

2.7.1 Penyebab Kelongsoran

Pada penjelasan di depan telah disebutkan dua penyebab atau kelongsoran lereng yaitu akibat pengaruh dalam (*internal effect*) dan akibat pengaruh luar (*External Effect*). Namun secara rinci beberapa penyebab kelongsoran suatu lereng adalah sebagai berikut:

1. Penambahan beban pada lereng, tambahan beban lereng dapat berupa bangunan baru, tambahan beban oleh air yang masuk ke pori – pori tanah maupun bary, tambahan beban oleh air yang masuk ke pori -pori tanah maupun yang menggenang di permukaan tanah dan beban dinamis oleh tumbuh – tumbuhan yang tertiuip angin dan lain – lain.

2. Penggalian dan pemotongan tanah pada kaki lereng.
3. Penggalian yang mempertajam kemiringan lereng.
4. Perubahan posisi muka air tanah secara cepat (*rapid drawdown*) pada bendungan, sungai dan lain – lain.
5. Kenaikan tekanan lateral oleh air (air yang mengisi retakan akan mendorong tanah ke arah lateral).
6. Gempa bumi
7. Penurunan tahanan geser tanah pembentuk lereng oleh akibat kenaikan kadar air, kenaikan tekanan air pori, tekanan rembesan oleh genangan air di dalam tanah, tanah pada lereng mengandung lempung yang mudah kembang susut dan lain – lain.

Selain beberapa bentuk penyebab di atas, kelongsoran lereng juga terjadi akibat adanya beberapa pengaruh, antara lain:

1. Pengaruh iklim

Di dekat permukaan tanah, kuat geser tanah berubah dari waktu ke waktu bergantung pada iklim. Beberapa jenis tanah mengembang saat musim hujan, dan menyusut pada musim kemarau. Pada musim hujan kuat geser tanah ini menjadi sangat rendah dibandingkan dengan musim kemarau. Oleh karena itu, kuat geser yang dipakai pada analisis stabilitas lereng harus didasarkan pada kuat geser tanah yang terendah yaitu pada musim hujan, atau kuat geser pada saat tanah jenuh air.

2. Pengaruh air

Pengaruh air atau rembesan menjadi factor sangat penting dalam stabilitas lereng, namun pengaruh ini sulit diidentifikasi dengan baik. Telah diketahui bahwa rembesan air yang terjadi di dalam tanah menyebabkan gaya rembesan yang sangat berpengaruh pada stabilitas lereng.

Erosi permukaan lereng dapat menyebabkan terkikisnya tanah permukaan yang mengurangi tinggi lereng, sehingga menambah stabilitas lereng. Sebaliknya, erosi yang memotong kaki lereng dapat menambah tinggi lereng, sehingga mengurangi stabilitas lereng.

Jika pada lereng terjadi penurunan muka air tanah dalam lereng atau di dekat lereng. Contohnya penurunan muka air mendadak pada saluran atau

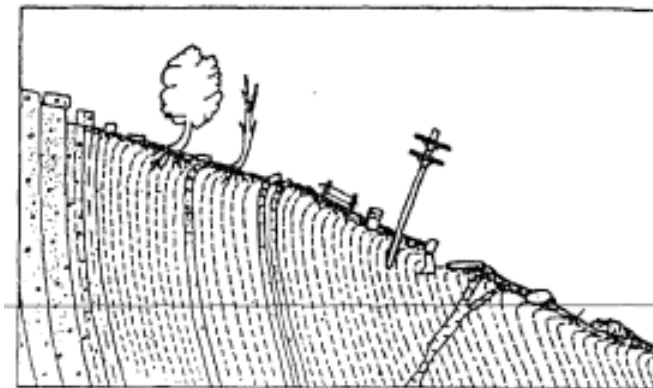
sungai, maka terjadi pengurangan gaya angkat air pada massa tanah, yang menambah beban lereng. Kenaikan beban menyebabkan kenaikan tegangan geser, yang bila tahanan geser tanah terlampaui akan mengakibatkan longsoran lereng. Hal ini banyak terjadi pada lereng yang tanahnya berpermeabilitas rendah.

Gaya geser yang terjadi pada volume konstan dapat diikuti oleh berkurang gaya intergranular dan naiknya tekanan air pori. Kelongsoran tanah dapat terjadi, bila pengurangan gaya intergranular tanah besar, menyebabkan masa tanah dalam kedudukan liquefaction (tegangan efektif nol), sehingga tanah dapat mengalir seperti cairan.

3. Pengaruh Rangkak (*Creep*)

Di dekat permukaan tanah yang miring, tanah di pengaruhi siklus kembang susut. Siklus ini dapat terjadi oleh akibat perubahan temperature, perubahan dari musim kemarau ke musim hujan, dan di daerah dingin dapat diakibatkan oleh pengaruh pembekuan air. Saat tanah mengembang, tanah naik sehingga melawan gaya – gaya gravitasi. Hasil dari Gerakan keduanya adalah Gerakan perlahan lereng turun ke arah bawah.

Kedalaman zona rangkak bervariasi dari beberapa sentimeter sampai beberapa meter bergantung pada sifat tanah dan kondisi iklim. Kenampakan Gerakan lereng akibat diilustrasikan oleh (Jaja Subagja dalam Taylor, 1962).



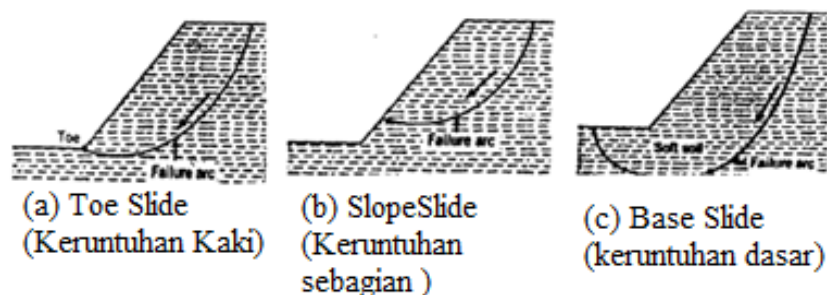
Gambar 2.10 Kenampakan Gerakan Lereng Akibat Rangkak (*Creep*)

Sumber: Jaja Subagja dalam Taylor, (1962)

Seperti ditunjukkan pada gambar di atas, rangkak dapat menyebabkan hal – hal berikut :

1. Blok batuan bergerak.
2. Pohon – pohon melengkung ke atas.
3. Bangunan bawah lereng melengkung dan menarik batuan.
4. Bangunan Menara, monumen dan lain – lain miring.
5. Dinding penahan tanah dan fondasi bergerak dan retak.
6. Jalan raya dan rel keluar dari alurnya.
7. Batu – batu besar menggelinding dan lain – lain.

Apabila terjadi suatu kelongsoran dalam tanah lempung, serungkali didapat merupakan sepanjang suatu busur lingkaran, dan karena bentuk inilah yang dianggap terjadi pada waktu mempelajari stabilitas suatu lereng. Busur lingkaran ini dapat memotong permukaan lereng, melalui titik kaki lereng (toe), atau memotong dasar lereng (deep-started) dan menyebabkan pengangkatab pada dasar. Ramalan bidang gelincir yang paling mungkin terjadi, sangat tergantung pada pengalaman, berdasarkan studi kasus – kasus yang telah lalu.



Gambar 2.11 Tipe - Tipe Keruntuhan Pada Lereng
 Sumber: Jajaja Subagja dalam Tylor, 1962

2.8 Anasis Stabilitas Lereng Terhadap Longsoran

Secara garis besar metode analisis stabilitas lereng terhadap longsoran dibagi menjadi tiga kelompok yaitu: (1) yang berdasarkan pada pengamatan visul, (2) cara komputansi, dan (3) menggunakan grafik.

2.8.1 Analisis Stabilitas Lereng berdasarkan Pengamatan Visual

Stabilitas lereng dapat diperkirakan dengan melakukan pengamatan secara visual di lapangan, tapa melakukan penyelidikan baik di lapangan maupun di laboratorium. Analisis ini dilakukan dengan membandingkan lereng yang stabil dan

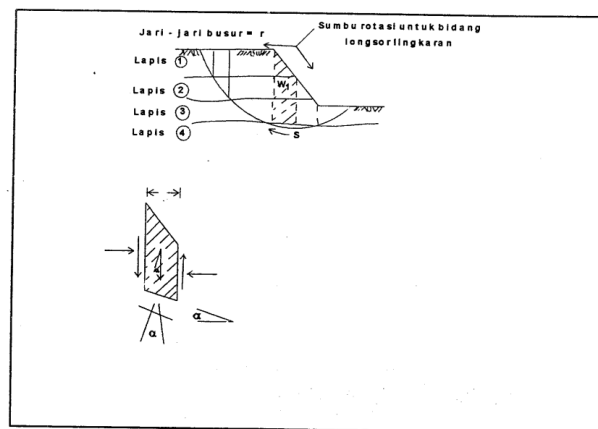
bergerak, serta keadaan geologinya. Pertama – tama lereng dikelompokkan menurut keadaan geologi, yang sama atau dapat disamakan. Kemudian dibuat grafik antara tinggi dan kemiringan lereng yang merupakan ikhtisar keadan lereng yang bergerak pada ketinggian lereng yang merupakan ikhtisar keadaan lereng yang bergerak pada ketinggian dan kemiringan yang berbeda – beda. Lereng yang paling tinggi dan paling tegak dapat dipakai sebagai patokan untuk menentukan lereng yang mantap.

2.8.2 Analisis Stabilitas Lereng terhadap kelongsoran dengan Analisis

Analisis stabilitas lereng dengan menggunakan komputansi mencakup metode Fellenius, Bishop, dan Janbu.

2.8.2.1 Metode Fellenius

Metode fellenius ini dapat dipakai pada lereng-lereng dengan kondisi isotropis, non isotropis dan berlapis-lapis. Massa tanah yang bergerak diandaikan terdiri atas beberapa elemen vertical. Lebar elemen dapat diambil tidak sama dan sedemikian sehingga lengkung busur di dasar elemen dapat dianggap garis lurus.



Gambar 2.12 Sistem Gaya Pada Cara Fellenius

Berat “total” tanah / batuan pada suatu elemen (W_t) termasuk beban luar yang bekerja pada permukaan lereng (Gambar 2.12). W_t diuraikan dalam komponen tegak lurus dan tangensial pada dasar elemen, Dengan cara ini, pengaruh gaya T dan E yang bekerja di samping elemen diabaikan. Faktor keamanan adalah perbandingan momen penahan longsor dengan penyebab longsor. Pada Gambar momen tahanan geser pada bidang longsor adalah:

$$M_{\text{penahan}} = R.r \dots \dots \dots (2.22)$$

Dimana R adalah gaya geser dan r adalah jari-jari bidang longsor.

Tahanan geser pada dasar tiap elemen adalah:

$$R = S \cdot l = l (c' + \sigma \tan \Phi') ; \sigma = \frac{W_t \cos \alpha}{1} \dots\dots\dots(2.23)$$

Momen penahan yang ada sebesar:

$$M_{\text{penahan}} = r (c' l + W_t \cos \alpha \tan \Phi') \dots\dots\dots(2.24)$$

Komponen tangensial W_t bekerja sebagai penyebab longsor menimbulkan momen penyebab:

$$M_{\text{penyebab}} = (W_t \sin \alpha) \cdot r \dots\dots\dots(2.25)$$

Faktor keamanan dari lereng menjadi:

$$FK = \frac{\sum(c'l + W_t \cos \alpha \tan \Phi')}{\sum W_t \sin \alpha} \dots\dots\dots(2.26)$$

μ = Tekanan Air Pori didasar bidang longsor

2.8.2.2 Metode Duncan & Buchignani

Cara analisis yang dibuat oleh A.W Bishop (1955) menggunakan cara elemen dimana gaya yang bekerja pada tiap elemen ditunjukkan seperti pada gambar . Persyaratan keseimbangan diterapkan pada elemen yang membentuk lereng tersebut. Faktor keamanan terhadap longsor didefinisikan sebagai perbandingan kekuatan geser maksimum yang dimiliki tanah di bidang longsor (S_{tersedia}) dengan tahanan geser yang diperlukan untuk keseimbangan (S_{perlu})

$$FK = \frac{S_{\text{tersedia}}}{S_{\text{perlu}}} \dots\dots\dots(2.27)$$

Bila kekuatan geser tanah adalah:

$$S_{\text{tersedia}} = c' + (\sigma - \mu) \tan \Phi' = c' + \sigma \tan \Phi' \dots\dots\dots(2.28)$$

Maka tahanan geser yang diperlukan untuk keseimbangan adalah:

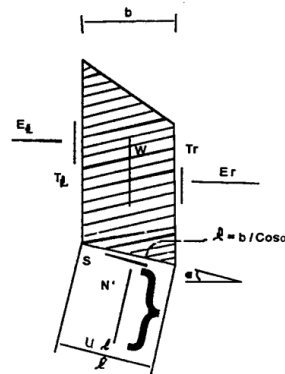
$$S_{\text{perlu}} = \frac{1}{FK} (c' + (\sigma - \mu) \tan \Phi') \dots\dots\dots(2.29)$$

Faktor keamanan dihitung berdasar rumus:

$$FK = \frac{\sum \frac{1}{m} (c' + (W - \mu l) \tan \Phi')}{W \sin \alpha} \dots\dots\dots(2.30)$$

Harga m dapat ditentukan dari gambar 2.12 Cara penyelesaian merupakan coba ulang (trial and errors) harga faktor keamanan FK di ruas kiri persamaan (2.30), dengan menggunakan Gambar 2.13. Untuk mempercepat perhitungan.

Faktor keamanan menurut cara ini menjadi tidak sesuai dengan kenyataan terlalu besar, bila sudut negative (-) di lereng paling bawah mendekati 30° (Gambar 2.13). Kondisi ini bisa timbul bila lingkaran longsor sangat dalam atau pusat rotasi yang diandalkan berada dekat puncak lereng. Faktor keamanan yang didapat dari cara Bishop ini lebih besar dari yang didapat dari cara Fellenius.



Gambar 2.13 Sistem Gaya Satau Elemen Menurut Bishop

2.8.2.3 Metode Janbu

Janbu (1954) mengembangkan suatu metode analisis stabilitas lereng yang dapat diterapkan untuk semua bentuk bidang longsor (Gambar 2.11). Besaran-besaran yang akan dicari adalah: F (yang berhubungan dengan T, N, E, dan S).

Berdasarkan keseimbangan gaya vertical:

$$N \cos \theta = W + \Delta S - T \sin \theta$$

$$N = (W + \Delta S) \sec \theta - T \tan \theta$$

Jumlah gaya-gaya tegak lurus maupun tangensial terhadap bidang dasar irisan adalah nol. Sehingga persamaannya adalah:

$$S = y \frac{dE}{dx} - \frac{d}{dx} (Ey_t) \dots \dots \dots (2.31)$$

$$\Delta N = (\Delta W - \Delta S) \cos \theta + \Delta E \sin \theta \dots \dots \dots (2.32)$$

$$\Delta T = (\Delta W + \Delta S) \sin \theta - \Delta E \cos \theta \dots \dots \dots (2.33)$$

Kriteria longsor MOHR – COULOMB adalah:

$$\Delta T = \frac{C \Delta x \sec \theta + \Delta N (\tan \theta)}{F} \dots \dots \dots (2.34)$$

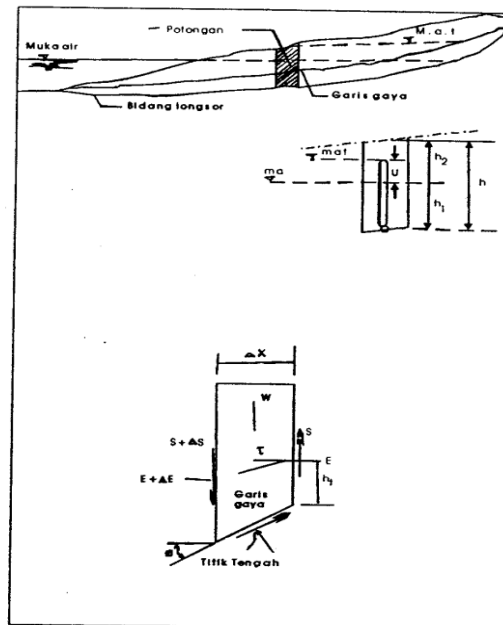
Dengan menggabungkan persamaan (2.27), (2.28), (2.29) dan memisalkan $x = 0$,

$$\frac{dE}{dx} \left(1 + \frac{\tan \phi}{F} \frac{dy}{dx} \right) + \frac{dS}{dx} \left(\frac{\tan \phi}{F} - \frac{dy}{dx} \right) = -\frac{c}{F} \left[1 + \left(\frac{dy}{dx} \right)^2 \right] + \frac{dW}{dx} \dots \dots \dots (2.35)$$

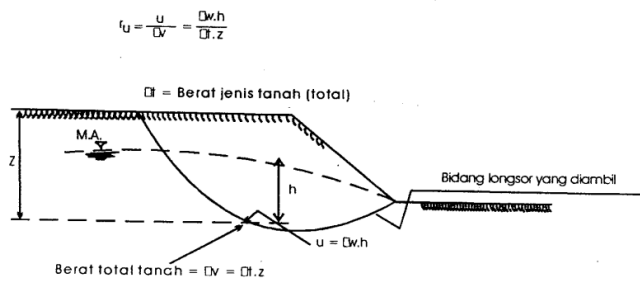
Persamaan (2.20) dan (2.27) merupakan dua persamaan diferensial, yang digunakan untuk menentukan E, S, y_t . Untuk melengkapi sistem persamaan tersebut, dimisalkan:

$$S = \lambda f(x) E$$

Dimana $f(x)$ adalah suatu fungsi dari x , dan $\lambda =$ konstanta. λ dan f dapat dipecahkan dengan persamaan (2.20) dan (2.27). $f(x)$ dimisalkan linier dengan menentukan suatu angka tertentu dapat ditentukan harga λ yang memenuhi persamaan-persamaan tersebut.



Gambar 2.14 Sistem Gaya Pada Irisan Metode Janbu



Gambar 2.15 Harga r_u Untuk Persamaan Bishop

2.8.3 Anasis Stabilitas Lereng terhadap kelongsoran dengan Grafik

Metode analisis stabilitas lereng dengan menggunakan grafik mencakup metode-metode Cousins, Janbu, Duncan & Buchignani, Hoek & Bray.

2.8.3.1 Metode Cousins

Untuk mengevaluasi stabilitas jangka Panjang suatu lereng harus digunakan tegangan efektif dan tegangan air pori yang bekerja pada bidang longsoran. Grafik yang dibuat oleh Cousins (1978) secara luas dipakai untuk keperluan praktis. Pengaruh air pori dinyatakan dalam perbandingan tekanan pori, r_u yang didefinisikan sebagai perbandingan tekanan air pori dengan beban tanah total pada suatu kedalaman tertentu dalam suatu massa tanah. (Lihat Gambar 2.13)

Grafik Cousins [Gambar 2.14. (a) sampai 2.21 (p)] didasarkan atas analisis lingkaran geser (*friction circle method*) seperti untuk grafik Taylor.

Angka kestabilan Cousins didefinisikan sebagai:

$$N = \frac{H_{ada}(FK)}{c'} \dots \dots \dots (2.36)$$

Cousins juga menggunakan parameter $c\phi$ pada kelompok tanda yang berhubungan dengan sifat tanah dan tinggi lereng, dimana:

$$c\phi = \frac{H_{ada}\phi'}{c'} \dots \dots \dots (2.37)$$

faktor keamanan D diperlihatkan pada grafik-grafik dan dapat digunakan untuk mempelajari longsoran dengan bidang longsoran dalam (*base failure*)

$$D = \frac{V}{H} \dots \dots \dots (2.38)$$

dimana:

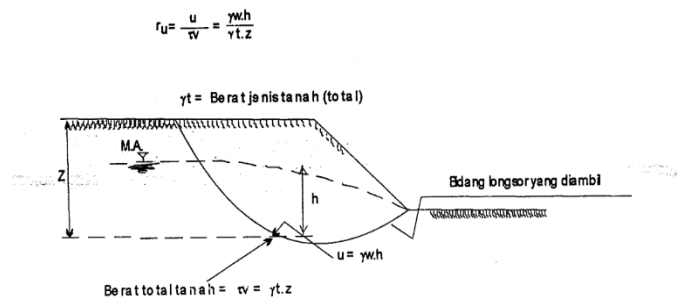
V = Jarak vertical dari atas lereng ke titik terbawah pada bidang longsoran

H = tinggi lereng

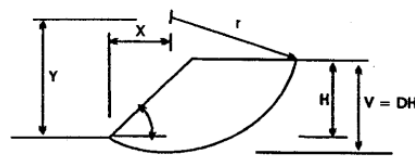
Bila lereng terkena pengaruh aliran air (*seepage*), tekanan air pori atau nilai perbandingan tekanan air pori akan berubah besarnya sepanjang bidang longsor tersebut.

Harga rata-rata yang menguntungkan untuk r_u harus digunakan jika grafik-grafik dipakai. Nilai r_u rata-rata ditetapkan untuk digunakan dalam perhitungan berdasarkan Gambar 2.12 (p).

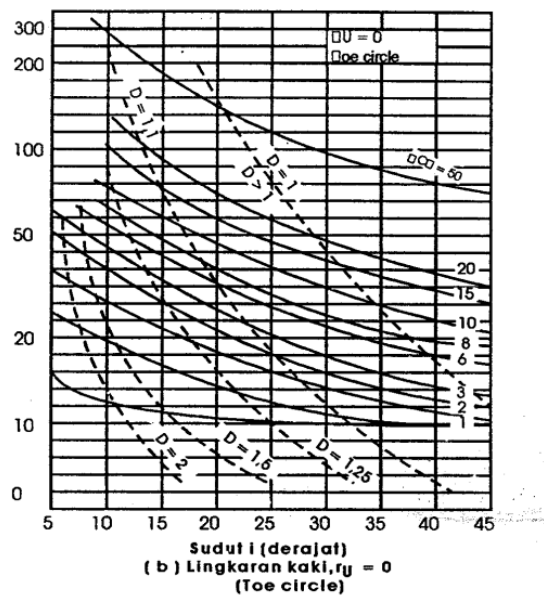
Menggunakan nilai r_u D dan c dapat diketahui dengan mencari X dan Y dari $r_i r_u (X/H) \tan l$ dan $(Y/H) \tan l$ yang dapat dilihat pada Gambar 2.15(h) s/d 2.19(o).



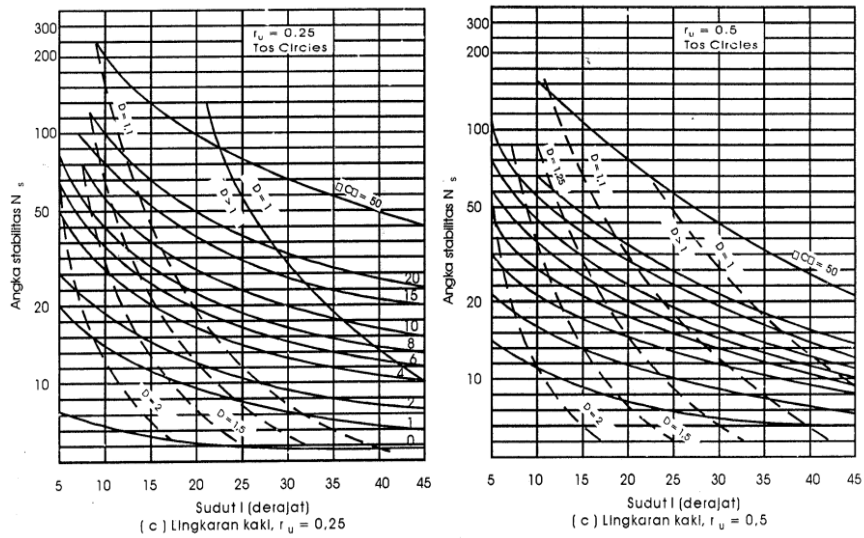
Gambar 2.16 Definisi Dari Tanda - tanda yang digunakan untuk perhitungan r_u



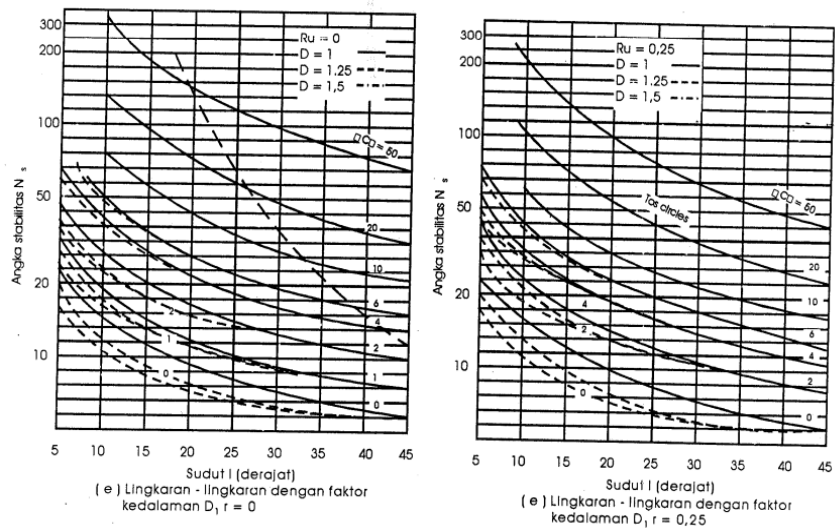
(a) Notasi yang digunakan



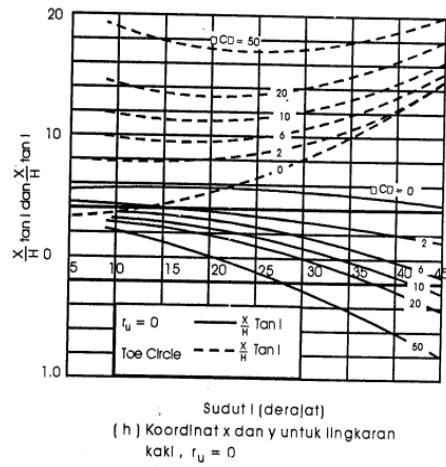
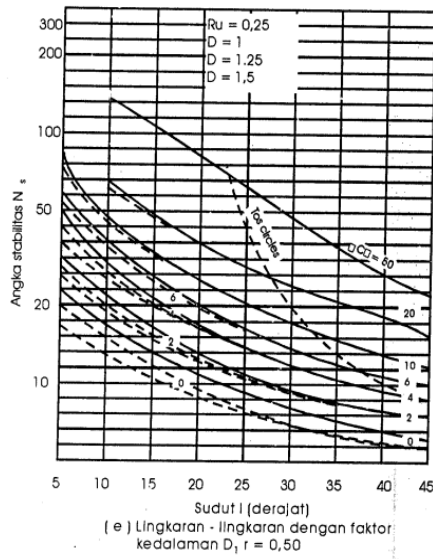
Gambar 2.17 Grafik Cousins Untuk Angka Stabilitas dan Perletakan Lingkaran-lingkaran Kritis – 1



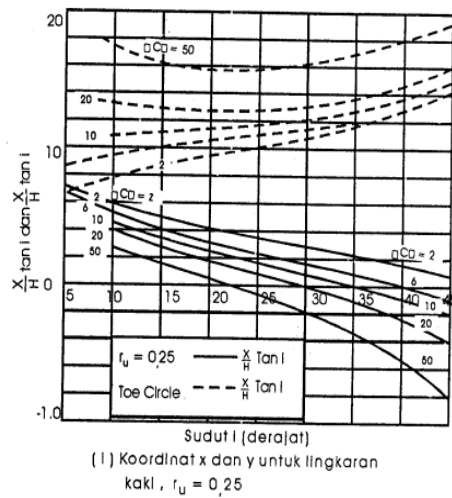
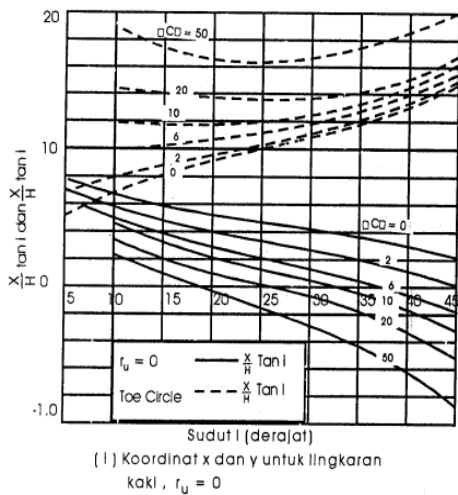
Gambar 2.18 Grafik Cousin Untuk Angka Stabilitas dan Perletakan Lingkaran – Lingkaran Kritis (Lanjutan)-2



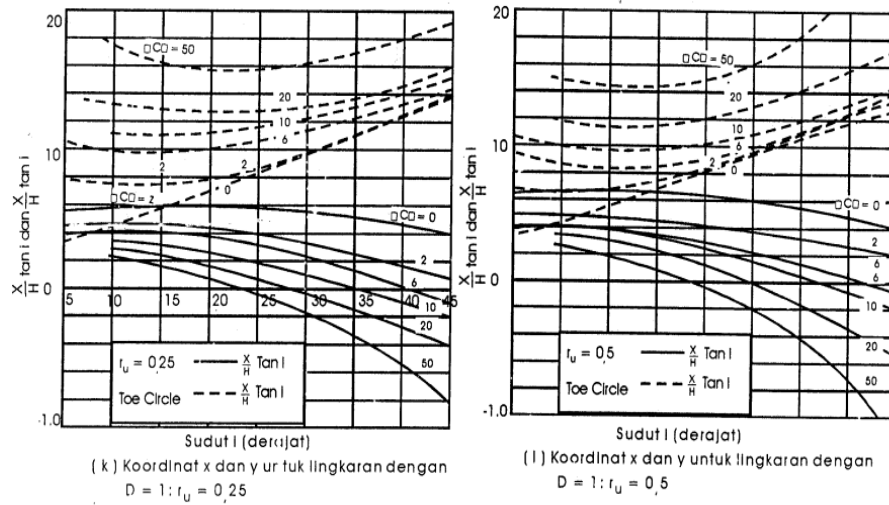
Gambar 2.19 Grafik Cousins Untuk Angka Stabilitas dan Perletakan Lingkaran – Lingkaran Kritis (Lanjutan)-3



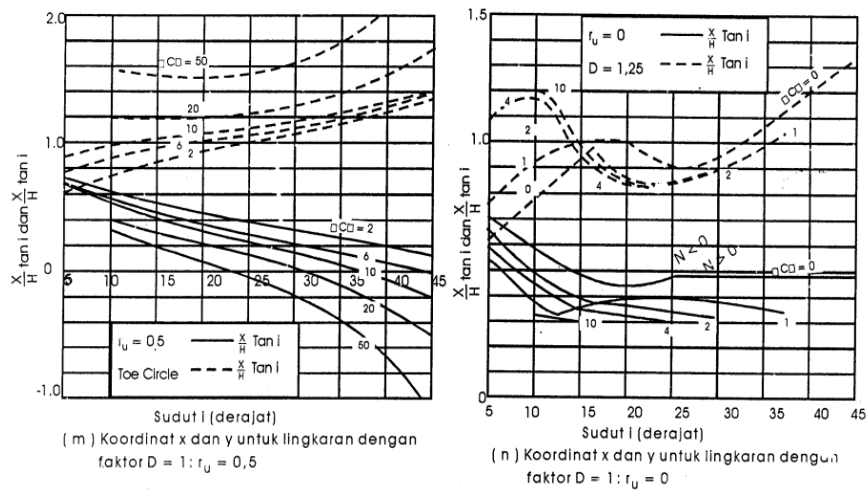
Gambar 2.20 Grafik Cousins Untuk Angka Stabilitas dan Peralatan Lingkaran - Lingkaran Kritis (Lanjutan) - 4



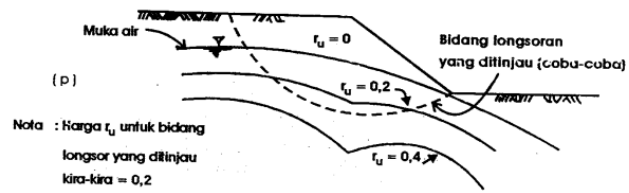
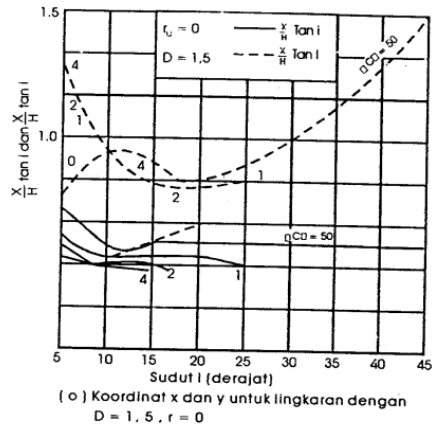
Gambar 2.21 Grafik Cousins Untuk Angka Stabilitas dan Perletakan Lingkaran - Lingkaran Kritis (Lanjutan) - 5



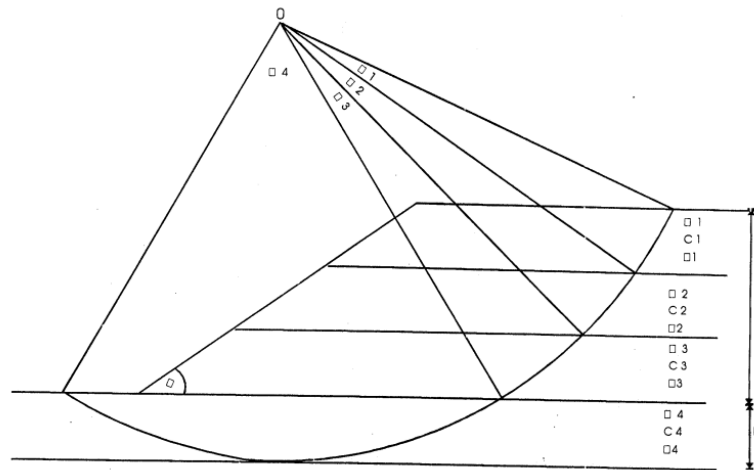
Gambar 2.22 Grafik Cousins Untuk Angka Stabilitas Dan Peralatan Lingkaran – Lingkaran Kritis (Lanjutan) -6



Gambar 2.23 Grafik Cousin Untuk Angka Stabilitas Dan Peralatan Lingkaran - Lingkaran Kritis (Lanjutan) - 7



Gambar 2.24 Grafik Cousins Untuk Angka Stabilitas dan Peralatan Lingkaran - Lingkaran Kritis (Lanjutan) - 8



Gambar 2.25 Lereng Yang Terdiri Atas Empat Lapisan

2.8.3.2 Metode Janbu

Analisis stabilitas lereng dengan menggunakan grafik dengan metode Janbu dipakai untuk kondisi tanah jenuh air dengan $\phi = 0$, $c \neq 0$ dan kondisi tanah yang mempunyai harga $\phi \neq 0$, $c \neq 0$.

a. Kondisi Tanah Jenuh Air $\phi = 0$, $c \neq 0$

Bagian ini terutama membahas mengenai stabilitas lereng untuk tanah lempung jenuh air. Langkah-langkah penggunaan grafik stabilitas:

- Tentukan parameter desain serta perlapisan tanah yaitu ϕ , c , γ , h dan D .
- Tentukan kemiringan lereng
- Tanah berlapis-lapis disederhanakan menjadi satu lapisan

Cara yang dapat ditempuh adalah dengan mengambil harga “weighted average” dari ϕ dan c dan harga rata-rata dengan menggunakan persamaan:

$$\tan(\phi_{\text{rata}}) = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} \theta_i \tan \phi_i}{\sum_{i=1}^{i=n} \theta_i} \dots \dots \dots (2.39)$$

$$C_{\text{rata}} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} \theta_i C_i}{\sum_{i=1}^{i=n} \theta_i} \dots \dots \dots (2.40)$$

$$\gamma_{\text{rata}} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} \gamma_i}{n} \dots \dots \dots (2.41)$$

- Hitung faktor kedalaman d menggunakan persamaan:

$$d = \frac{D}{H} \dots \dots \dots (2.42)$$

dimana:

- d = faktor kedalaman
- D = kedalaman (m)
- H = tinggi (m)

- Hitung faktor P_d menggunakan persamaan:

$$P_d = \frac{\gamma_{\text{rata}} H + q - \gamma_w H_w}{U_q U_w U_t} \dots \dots \dots (2.43)$$

dimana:

- γ_{rata} = berat volume rata-rata (ton/m^3)
- H = tinggi lereng dari dasar (m)
- q = beban merata (ton/m^3)
- H_w = tinggi air diluar lereng (m)
- U_q = faktor kondisi beban merata (lihat Gambar 2.22)

U_w = faktor koreksi beban perendaman (Gambar 2.22)

U_t = faktor koreksi retakan susut (lihat Gambar 2.17)

Bila tidak ada beban merata, $U_q = 1$; bila tidak ada perendaman $U_w = 1$ dan bila tidak ada retakan susut $U_t = 1$.

- Menggunakan grafik dalam Gambar 18, dicari angka stabilitas N_o yang tergantung pada harga β dan d
- Hitung faktor keamanan FK, menggunakan persamaan:

$$FK = \frac{N_o C_{rata}}{P_d} \dots \dots \dots (2.44)$$

dimana :

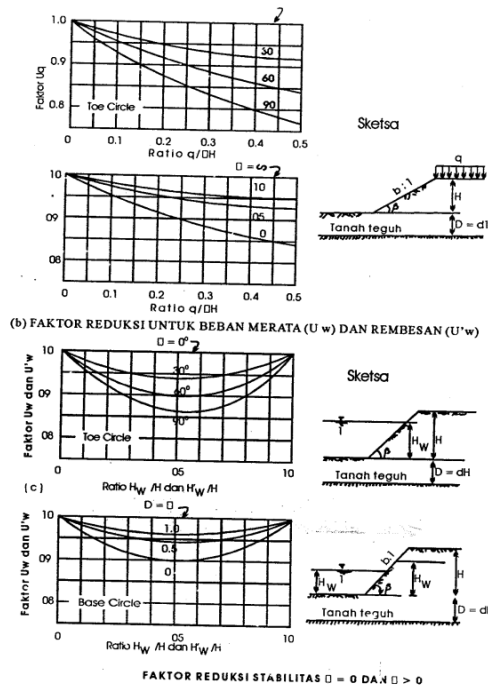
FK = faktor keamanan

N_o = angka stabilitas

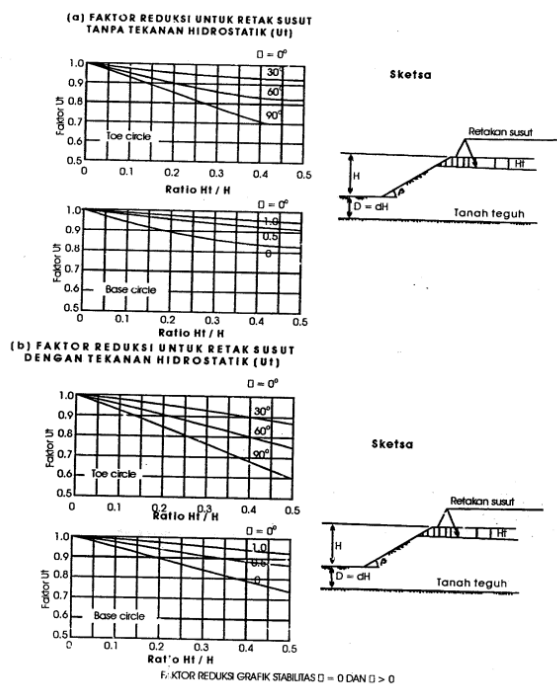
C_{rata} = harga kohesi rata-rata (ton/m^3)

P_d = faktor

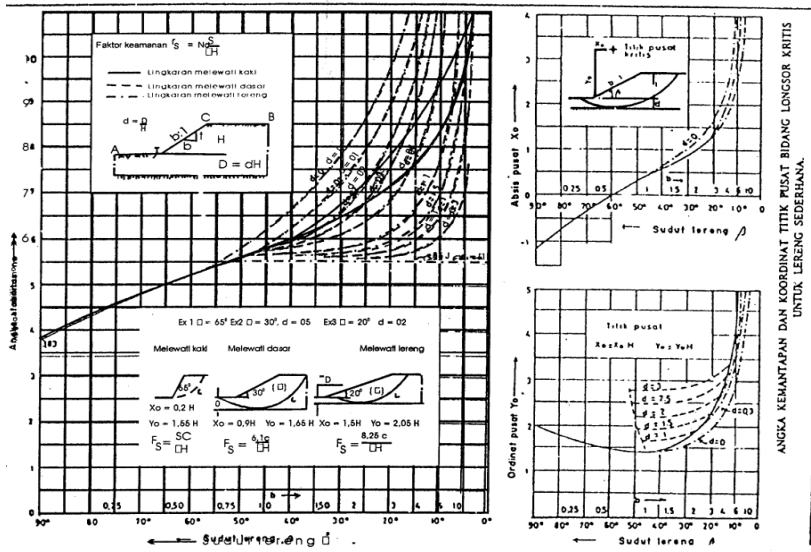
- Tentukan titik tangkap lingkaran kritis (bidang longsoran) menggunakan grafik dalam Gambar 18. Titik tangkap dinyatakan dalam X_o dan Y_o



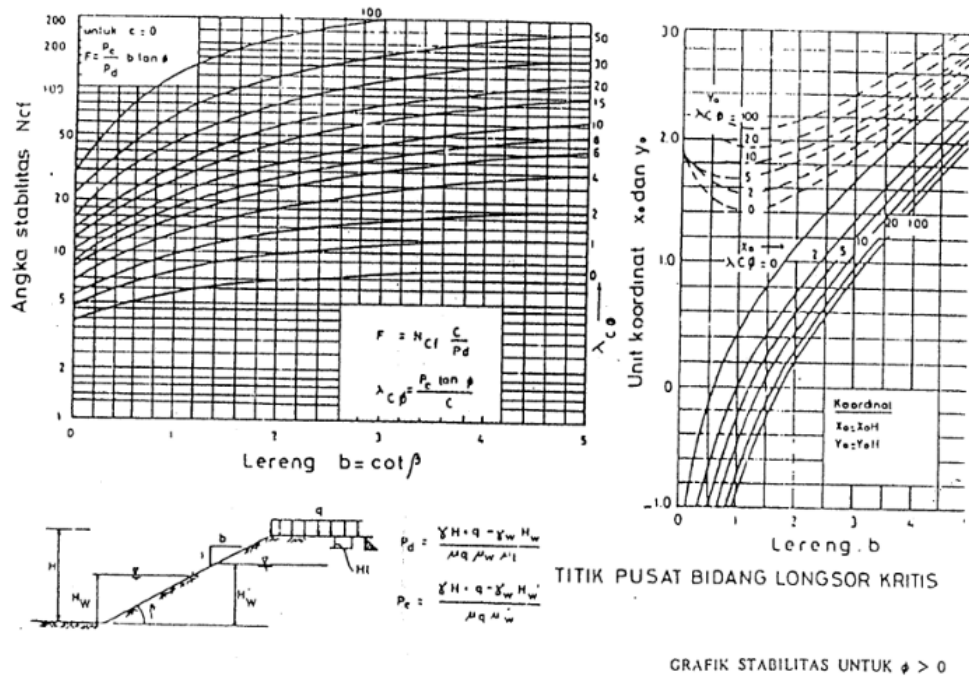
Gambar 2.26 Faktor Reduksi Stabilitas $\phi = 0$ dan $\phi > 0$



Gambar 2.27 Faktor Reduksi Grafik Stabilitas $\phi = 0$ dan $\phi > 0$



Gambar 2.28 Angka Kemantapan Dan Koordinat Titik Pusat Bidang Longsor Untuk Lereng Sederhana



Gambar 2.29 Grafik Stabilitas Untuk $\phi > 0$

b. Kondisi Tanah yang Mempunyai harga $\Phi > 0$ dan $c > 0$.

Bagian ini terutama membahas mengenai kemantapan lereng untuk tanah lempung yang mempunyai parameter $\Phi > 0$ dan $c > 0$, dan peninjauan dapat dilakukan terhadap lereng terendam sebagian, retakan susut, dan gaya-gaya luar lainnya. Langkah-langkah penggunaan grafik:

1. Tentukan parameter desain setiap lapisan tanah yaitu Φ , c , γ , h dan D .
2. Tentukan kemiringan lereng
3. Tanah berlapis-lapis disederhanakan menjadi satu lapisan. Caranya sama untuk tanah jenuh air ($\Phi = 0$, $c \neq 0$) dengan menggunakan persamaan (2.25, 2.31, 2.32).
4. Perkiraan letak bidang longsoran
Untuk lereng sederhana dengan $\Phi > 0$ bidang longsoran kritis melewati kaki lereng bila tanah dasarnya akan melewati tanah dasar, menyinggung lapisan yang kuat.
5. Hitung faktor P_d menggunakan persamaan (2.45)

$$P_d = \frac{\gamma_{rata} H + q - \gamma_w H_w}{U_q U_w U_t} \dots \dots \dots (2.45)$$

6. Hitung faktor P_e menggunakan persamaan

$$P_e = \frac{\gamma_{rata} H + q - \gamma_w H_w}{U_q U_w} \dots \dots \dots (2.46)$$

Dimana:

H_w = tinggi air dalam lereng (m)

u_w = faktor koreksi rembesan

Bila tidak ada beban merata, $u_q = 1$; bila tidak ada rembesan $u_w = 1$

7. Hitung parameter tak berdimensi $\lambda_{c\phi}$ menggunakan persamaan

$$\lambda_{c\phi} = \frac{P_e \tan(\phi_{rata})}{c_{rata}} \dots \dots \dots (2.47)$$

Dimana;

$\tan(\phi_{rata})$ = harga rata dari $\tan \phi$

c_{rata} = harga kohesi rata-rata (ton/m²)

Bila $c_{rata} = 0$ maka $\lambda_{c\phi}$ menjadi tak terhingga

Dalam hal ini langkah 7 diloncat.

8. Menggunakan grafik dalam gambar 2.23 cari angka kemantapan N_{cf} yang tergantung pada sudut kemiringan β dan $\lambda_{c\phi}$

9. Hitung faktor keamanan, FK menggunakan persamaan:

$$FK = N_{cf} \frac{c_{rata}}{P_d} \text{ (untuk } c > 0) \dots \dots \dots (2.48)$$

$$FK = \frac{P_e}{P_d} b \tan \phi_{rata} \text{ (untuk } c = 0) \dots \dots \dots (2.49)$$

dimana: $b = \cot \beta$

10. Tentukan titik tangkap lingkaran kritis (bidang longsoran) menggunakan grafik dalam Gambar 2.23 dan dinyatakan dalam X_o dan Y_o
11. Bila lereng terdiri atas banyak lapisan maka perhitungan perlu ditinjau beberapa lingkaran kritis yang menyinggung batas-batas lapisan.

2.8.3.3 Metode Duncan & Buchignani

Analisis Duncan & Buchignani untuk lereng tak terbatas mencakup dua kondisi, yaitu:

1. Lereng dari material tak berkohesi dengan bidang longsoran kritis dangkal
2. Lereng dari tanah residual dengan lapisan tanah tipis terletak diatas lapisan tanah lebih kuat dan bidang longsornya melewati bidang datar sejajar lereng, lihat Gambar 2.26.

A. Langkah-langkah dalam penggunaan grafik stabilitas untuk analisa tegangan efektif

- Tentukan ratio tekanan air pori r_u menggunakan persamaan:

$$r_u = \frac{x}{T} \frac{\gamma_w}{\gamma} \cos^2 \beta \quad (\text{untuk rembesan sejajar lereng}) \dots \dots \dots (2.50)$$

$$r_u = \frac{\gamma_w}{\gamma} \frac{1}{1 + \tan \beta \tan \theta} \quad (\text{untuk rembesan memotong lereng}) \dots \dots \dots (2.51)$$

dimana:

x = Jarak dari bidang longsoran ke garis rembesan diukur normal terhadap lereng (m)

T = jarak dari bidang longsoran ke permukaan lereng, diukur normal terhadap permukaan lereng

γ_w = berat volume air (ton/m³)

β = sudut kemiringan lereng

θ = sudut garis muka air bebas dengan bidang horizontal

- Tekanan parameter A menggunakan grafik dalam Gambar 2.26 yang tergantung pada r_u dan $\cot \beta = b$.
- Tentukan parameter B menggunakan grafik dalam Gambar 2.26 yang tergantung pada $\cot \beta$
- Hitung faktor keamanan, FK menggunakan persamaan:

$$FK = A \frac{\tan \phi'}{\tan \beta} + B \frac{c'}{\gamma H} \dots \dots \dots (2.52)$$

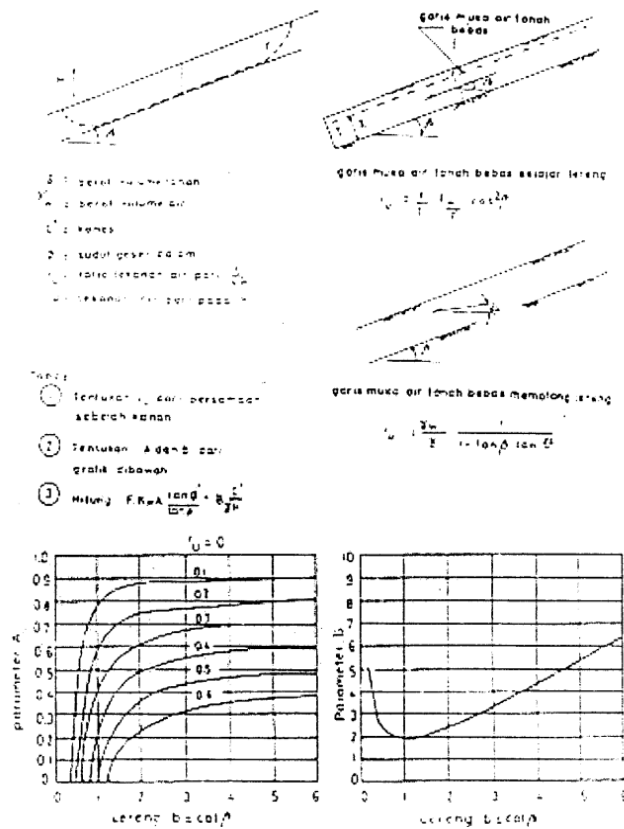
dimana:

ϕ' = sudut geser dalam menggunakan tegangan efektif (derajat)

c' = kohesi dalam tegangan efektif (ton/m²)

β = sudut kemiringan lereng

H = kedalaman bidang longsoran diukur vertical dari permukaan lereng.



Gambar 2.30 Angka Kemantapan Untuk Lereng Tak Terhingga

B. Langkah penggunaan grafik stabilitas untuk analisa tegangan total

- Tentukan parameter B menggunakan grafik stabilitas untuk analisa tegangan total
- Hitung faktor keamanan FK menggunakan persamaan:

$$FK = A \frac{\tan \phi}{\tan \beta} + B \frac{c}{\gamma H} \dots \dots \dots (2.52)$$

dimana:

- ϕ' = sudut geser dalam menggunakan tegangan efektif (derajat)
- c' = kohesi dalam tegangan efektif (ton/m²)
- β = sudut kemiringan lereng
- H = kedalaman bidang longsor diukur vertical dari permukaan

2.9 Program Plaxis

(Reyhana, Mardewi and Susanto n.d.) Mengatakan bahwa Plaxis adalah sebuah paket program yang disusun berdasarkan metode elemen hingga yang telah

dikembangkan secara khusus untuk melakukan analisis deformasi dan stabilitas dalam bidang rekayasa geoteknik. Prosedur pembuatan model secara grafis yang mudah memungkinkan pembuatan suatu model elemen hingga yang rumit dapat dilakukan dengan cepat, sedangkan berbagai fasilitas yang tersedia dapat digunakan untuk menampilkan hasil komputasi secara mendetil. Proses perhitungannya sendiri sepenuhnya berjalan secara otomatis dan didasarkan pada prosedur numerik yang handal. Konsep ini memungkinkan para pemula untuk dapat menggunakan paket program ini hanya dengan mengikuti beberapa jam pelatihan saja.

Penggunaan metode plaxis dimaksudkan sebagai suatu alat bantu analisis untuk digunakan oleh ahli geoteknik yang tidak harus menguasai metode numerik, beberapa ahli mengungkapkan bahwa perhitungan dengan metode elemen hingga yang non- linier lebih sulit dan menghabiskan banyak waktu. Tim riset dan pengembangan Plaxis menjawab masalah tersebut dengan merancang prosedur- prosedyr perhitungan yang baik secara teoritis, yang kemudian dikemas dalam suatu kerangka yang logis dan mudah digunakan, dengan hasil yang banyak diterima oleh praktisi geoteknik di seluruh dunia yang telah menerima dan menggunakan untuk keperluan rekayasa teknik.

Tahap penggunaan program plaxis dibutuhkan sudut lereng yang sesuai, pemodean ini dilakukan untuk mendapatkan kestabilan lereng dari kondisi sesungguhnya di lapangan, pada tahap selanjutnya perlu memasukan data – data primer maupun sekunder, data – data yang perlu di masukan adalah :

Tabel 2.7 Properties Tanah

Parameter	Simbol	Satuan
Kedalaman	Depth	m
Material Model	—	—
<i>Material Type</i>	—	—
<i>Dry Soil Weight</i>	γ_{unset}	$k N/m^3$
<i>Wet Soil Weight</i>	γ_{sat}	$k N/m^3$
<i>Horizontal Permeability</i>	Kx	m/day
<i>Vertical Permeability</i>	Ky	m/day
<i>Young's Modulus</i>	Eref	$k N/m^2$
<i>Poisson's Ratio</i>	v	—
<i>Cohesion</i>	Cref	$k N/m^2$
<i>Friction Angle</i>	φ	°
<i>Dilantacy Angle</i>	ψ	°

Tahapan berikutnya setelah diperoleh data-data yang di inginkan, membuat halaman baru atau di plaxis disebut buka proyek baru, langkah berikutnya adalah pengaturan global, pengaturan ini meliputi deskripsi permasalahan, jenis analisis, jenis elemen, satuan dasar dan ukuran bidang gambar. Tahapan selanjutnya menggambar kontur geometri dengan acuan tahapan sebelumnya setelah muncul bidang gambar dilengkapi indikator sumbu koordinat, sumbu x akan menunjukkan ke kanan dan sumbu y menunjukan ke atas. Dalam penerapan gambar kontur geometri perlu dilakukan kondisi batas ini dilakukan untuk menghindari situasi dimana perpindahan dari geometri tidak terkontrol, beberapa titik dari geometri harus mempunyai perpindahan tertentu. Jika kondisi batas tidak dilakukan secara eksplisit pada suatu batas tertentu (batas bebas), maka kondisi akan diterapkan, yaitu dimana gaya tertentu adalah nol dan perpindahan adalah bebas.

Setelah tahapan sebelumnya dilaksanakan selanjutnya input data material yang telah di dapatkan baik data primer ataupun sekunder, seluruh data material harus didefinisikan dan seluruh klaster serta obyek struktural harus sudah dikaitkan terhadap kumpulan data material yang sesuai.

Setelah model geometri lengkap selesai, model (atau jaring) elemen hingga dapat disusun, plaxis menyediakan prosedur penyusunan jaring elemen yang sepenuhnya dilakukan secara otomatis, dimana geometri dari model dibagi menjadi elemen-elemen dasar dan elemen struktural yang kompatibel, jika dalam geometri. Penyusunan jarring elemen akan mengikutsertakan seluruh titik dan garis yang ada dalam model geometri, sehingga posisi yang tepat dari seluruh lapisan, beban dan struktur ikut diperhitungkan dalam jaring elemen, proses penyusunan didasarkan pada prinsip triangulasi yang baik, yang mencari segitiga yang teroptimasi dan akan menghasilkan jarring elemen yang tidak beraturan (unstructured mesh). Jaring elemen yang tidak beraturan merupakan jaring elemen yang tidak disusun dari elemen-elemen berdasarkan suatu pola yang teratur.

Dengan terbentuknya jaring elemen, maka model elemen hingga telah selesai dibentuk. Walaupun demikian, kondisi awal harus ditentukan dan dihitung terlebih dahulu sebelum memulai perhitungan, secara umum kondisi awal untuk tekanan air, konfigurasi geomatri awal dan kondisi tegangan efektif awal.

Dengan terbentuknya jaring elemen, maka model elemen hingga telah selesai dibentuk. Walaupun demikian, kondisi awal harus ditentukan dan dihitung terlebih dahulu sebelum memulai perhitungan, secara umum kondisi awal untuk tekanan air, konfigurasi geometri awal dan kondisi tegangan efektif awal.

Tahapan selanjutnya melakukan perhitungan, pixel akan melakukan perhitungan secara otomatis setelah tahapan-tahapan sebelumnya dilakukan dengan baik maka perhitungan akan otomatis berjalan dengan baik. Setelah perhitungan telah selesai dilakukan, hasilnya dapat dievaluasi dalam program keluaran, dalam keluaran dapat dilihat perpindahan dan tegangan-tegangan yang terjadi di seluruh geometri maupun pada potongan-potongan tertentu serta pada elemen-elemen structural.

2.10 Program Geoslope/w

GeoStudio Office adalah rangkaian aplikasi untuk pemodelan dan geolingkungan. GeoStudio Office adalah rangkaian aplikasi untuk pemodelan dan geolingkungan. Software ini meliputi SLOPE/W, SEEP/W, SIGMA/W, QUAKE/W, TEMP/W dan yang terintegrasi sehingga memungkinkan untuk menggunakan hasil dari produk ke produk lainnya. Fitur ini cukup unik dan memberikan fleksibilitas untuk digunakan oleh akademisi dan profesional untuk menyelesaikan jenis masalah geoteknik dan geolingkungan seperti survei lapangan, pembangunan bendungan, Pertambangan dan pembangunan lain-lainnya. SLOPE/W adalah perangkat lunak yang memungkinkan untuk menghitung faktor keamanan lereng tanah dan batuan. SLOPE/W memungkinkan analisis masalah sederhana dilakukan menggunakan salah satu dari delapan metode kesetimbangan batas untuk berbagai permukaan miring, kondisi tekanan pori, properti dari dan beban terkonsentrasi. Aplikasi ini juga mampu memodelkan Lapisan Tanah Kompleks, Tekanan Pori Sangat Berganda Kondisi Kekuatan Geser Tanah Berganda Model, Mohr-Coloumb, dll. Parameter ketahanan geser dalam kondisi tak jenuh, bentuk bidang slip dengan atau retak tarik, Beban Beban distribusi dan seismik, Penguatan struktur.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Pemilihan Kasus

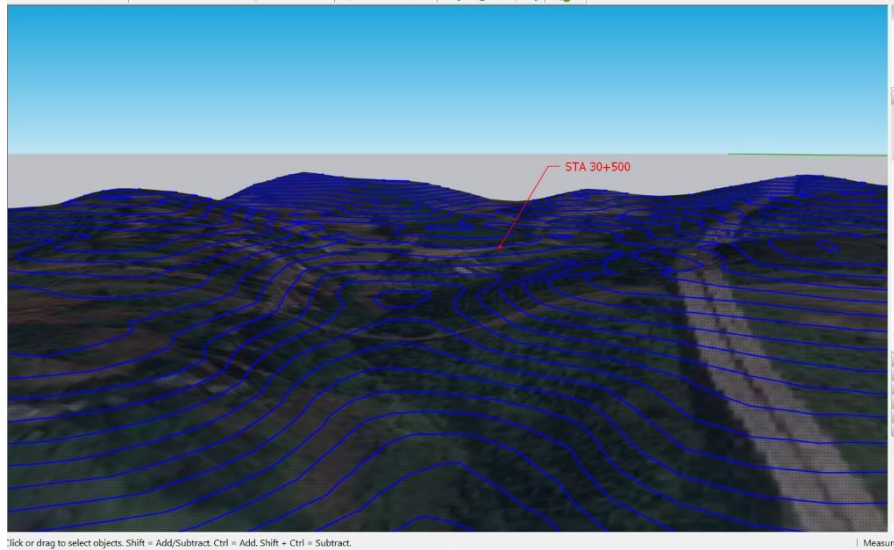
Penelitian yang dilakukan pada lereng di ruas jalan Cisomang Padalarang Jawa Barat adalah menganalisis stabilitas lereng dengan dan tanpa beban gempa menggunakan aplikasi Plaxis dan Geoslope-w serta mencari angka aman lereng asli dan angka aman lereng dan mencari solusi jika nilai angka aman lereng belum sesuai dengan ketentuan nilai Faktor keamanan. Aplikasi Plaxis dan Geoslope merupakan salah satu program aplikasi yang digunakan untuk menganalisis stabilitas lereng. Dari analisis tersebut, hasil yang didapat nanti diharapkan dapat mengatasi permasalahan yang terjadi pada lereng ruas Jalan Cisomang Padalarang – Jawa barat dan menjadi acuan dalam perencanaan di lapangan yang memiliki tipikal kemiringan lereng Ruas Jalan Cisomang Jawa Barat.

3.2 Lokasi Penelitian

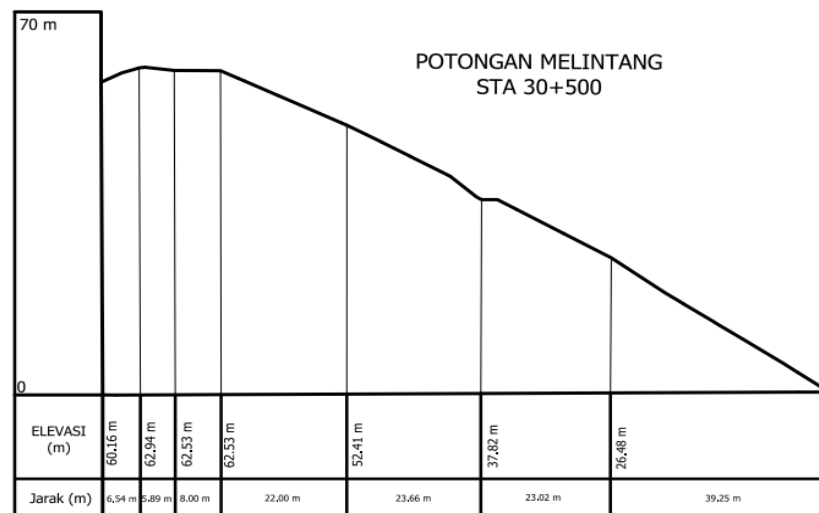
Lokasi Objek penelitian yang dianalisis ini adalah untuk mengetahui angka aman lereng asli pada Ruas jalan Tol Cisomang Padalarang Jawa Barat pada STA 30 + 500. Berdasarkan titik koordinat penyelidikan tanah lokasi penelitian ini merupakan daerah dengan kondisi geologi penyelidikan tanah berupa hasil gunung api breksi aliran, endapan lahar dan lava yang menunjukkan kekar lempeng dan tiang. Untuk kondisi kegempaan berdasarkan pada peta gempa Indonesia daerah ini memiliki koefisien Gempa sebesar 0.3 g.



Gambar 3.1 Peta Lokasi Penyelidikan Tanah STA 30 + 500
Jalan Cisomang – Padalarang



Gambar 3.2 Topografi Lokasi Penyelidikan Tanah STA 30 + 500 Ruas Jalan Cisomang



Gambar 3.3 Potongan Melintang Lokasi Penyelidikan Tanah STA 30 +500 (Ruas Jalan Cisomang - Padalarang)

3.3 Bahan dan Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Perangkat keras berupa leptop Asus maupun computer pada Laboratorium Teknik Sipil Usb Ypkp Bandung.
2. Perangkat Lunak Berupa Aplikasi Plaxis Dan Geoslope/W
3. Alat tulis.

3.4 Persiapan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa persiapan sebelum dapat dilakukannya penelitian, yang terdiri dari penetapan lokasi, penetapan metode penelitian dan melakukan pengumpulan data primer maupun sekunder. Lokasi yang dituju pada penelitian ini adalah lokasi yang rawan akan longsor maka dari itu perlu mengetahui nilai safety factor pada lokasi tersebut. Metode yang akan digunakan adalah pengumpulan data primer maupun sekunder dan melakukan analisis dari data yang telah diperoleh.

3.5 Pengumpulan Data

Data yang digunakan pada penelitian ini berupa data sekunder yang di peroleh dari PT. Karya Utama Citramandiri, yang berupa data parameter tanah yang telah dirangkum sesuai dengan kebutuhan penelitian dan data potongan melintang. Pada data parameter tanah, berbagai jenis tanah pada setiap lapisan dapat diketahui dengan melakukan uji lab yang mengacu kepada system klasifikasi tanah unifed. Data parameter tanah dan data klasifikasi tanah yang telah diperoleh dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3.1 Data Borlog Titik 1 Daerah Sta 30 + 500 Cisomang Padalarang

Kedalaman	Tebal	Material	Deskripsi	N-SPT
0,00 m - 2,50 m	2,5 m	Lanau Pasiran Berlempung	Coklat kemerahan, Teguh	4
2,50 m - 5,00 m	2,5 m	Lanau Pasiran Berlempung	Coklat kemerahan, Kenyal	9
5,00 m - 6,50 m	1,5 m	Lempung Pasiran Berkerikil	Coklat, Sangat Kenyal	18
6,50 m - 7,50 m	1 m	Batu Pasir Lapuk	Coklat Kekuningan, Sangat Padat	18
7,50 m - 9,00 m	1,5 m	Batu Pasir	Abu - Abu Coklat, Sangat Padat	> 60
9,00 m - 10,00 m	1 m	Pasir Lempung	Abu - Abu Hitam, Padat	> 60
10,00 m - 11,00 m	1 m	Pasir Kerikil	Hitam, Padat	32
11,00 m - 13,00 m	2 m	Pasir Kerikil Berlempung	Abu - Abu Coklat, Sangat Padat	> 60
13,00 m - 13,50 m	0,5 m	Pasir	Hitam, Sangat Padat	> 60
13,50 m - 14,50 m	1 m	Batu Pasir	Abu - Abu Coklat, Sangat Padat	> 60
14,50 m - 29,50 m	15 m	Pasir	Hitam, Padat	60
29,50 m - 30,50 m	1m	Batu Pasir	Abu - Abu, Sangat Padat	> 60

Tabel 3.2 Data Borlog Titik 2 Daerah Sta 30 + 500 Cisomang Padalarang

Kedalaman	Tebal	Material	Deskripsi	N-SPT
0,00 m - 1,00m	1 m	Lanau Pasiran	Coklat, Teguh	4
1,00 m - 2,50 m	1,5 m	Lanau Pasiran Berlempung	Coklat, Teguh	9
2,50 m - 4,50 m	2 m	Lanau Lempungan Berpasir	Coklat, Teguh	18
4,50 m - 5,00 m	0,5 m	Lanau Pasiran Berlempung	Coklat, Teguh	18
5,00 m - 6,50 m	1,5 m	Lanau Lempungan Berpasir	Coklat, Sangat Kenyal	> 60
06,50 m - 9,00 m	2,5 m	Batu Pasir	Abu - Abu Hitam, Sangat Padat	> 60
09,00 m - 10,00 m	1 m	Pasir Lempung	Abu - Abu Tua, Padat	32
10,00 m - 12,50 m	2,5 m	Pasir Kerikil Berlempung	Hitam Abu - Abu, Padat	> 60
12,50 m - 15,00 m	2,5 m	Pasir Sisipan Batu Pasir Lapuk	Hitam, Sangat Padat	> 60
15,00 m - 28,50 m	13,5 m	Pasir Kerikil	Hitam, Sangat Padat	> 60
28,50 m - 30,50 m	2 m	Batu Pasir	Abu - Abu Coklat, Sangat Padat	60

Tabel 3.3 Data Parameter Tanah BH 1 Sta 30 + 500 Cisomang Jawa Barat

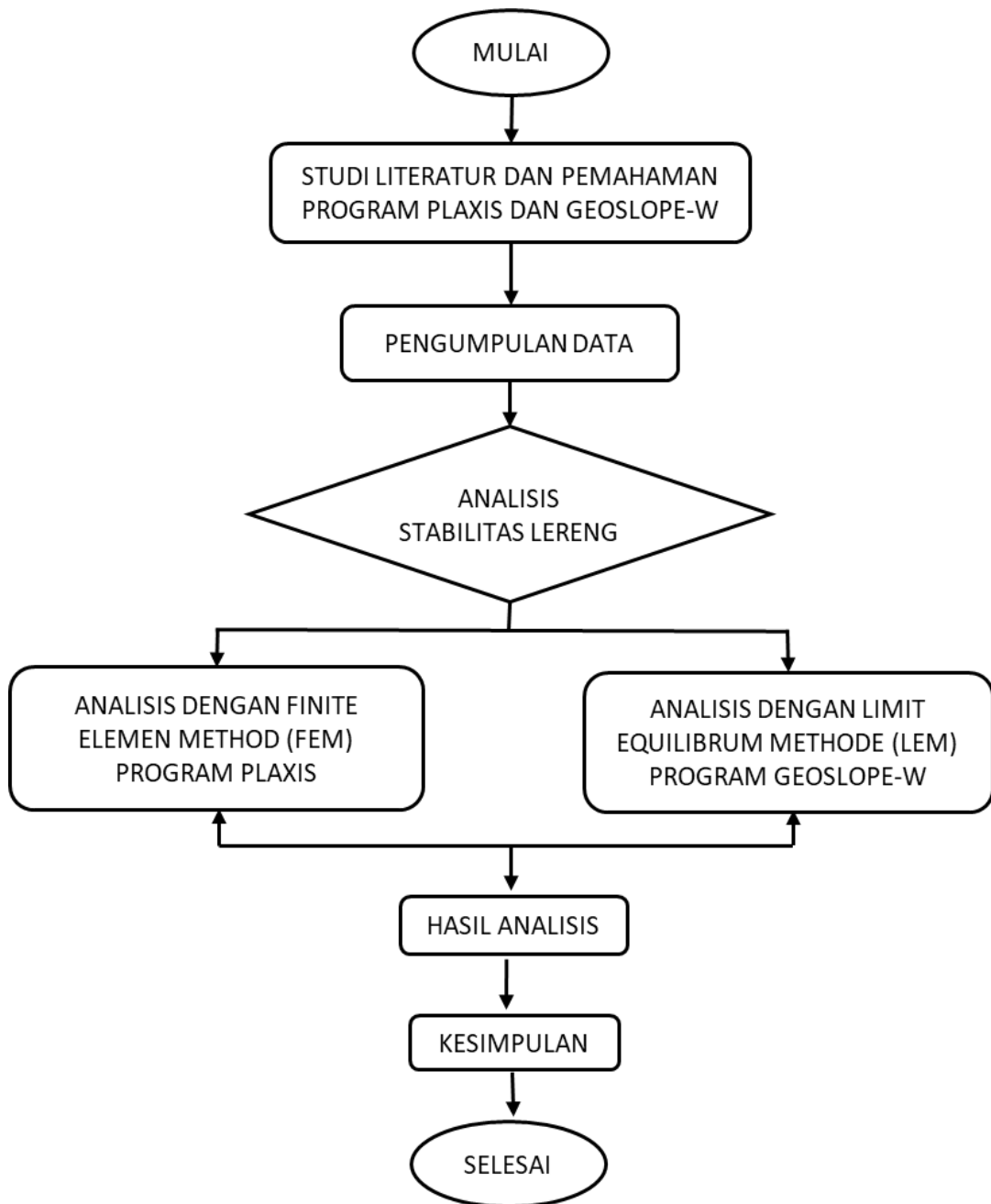
Jenis Pengujian	Satuan	Unit	Titik Bor	
			BH 1	
			1,50 m - 2,00 m	3,50 m - 4,00 m
Parameter				
Index Properti				
Kadar Air	w	%	44,450	55,610
Gs			2,500	2,630
Berat isi	$\gamma_n comp$	—	1,700	1,650
void ratio	e	—	1,130	1,480
Porosity	n	—	0,530	0,600
Degree Of Saturation	Sr	%	98,800	98,800
Plasticity Limit	PL	%	32,070	35,240
Liquid Limit	LL	%	57,200	60,280
Plasticity Index	PI	%	25,130	25,040
Grain Size Gravel	G	%	1,450	1,940
Grain Size Sand	S	%	25,530	35,670
Grain Size Silt	M	%	51,730	41,470
Grain Size Clay	C	%	21,290	20,920
Soil Classification USCS			MH	MH
Engineering Properties				
unconfined	qu	kg/cm ²	—	—
compression Test	qu'	kg/cm ²	—	—
	St	—	—	—
	Cu	kg/cm ²	—	—
Triaxial - UU Test	φ	°	8,88	8,6
	c	kg/cm ²	0,03	0,029
Triaxial - CU Test	φ	°	—	—
	c	kg/cm ²	—	—
Direct Shear Test	φ	°	—	—
	c	kg/cm ²	—	—
Consolidation Test	Cc	—	0,961	0,66
	Cv	cm ² /sec	5,60E-04	7,23E-04
Permeability	k	cm ² /sec	—	—

Tabel 3.4 Data Parameter Tanah BH 2 Sta 30 + 500 Cisomang Padalarang

Jenis Pengujian	Satuan	Unit	Titik Bor	
			BH 2	
Parameter			1,50 m - 2,00 m	3,50 m - 4,00 m
Index Properti				
Kadar Air	w	%	40,660	71,200
Gs			2,680	2,600
berat isi	γ_{ncomp}	—	1,640	1,520
void ratio	e	—	1,300	1,930
Porosity	n	—	0,570	0,660
Degree Of Saturation	Sr	%	83,660	96,180
Plasticity Limit	PL	%	37,800	63,970
Liquid Limit	LL	%	64,020	89,190
Plasticity Index	PI	%	26,220	25,220
Grain Size Gravel	G	%	0,320	0,320
Grain Size Sand	S	%	31,720	15,060
Grain Size Silt	M	%	54,730	64,010
Grain Size Clay	C	%	13,230	15,060
Soil Classification USCS			MH	MH
Engineering Properties				
unconfined	qu	kg/cm ²	—	—
compression Test	qu'	kg/cm ²	—	—
	St	—	—	—
	Cu	kg/cm ²	—	—
Triaxial - UU Test	φ	°	6,278	13,589
	c	kg/cm ²	0,061	0,082
Triaxial - CU Test	φ	°	—	—
	c	kg/cm ²	—	—
Direct Shear Test	φ	°	—	—
	c	kg/cm ²	—	—
Consolidation Test	Cc	—	1,083	0,788
	Cv	cm ² /sec	5,43E-04	8,02E-04
Permeability	k	cm ² /sec	—	—

3.6 Diagram Alir

Berikut Untuk memudahkan penelitian dibuat diagram alir sebagai berikut :



Gambar 3.4 Diagram Alir

3.7 Analisis Stabilitas Lereng dengan Komputasi

3.7.1 Metode Elemen Hingga (FEM) Program Plaxis

Plaxis (*Finite Elemen Code for Soil and Rock Analyses*) merupakan suatu rangkuman program elemen hingga yang telah dikembangkan untuk menganalisis deformasi dan stabilisasi geoteknik dalam perencanaan-perencanaan sipil. Grafik prosedur-prosedur input data (*soil properties*) yang sederhana mampu menciptakan model-model elemen hingga yang kompleks dan menyediakan output tampilan secara detail berupa hasil-hasil perhitungan. Perhitungan program ini seluruhnya secara otomatis dan berdasarkan pada prosedur-prosedur penulisan angka yang tepat. Konsep ini dapat dikuasai oleh pengguna baru dalam waktu yang relatif singkat setelah melakukan beberapa latihan (Plaxis, 2012)

Dalam metode ini, parameter kekuatan geser tanah yang tersedia berturut-turut direduksi secara otomatis hingga kelongsoran terjadi. Sehingga faktor aman (SF) stabilitas lereng menjadi:

$$\Sigma M_{sf} = \tan \varphi_{input} / \tan \varphi_{reduksi} = c_{input} / c_{reduksi}$$

dengan:

c_{input} = kohesi tanah (kN/m²)

φ_{input} = sudut geser dalam tanah (°)

$c_{reduksi}$ = kohesi tanah tereduksi (kN/m²)

$\varphi_{reduksi}$ = sudut geser dalam tereduksi (°).

3.7.2 Metode Keseimbangan Batas (LEM) Program Slope-W

Program komputer SLOPE/W adalah bagian dari Geostudio yang berfungsi untuk menganalisis SF (safety faktor/faktor keamanan) lereng. Geostudio berasal dari Kanada yang dikembangkan oleh perusahaan swasta. SLOPE/W dapat menganalisis masalah stabilitas baik secara sederhana maupun kompleks dengan menggunakan salah satu dari delapan metode kesetimbangan (Limit Equilibrium) batas untuk berbagai permukaan yang miring. Metode kesetimbangan batas adalah metode analisis kestabilan lereng yang menggunakan prinsip kesetimbangan gaya dengan asumsi adanya zona gelincir potensial. Pada metode ini, analisis kestabilan dilakukan dengan mempertimbangkan faktor keamanan, yaitu antara kuat geser tanah dan gaya geser tanah yang bekerja pada lereng. Metode Kesetimbangan batas

ini dapat diterapkan dengan berbagai metode analisis seperti metode Fellenius, Bishop, Janbu, Morgenstern-Price, Spencer, Sarma, dan lain - lain. Salah satu software yang dapat digunakan untuk analisis kemantapan lereng dengan menggunakan metode tersebut adalah program Slope-w.

3.8 Parameter Program Plaxis

Analisis perhitungan kemantapan lereng dari program plaxis dapat dilakukan dengan memasukkan beberapa parameter tanah yang diperlukan, antara lain sebagai berikut:

- **Sifat Fisik Tanah**

Parameter tanah yang perlu dimasukkan ke dalam program plaxis, seperti berat satuan tanah, plastisitas, kohesi dan sudut geser, merupakan Sifat fisik tanah sebagai masukan untuk program .Data parametrik ini diperoleh dari hasil laboratorium atau data lapangan yang menggambarkan karakteristik mekanik tanah yang digunakan dalam analisis lereng.

- **Modulus elastisitas dan rasio Poisson**

Nilai modulus elastisitas dan dari bilangan diperoleh dengan rumus korelasi atau empiris.Data modulus elastisitas dan bilangan diperlukan untuk memodelkan respon regangan dalam analisis kestabilan lereng.

- **Jenis Elemen dan Mesh**

Pada program Plaxis, tipe elemen umumnya menggunakan segitiga deformasi bidang dengan 15 node pada elemennya.

- **Metode Mohr- Coulomb**

Metode pemodelan program ketahanan tanah yang digunakan dalam menganalisis stabilitas lereng dengan Plaxis adalah model Mohr-Coulomb. Metode pemodel ini memperhitungkan kohesi dan sudut geser dalam tanah untuk menggambarkan perilaku tanah yang terjadi pada lereng.

Dengan memasukkan parameter ini ke dalam program Plaxis dan melakukan analisis yang sesuai, maka program dapat menghitung angka kemiringan dan mendapatkan informasi tentang nilai faktor keamanan dan perilaku tanah dalam setiap kondisi..

3.9 Parameter Program Slope-w

Parameter tanah yang diperlukan untuk aplikasi Lereng-w merupakan elemen penting dalam menganalisis stabilitas untuk mendapatkan hasil yang optimal. Berikut di antara parameter tanah yang diperlukan meliputi :

- Sifat Fisik Tanah

Parameter seperti berat satuan tanah, plastisitas, kohesi dan sudut geser diperlukan sebagai masukan untuk program. Informasi tersebut diperoleh dari hasil uji laboratorium atau data lapangan yang menggambarkan mekanika tanah yang digunakan dalam analisis stabilitas tanah

- Faktor keamanan

Nilai faktor keamanan digunakan untuk menilai stabilitas lereng. Nilai SF biasanya diperoleh dari pemindaian sebelumnya atau dihitung berdasarkan persyaratan dan faktor risiko yang diterima.

- Gaya yang bekerja pada bagian kritis lereng

Perlu untuk mengetahui gaya yang bekerja pada penampang kritis lereng untuk menghitung faktor keamanan.

Setelah parameter ini dimasukkan ke dalam program Slope/W, program akan melakukan perhitungan dan memberikan hasil dalam bentuk angka stabilitas lereng, seperti faktor keamanan. Dengan menganalisis hasil ini, pengguna dapat menilai stabilitas lereng dan mengambil tindakan korektif jika perlu.

3.10 Analisis Dengan Bantuan Program Plaxis

Input parameter/informasi yang diperlukan untuk menghitung angka kemiringan dengan bantuan Plaxis diperoleh dari hasil perhitungan sifat fisik dan tanah. Ada juga parameter yang diperlukan, yaitu berat satuan, indeks plastik, kohesi dan sudut geser internal. Sedangkan untuk parameter lain seperti modulus tanah dan bilangan Poisson digunakan rumus korelasi. Untuk mesh Plaxis, tipe elemen segitiga deformasi bidang dengan 15 node setiap elemen dan model Mohr-Coulomb digunakan. Dalam plaxis terdapat ada 4 subrutin yaitu input, kalkulasi, output dan kurva.

3.10.1 Program Input

Pada tahap ini untuk membuat analisis elemen hingga dengan bantuan program plaxis, penulis harus membuat model elemen hingga dan menentukan property material dan kondisi batas. Dalam membuat model elemen hingga, penggunaan harus membuat model geometrik 2 dimensi pada bidang x dan y, tahapan program input diantaranya :

- a. General setting, dalam tahap ini terdapat lembar kerja (tab sheet) diantaranya ada project dan dimension. Lembar project berisi nama proyek dan deskripsi, tipe model dan akselerasi. Lembar dimensi berisi satuan Panjang, gaya dan waktu dimensi area untuk menggambar model.
- b. Pemodelan secara geometric, Pemodelan elemen hingga dimulai dengan membuat model geometric yang akan menggambarkan permasalahan yang terjadi. Pemodelan geometric terdiri dari titik, garis dan kelompok (cluster). Titik dan garis harus dimasukkan, sedangkan cluster akan di oleh oleg program. Tambahan dari komponen dasar, objek struktur atau kondisi tertentu dapat dipilih pemodelan geometric untuk mensimulasikan garis terowongan, dinding, plat, interaksi anantara tanah, struktur dan beban. Setelah semua pemodelan geometric telah ditetapkan dan semua komponen geometric telah memiliki property masing – masing, maka struktur elemen hingga dapat diolah.
- c. Load dan Boundary condition, dalam Langkah ini menu loads berisi pilihan yang menjelaskan distribusi beban, bisa berupa garis atau titik beban. Kondisi batas menjelaskan displacement (perpindahan) yang sama dengan nol. Kondisi ini dapat diterapkan pada garis geometric dan pada titik.
- d. Material property, data struktur seperti property tanah dan property material dari struktur disimpan pada data material. Dimana ada 4 macam material, data untuk tanah dan interaksi, plat, geogrid dan angkur. Semua data disimpan pada data base material. Dari data pada pemodelan geometric.
- e. Mesh generation, selajutnya jika pemodelan geometric sudah ditetapkan dan property material dipilih untuk semua jenis kumpulan tanah dan objek struktur. Pemodelan geometric harus dibagi – bagi menjadi elemen hingga (mesh) dengan tujuan untuk membuat perhitungan elemen hingga. Komposisi untuk elemen hingga disebut “mesh”.

- f. Initial condition, setelah pemodelan geomterik dibuat dan jaringan elemen hingga sudah di- generate (diproses). Keadaan tegangan awal dan konfigurasi awal harus ditetapkan. Pada initial condition (kondisi awal) terdapat dua model yang berbeda, yaitu : model pertama untuk memproses tekanan air awal (water condition mode) dan model kedua untuk persyaratan konfigurasi geometri awal dan untuk memproses tegangan efektif dasar awal (geometri konfigurasi mode). Pada pnelitian ini tidak menghitung permukaan air tanah.

3.10.2 Program Calculation

Setelah memproses pemodelan hingga, perhitungan elemen hingga sebenarnya dapat dilaksanakan. Oleh karena itu perlu diterapkan tipe dari perhitungan yang akan digunakan dan jenis pembebanan atau tahapan konstruksi yang mana harus diaktifkan selama perhitungan. Semua ini dilakukan oleh program “calculatoion”. Program calculation hanya memperhitungkan analisis deformasi (perpindahan) dan membedakan antara perhitungan plastic, analisis consolidation (pemantapan. Analisis phi-c reduction (factor keamanan dan perhitungan dynamic. Pengertian type perhitungan tersebut secara singkat dapat dijelaskan sebagai berikut,

- Perhitungan plastic, perhitungan type ini harus dipilih untuk mendapatkan elastic – elastic deformasi analysis yang mana tidak di perlukan untuk memasukan kekurangan dari kelebihan tekanan air pori beserta fungsi waktu ke dalam perhitungan. Type ini sangat cocok pada Sebagian besar penerapan praktek geoteknik.
- Perhitungan Consolidasi, perhitungan ini harus dipilih Ketika cukup penting untuk menganalisis perkembangan dari disipasi dari kelebihan tekanan air pori pad type tanah lempung yang jenuh air dalam fungsi waktu.
- Perhitungan phi-c reduction, perhitungan ini digunakan pada plaxis untuk mendapatkan nilai factor keamanan dengan mereduksi parameter kekuatan dari tanah. Suatu analisis keamanan dapat dilakukan setelah setiap tahap perhitungan ataupun tahap konstruksi. Tetapi perlu diperhatikan bahwa suatu tahapan reduksi phi-c tidak dapat menjadi kondisi awal untuk tahapan perhitungan yang lain karena tahapan reduksi phi-c berakhir pada suatu kondisi keruntuhan.

- Perhitungan dynamic perhitungan ini digunakan apabila beban yang bekerja bukan beban statis (diam), nelaikan beban bergerak, seperti gempa bumi.

3.10.3 Program Output

Hasil yang didapat pada program output dari perhitungan dengan metode elemen hingga ini yaitu displacement (perpindahan) pada titik dan perubahan tegangan pada titik yang ditinjau. Hasil parameter yang didapat dari hasil output ini antara lain : deformasi, perpindahan (total, horizontal, vertikal, dan incremental displacement). Regangan (total, cartesian, dan incremental strain), tegangan (effective dan total stresses), over consolidations ratio (OCR), titik plastis (plastis point, tekanan aktif pori (active pore pressure). Tekanan air pori berlebihan (excess pore pressure), ground water head, flow field, dan derajat kejenuhan (degree of saturation).

3.10.4 Program curve

Pada tahap ini program cuve bisa digunakan untuk mengggambar kurva beban atau waktu terhadap displacement (perpindahan), diagram tegangan - regangan dan garis tegangan atau garis regangan dari titik yang sudah dipilih dan dimodelkan secara geometric kurva ini menggambarkan perkembangan dari beberapa perhitungan selama berbagai phase (tahap) perhitungan, dan memberikan tanda secara global atau local dari perilaku tanah.

3.11 Analisis dengan bantuan program Slope/w

Parameter-parameter input/informasi yang dibutuhkan untuk menghitung angka stabilitas lereng dengan program bantu Geoslope/w diperoleh dari hasil perhitungan sifat fisis mekanis tanah yang menghasilkan nilai safety factor serta gaya-gaya yang bekerja pada potongan kritis lereng tersebut. Ada pula parameter-parameter yang dibutuhkan seperti; berat volume, indeks plastis, kohesi, serta sudut geser dalam. Pada Slope/ w terdapat 3 sub- program yaitu input, solving dan viewing the result.

3.11.1 Bentuk Geometri Lereng

Pembentukan geometri lereng dapat dilakukan dengan cara survey langsung di lapangan. Dengan melakukan survei, data yang dikumpulkan menyajikan bentuk topografi, kontur lereng dan dimensi fisik yang diperlukan untuk membangun

model geometrik yang akurat. Selain survei lapangan, data tanah dari laporan faktual; Mata bor KPM dan sondir sangat penting untuk kestabilan lereng. Data tanah mencakup informasi belut dan mekanika tanah seperti sebagai sudut geser, kekuatan dan parameter lain yang diperlukan untuk analisis stabilitas. Dengan menggabungkan data survei lapangan dan data tanah dari laporan faktual KPM dan probing, Anda dapat membuat model geometri yang akurat dan menganalisis stabilitas lereng menggunakan program yang lengkap seperti slope-w.

3.11.2 Nilai Kohesi dan Sudut Geser Pada Lereng

Dalam analisis stabilitas lereng, parameter seperti kohesi dan sudut geser sangat penting. Nilai ini dapat digunakan untuk menghitung kekuatan geser tanah dan faktor keamanan untuk stabilitas lereng. Untuk program Slope-w, nilai kohesi dan geser dapat dimasukkan ke dalam setiap lapisan sebagai parameter masukan. Selain itu, parameter yang dapat dimasukkan seperti volume dan modulus elastisitas adalah relevan untuk tanah. Dengan memiliki semua parameter ini, dimungkinkan analisis lengkap stabilitas lereng untuk mendapatkan faktor keamanan stabilitas untuk sta 30 + 500 cisomang padalarang.

3.11.3 Besar Beban Pada Lereng

Dalam analisis stabilitas lereng, parameter seperti kohesi dan sudut geser sangat penting. Nilai ini dapat digunakan untuk menghitung kekuatan geser tanah dan faktor keamanan untuk stabilitas lereng. Untuk program Slope-w, nilai kohesi dan geser dapat dimasukkan ke dalam setiap lapisan sebagai parameter masukan. Selain itu, parameter yang dapat dimasukkan seperti volume dan modulus elastisitas adalah relevan untuk tanah. Dengan memiliki semua parameter ini, dimungkinkan analisis lengkap stabilitas lereng untuk mendapatkan faktor keamanan stabilitas untuk sta 30 + 500 cisomang padalarang. Dalam penggunaan tiga subrutin, Analisis dapat dilakukan dengan mempertimbangkan beban kerja, seperti beban perkerasan dan juga beban ekuivalen, memperoleh informasi yang relevan tentang faktor keamanan kondisi stabilitas lereng di lokasi yang ditentukan.

Gambar 3.5 Tabel Klasifikasi Jalan

Kelas Jalan	Fungsi Jalan	Ukuran Kendaraan Bermotor	MST
Kelas I	Jalan Arteri Jalan Kolektor	Lebar \leq 2.500 mm Panjang \leq 18.000 mm Tinggi \leq 4.200 mm	10 Ton
Kelas II	Jalan Arteri Jalan Kolektor Jalan Lokal <i>Jalan Lingkungan</i>	Lebar \leq 2.500 mm Panjang \leq 12.000 mm Tinggi \leq 4.200 mm	8 Ton
Kelas III	Jalan Arteri Jalan Kolektor Jalan Lokal <i>Jalan Lingkungan</i>	Lebar \leq 2.100 mm Panjang \leq 9.000 mm Tinggi \leq 3.500 mm	8 Ton
Kelas Khusus	Jalan Arteri	Lebar $>$ 2.500 mm Panjang $>$ 18.000 mm Tinggi \leq 4.200 mm	$>$ 10 Ton

3.11.4 Program input

Program input ini terdiri dari beberapa tahapan diantaranya :

1. General setting

Dalam tahap ini terdapat pengaturan lebar dan tinggi kertas serta satuannya. Selain itu juga dapat mengatur ketelitian koordinat pada kertas. General setting disini juga mengatur mengenai metode analisis dalam aplikasi Geostudio dengan analisis yang dipilih adalah *Slope/w Analysis* dengan metode *Limit Equilibrium*. Setelah itu akan muncul pengaturan untuk Analysis tipe dengan menggunakan *Morgentern-Prince*, dan penulis memilih kelongsoran dengan menggunakan *slipe Surface* menggunakan Entry dan Exit dengan pendefinisian dari kiri kekanan.

2. Menggambar lereng

Dalam tahap ini lereng berada di lapangan yang kita modelkan dalam gambar. Untuk itu pilih menu lines dari sketch menu, kita dapat memulai gambar berdasarkan koordinat titik yang kita tentukan. Setelah itu lereng harus di gambar setiap lapisannya untuk mempertegas setiap lapisan pada struktur tanah dengan menggunakan Draw Regions.

3. Materials Properties

Pada tahap ini pilih menu soil properties dari KeyIn menu. Dalam menu keyIn soil properties kita dapat menentukan jumlah lapisan tanah, berat jenis

tanah, nilai kohesi, dan sudut geser tanah. Untuk material properties seperti yang telah kita tentukan dalam menu general setting, dimana kita mendefinisikan tiap lapisan tanah. Pada penelitian ini penulis menggunakan dua lapisan tanah dimana lapisan yang pertamanya berupa tanah pasir lempung (Verry Stiff) dan lapisan kedua menggunakan batu pasir (Very Dense Sand). Material yang telah ditentukan di masukan kedalam lapisan tanah yang telah di buat. Untuk muka air tanah pada penitian kali ini kita tidak mendefinisikannya.

4. Menentukan beban yang bekerja

Selanjutnya, menentukan beban yang bekerja pada penelitian kali ini cara untuk mendapatkan beban pilihlah menu lines di draw menu untuk membuat garis bedasarkan jumlah lapisan tanah yang kita tentukan. Garis tersebut akan membuat anatara lapisan tanah menjadi berbeda dengan perbedaan warnayang kita berikan.

5. Menggambar Piezometric lines

Untuk mengggambar piezometric lines bisa menggunakan pore water pressure dari draw menu. Setelah itu untuk menentukan jari – jari keruntuhan bisa menggunakan slip surface radius.

3.11.5 Solving the Problem

Tahap selanjutnya setelah memasukan data – data yang berhubungan dengan stabilitas lereng. Kita bisa menggunakan solving problem untuk menyelesaikan masalah mengenai lereng.

Dalam *solving the problem*, makan akan ditanya metode analisis mana yang akan digunakan, seperti Morgenstern-Price, Bishop, Janbu atau metode lain yang tersedia dalam program Geoslope-w Setiap metode memiliki pendekatan yang berbeda dalam menghitung faktor kemiringan yang aman.

Setelah memilih metode analisis, SLOPE/W akan digunakan maka akan menghasilkan tabel faktor keamanan dan nilainya. Tabel ini akan menampilkan faktor keamanan pada berbagai atau bagian lereng yang sedang dianalisis. Selanjutnya dapat menginterpretasikan faktor ini dari safety table mengevaluasi stabilitas lereng. Biasanya, faktor keamanan lebih besar dari 1 menunjukkan

stabilitas yang memadai, sedangkan nilai yang mendekati atau di bawah menunjukkan risiko keruntuhan.

Pastikan untuk secara hati-hati meninjau dan menganalisis hasil dari faktor keamanan dan mempertimbangkan batasan yang digunakan dalam analisis. Ini akan membantu membuat keputusan berdasarkan informasi terkait stabilitas dan tindakan korektif apa pun yang mungkin diperlukan kemiringan.

3.11.6 Viewing the result

Data yang didapat dari hasil solving the problem kita dapat menentukan nilai safety factor berupa kontur dan selubung keruntuhan pada lereng yang kita teliti.

Setelah menggunakan rutinitas Solving in SLOPE/W untuk masalah slope, langkah selanjutnya adalah melihat hasil atau output yang dihasilkan. Dalam subrutin Visualisasi Hasil, Anda dapat menganalisis jenis kegagalan yang terjadi pada lereng berdasarkan perhitungan faktor keamanan.

Dalam hasil keluaran, Anda akan melihat informasi faktor keamanan di setiap titik atau irisan lereng yang dianalisis. Dalam hasil keluaran, Anda akan melihat informasi faktor keamanan di setiap titik atau irisan lereng yang dianalisis.

Nilai faktor keamanan kurang dari 1 berarti lereng dalam keadaan tidak stabil dan runtuh. Selain itu, SLOPE/W juga dapat menyediakan informasi tambahan tentang jenis kegagalan yang terjadi. Misalnya, jenis kegagalan dapat dinyatakan sebagai bentuk dari kegagalan rotasi, kegagalan translasi, atau kombinasi keduanya. Berkat visualisasi grafis, kita dapat melihat deformasi dan potongan lereng yang terkena retakan.

BAB IV DATA DAN ANALISIS

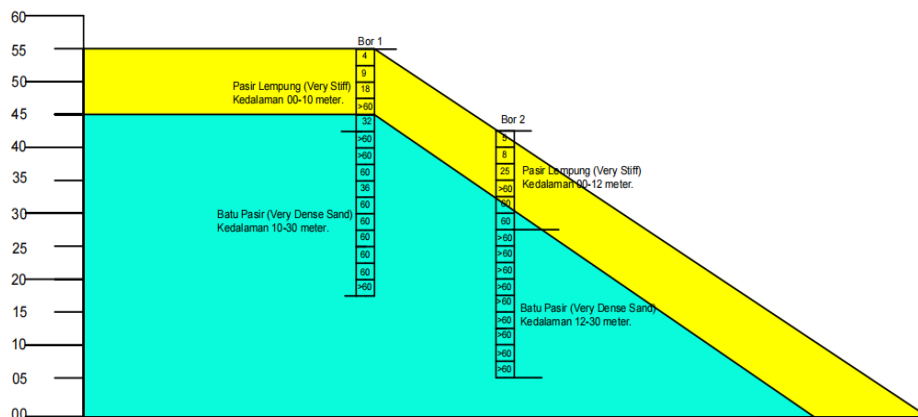
4.1 Tinjauan Umum

Berdasarkan Pemodelan lereng yang dibuat pada penelitian ini untuk mengetahui kecenderungan perilaku leteng terhadap variasi geometri dan property tanah yang terdiri dari material tanah, juga pembebanan. Maka akan diperoleh suatu bidang longsor (*Slip Surface*) dan angka keamanan (*Safety Factor*).

Dalam analisis kelongsoran lereng ini pada daerah Cisomang Padalarang di Sta 30 + 500 dilakukan perbandingan dengan dua aplikasi yaitu Plaxis dengan metode Elemen Hingga atau FEM (*Finite Element Methode*) dan Aplikasi Geo-Slope/w atau LEM (*Limit Equilibrium Methode*).

4.2 Pemodelan Kasus

Nilai dari parameter – parameter yang digunakan pada analisis stabilitas lereng untuk mencari nilai *safety factor* dengan bantuan program Plaxis dan Geoslope-w berdasarkan data – data berikut ini:



Gambar 4. 1 Stratifikasi dan Titik Uji Tanah

Tabel 4.1 Data Pemodelan Parameter Tanah

BH 1			
No	Depth	Jenis Tanah	Parameter Tanah
1.	00 – 12 m	Pasir Lempung, Abu – Abu Hitam, Padat (Verry Stif)	$\gamma_{unsat} = 16$, $\gamma_{sat} = 18$, $E'=3$, $V=0.3$, $\varphi = 35$ $C'_{ref} = 1$
2.	12 – 30 m	Batu Pasir, Abu – Abu Coklat, Sangat Padat (Very Dense Sand)	$\gamma_{unsat} = 21$, $\gamma_{sat} = 22$, $E'=3$, $V=0.3$, $\varphi = 50$ $C'_{ref} = 1$

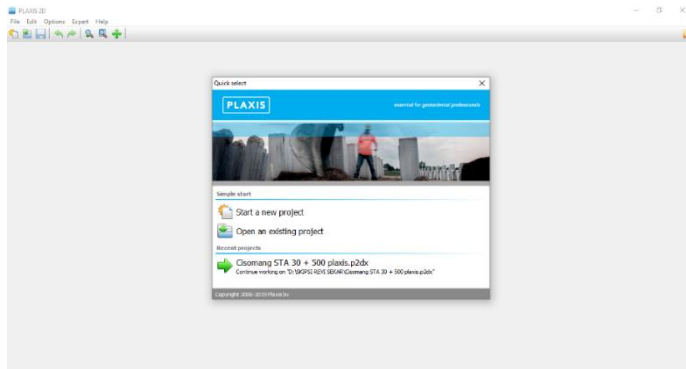
BH 2			
No	Depth	Jenis Tanah	Parameter Tanah
1.	00 – 10 m	Lanau Lempung Berpasir, Coklat, Padat (Verry Stif)	$\gamma_{unsat} = 16$, $\gamma_{sat} = 18$, $E'=3$, $V=0.3$, $\varphi = 35$ $C'_{ref} = 1$
2.	10– 30 m	Batu Pasir, Abu – Abu Coklat, Sangat Padat (Very Dense Sand)	$\gamma_{unsat} = 21$, $\gamma_{sat} = 22$, $E'=3$, $V=0.3$, $\varphi = 50$ $C'_{ref} = 1$

Parameter	Simbol	Jenis Tanah		Satuan
		Pasir Lempungan	Batu Pasir	
Kedalaman	Depth	0 sd 15	15 sd 30	m
Material Model	—	<i>Mohr-Coulomb</i>	<i>Mohr-Coulomb</i>	—
Material Type	—	<i>Undrained</i>	<i>Undrained</i>	—
Dry Soil Weight	γ_{unset}	16,00	21,00	$k N/m^3$
Wet Soil Weight	γ_{sat}	18,00	22,00	$k N/m^3$
Horizontal Permeability	K_x	0,0001	0,0001	m/day
Vertical Permeability	K_y	0,0001	0,0001	m/day
Young's Modulus	E_{ref}	3000	3000	$k N/m^2$
Poisson's Ratio	ν	0,30	0,300	—
Cohesion	C_{ref}	1,000	1,000	$k N/m^2$
Friction Angle	φ	35,00	50,00	°
Dilantacy Angle	ψ	0	0	°

4.3 Analisis stabilitas lereng dengan program plaxis

4.3.1 Program Input

Program Input pada Aplikasi Plaxis Langkah awalnya yaitu pertama kita klik ganda pada ikon plaxis input kelompok program Plaxis Version 8.2. setelah itu muncul Creat/ Open Project, pilih New Projek pada box open dan klik oke, jendela general setting akan muncul yang terdiri dari dua lembar tab (tab sheet project dan dimension).

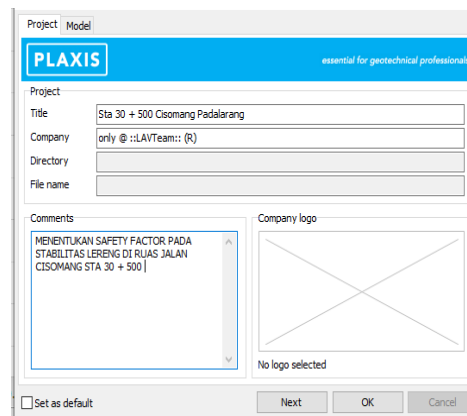


Gambar 4.2 Create atau Open Project

- *General Setting*

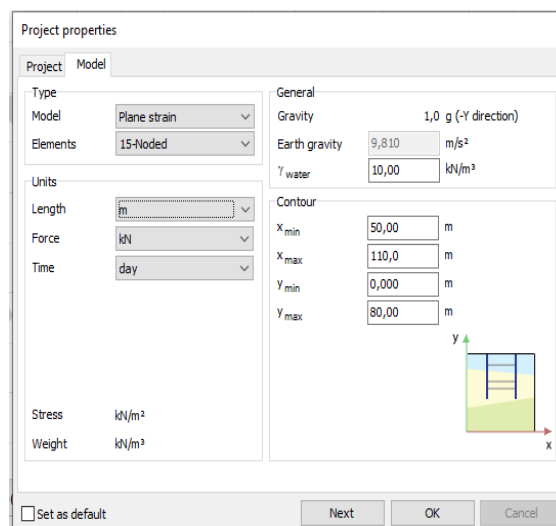
Langkah pertama pada analisis program Plaxis ini adalah parameter dasar dari metode eleme hingga (FEM). Langkah ini dilakukan pada jendela *General Parameters* yang berisi jenis analisis, jenis elemen, satuan dasar dan ukuran bidang gambar. Langkah selanjutnya pada *General Setting* ini adalah :

1. Memberikan judul proyek pada *Boxtitle* dan memberikan keterangan *Box Comments* yaitu memberikan nama Cisomang Padalarang STA 30 + 500.



Gambar 4. 3 Lembar Tab Project dari Jendela General


2. Memberikan Spesifikasi Model Pada *Box General* dengan memilih jenis analisis dan jenis elemen. Pada penelitian ini penulis memilih model *Plane Strain* dan tipe elemen memakai 15 *nodla* (15 noded).
3. Mengisi nilai pada *tab sheet dimension* sesuai dengan *default* di *box unit* yaitu (*length = m, Force = Kn, Juga Time= day*).
4. Setelah itu, mengisi *Box General* dengan $\gamma_{water} = 10 \text{ Kn/m}^3$, setelah itu mengisi *Contour* dengan ukuran yang telah di tentukan pada bidang geometri lereng yang akan penulis tentukan untuk nilai *Safety Factor* (SF) pada ruas jalan Cisomang Jawa Barat. Pada Penelitian ini untuk mengisi jarak *Contour* dengan ukuran $x_{min} = 50,00 \text{ m}$, $x_{max} = 110,0 \text{ m}$, $y_{min} = 0,00 \text{ m}$, dan $y_{max} = 80,00 \text{ m}$.
5. Setelah itu tekan (OK) untuk konfirmasi penyetingan.



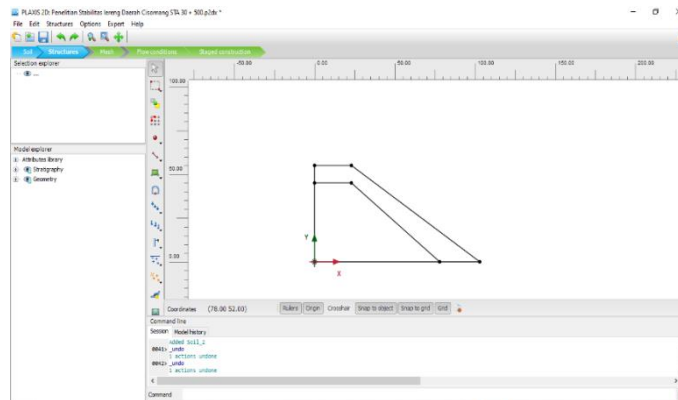
Gambar 4.4 Lembar Tab Dimensions dari Jendela General Setting

- **Geometry Countour**


Jika tahap pengisian *General Settings* telah selesai maka bidang gambar akan muncul dengan sumbu x dan y. sumbu x menuju arah kanan (horizontal) dan sumbu y ke arah (vertikal). Untuk membuat objek gambar dapat dipilih ikon pada *toolbar* atau menu geometri. Berikut merupakan tahapan dalam pembuatan *Geometry Countour* :

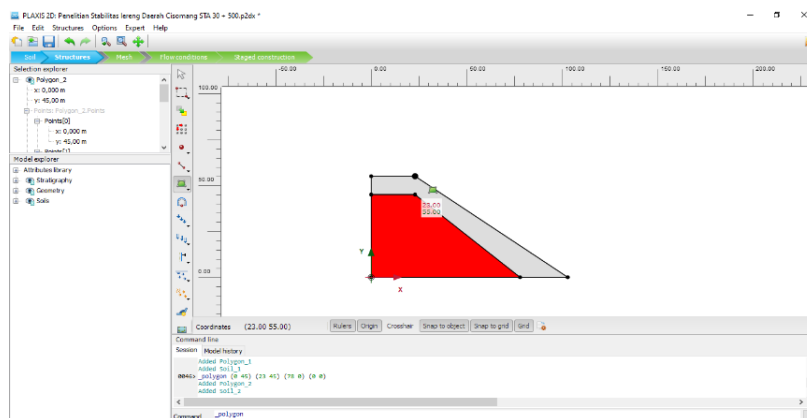
1.  Pilih/ klik opsi *Create Line* untuk menggambar *Geometry Countour* Bidang lereng pada aplikasi program Plaxis. Pastikan posisi

kursor pada pusat koordinat. Kemudian letakkan kursor pada koordinat 0,0; 0,00 ini sebagai titik awal dalam penggambaran geometri. Selanjutnya gambar atau modelkan geometri sesuai koordinat yang telah di tentukan.



Gambar 4.5 Penggambaran Geometri Contur menggunakan Creat

2.  Membuat *Polygon* dapat digunakan untuk *cluster* tanah dalam *mode structures*. Untuk membuat *polygon* ini Pilih opsi *Create Soil Polygon* setelah itu arahkan kursor ke setiap titik dari awal hingga kembali ke titik awal lagi. Lakukan untuk lapisan selanjutnya.

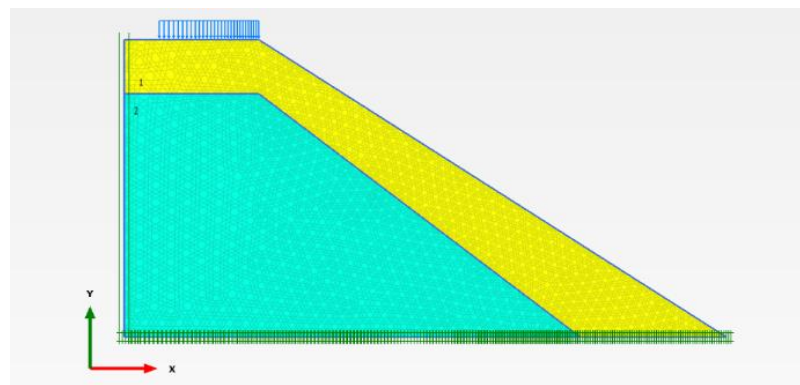
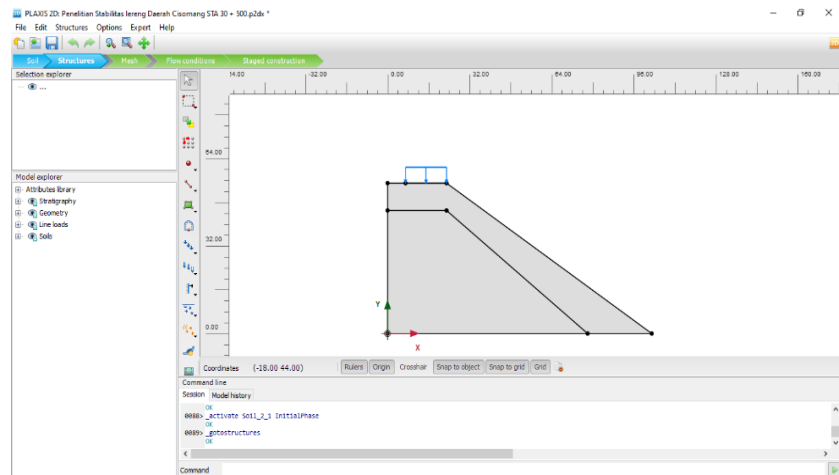


Gambar 4. 6 Membuat Polygon Bidang lereng

- **Boundary Conditions**

Ikon *Boundary Condition* bisa dicari dibagian tengah *toolbar* atau di menu *loads*. Prinsipnya, semua batas harus mempunyai satu kondisi batas (*Boundary Conditions*) pada tiap arah, jika suatu model tidak diberi

Boundary Conditions maka kondisi alamiah akan terjadi di mana gaya yang ditentukan sama dengan nol dan terjadi *Free Displacement*. Untuk *boundary Condition* ini, secara default program plaxis akan menganggap kondisi pasir sangat padat (sisi bawah) sebagai perletakan jepit horizontal ($U_x=0$) sedangkan perletakan vertikal sebagai perletakan nol.




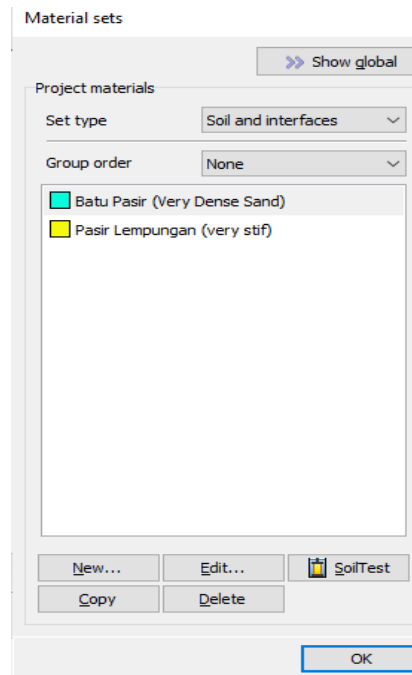
Gambar 4.7 *Boundary Condition* Bidang Lereng

- **Material Data Set**

Simulasi sifat tanah pada geometri perlu dilakukan agar dapat dilakukan analisis elemen. Program Plaxis versi V20 dilengkapi dengan *Project Database* mengenai material tanah dan struktur (*Soil & Interfaces, Plates, Geogrids, dan Anchors*). Namun pengguna program ini dapat juga memasukkan database sesuai kebutuhan. Tahapan pendefinisian material

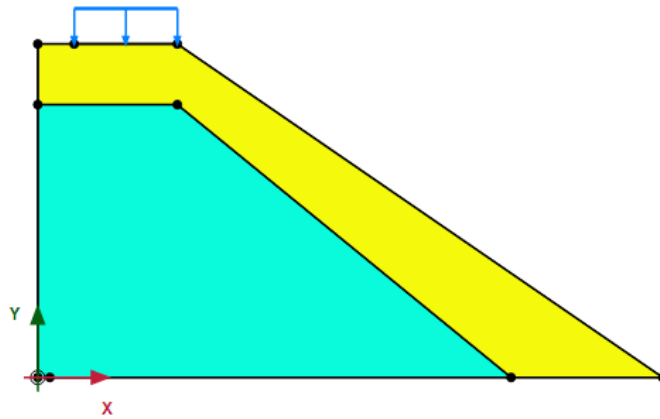
tanah dilakukan setelah tahap pemberian *Boundary Condition*. Sebelum dilakukan *meshing* pada geometri, *Cluster-Cluster* pada Geometri sesudah didefinisikan Jenis materialnya. Tahapan untuk memasukan data tanah sebagai berikut :

1.  Pilih ikon *Show Material* pada *Toolbar*.
2. Klik tombol (*New*) dibagian bawah window dari *Show Material*. Dialog *box* yang baru akan muncul dengan lima buah *tab sheet* (*General, Parameters, Groundwater, Interfaces, dan Initial*)
3. Ketikkan nama material *Box Identification*.
4. Pilih model material pada *box Material* model dan tipe material pada *box Material type*.



Gambar 4.8 Material Data Set

5. Setelah Memasukan data material kedalam parameter maka harus dilakukan kedalam geometri lereng dengan cara menyeret kursor hingga ke dalam bidang geometri. Dalam penelitian ini penulis membuat dua parameter tanah dengan keterangan :
 - Warna Kuning : Pasir Lempung (*Very Stif*)
 - Warna Biru : Batu Pasir (*Very Dense Sand*)



Gambar 4.9 Geometri Lereng

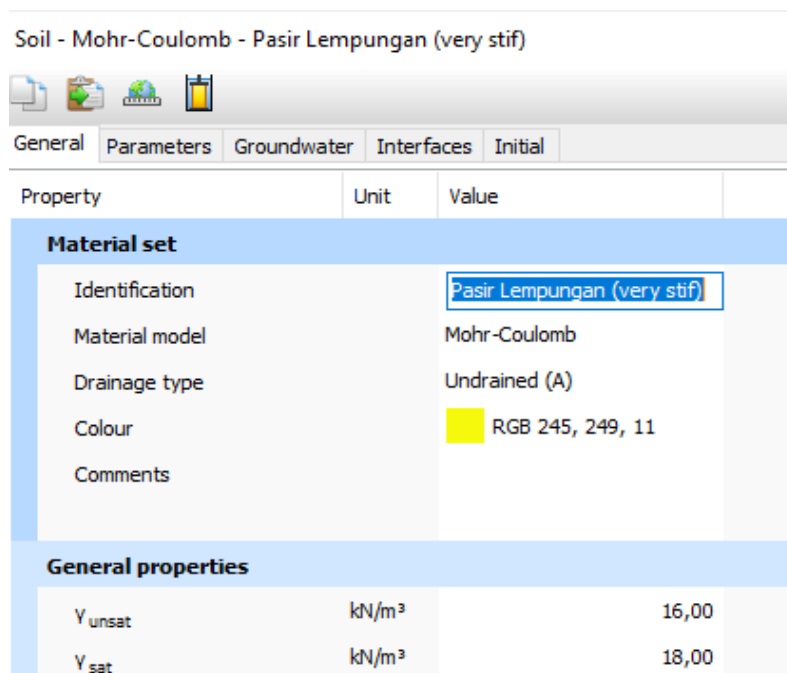
Perilaku tanah di bawah beban umumnya bersifat non-linier. Perilaku ini dapat dimodelkan dengan berbagai persamaan, diantaranya *Model Linear Elastic*, *Mohr-Coulomb*, *Soft soil Model*, *Hardening soil Model*, *Soft Soil Creep Model*, *Jointed Rockmodel*, dan *User-Definedmodel*. Pada analisis ini digunakan model *Mohr-Coulomb* yang memerlukan lima buah parameter yaitu modulus elastisitas (E_{ref}), *Poisson's Ratio* (ν), Kohesi (C_{ref}) Sudut Geser Tanah (ϕ), dan sudut dilantasi (ψ). Dipilih metode *Mohr-Coulomb* karena metode ini berdasarkan parameter-parameter tanah yang ada paling mendekati dengan sifat tanah dilokasi. Cara memasukan nilai - nilai yang sesuai dari data yang didapatkan:

1. Tekan Tombol (*New*) setelah itu masuk ke halaman parameters untuk masuk ke *Tab Sheet Parameter* sesuai dengan model yang dipilih pada *Tab Sheer General*.
2. Masukkan nilai -nilai yang terdapat pada data, sesuai dengan nama *box* yang ada pada *tab Sheet Parameters*. Biarkan *tab Sheer Interfaces* sesuai kondisinya (*default*).
3. Proses diatas diulang untuk material yang lain.
4. Masukan nilai -nilai yang sesuai dari data yang didapat dari tabel data sifat tanah berikut :

Tabel 4.2 Sifat – Sifat Material Untuk Lapisan Tanah

Parameter	Simbol	Jenis Tanah		Satuan
		Pasir Lempungan	Batu Pasir	
Kedalaman	Depth	0 sd 15	15 sd 30	m
Material Model	—	<i>Mohr-Coulomb</i>	<i>Mohr-Coulomb</i>	—
Material Type	—	<i>Undrained</i>	<i>Undrained</i>	—
Dry Soil Weight	γ_{unset}	16,00	21,00	kN/m^3
Wet Soil Weight	γ_{sat}	18,00	22,00	kN/m^3
Horizontal Permeability	Kx	0,0001	0,0001	m/day
Vertical Permeability	Ky	0,0001	0,0001	m/day
Young's Modulus	Eref	3000	3000	kN/m^2
Poisson's Ratio	ν	0,30	0,300	—
Cohesion	Cref	1,000	1,000	kN/m^2
Friction Angle	φ	35,00	50,00	°
Dilantacy Angle	ψ	0	0	°

Pasir Lempungan (*Very Stiff*)



Gambar 4.10 General Pasir Lempungan

Soil - Mohr-Coulomb - Pasir Lempungan (very stiff)

General Parameters Groundwater Interfaces Initial

Property	Unit	Value
Stiffness		
E'	kN/m ²	3,000
ν' (nu)		0,3000
Alternatives		
G	kN/m ²	1,154
E_{oed}	kN/m ²	4,038
Strength		
c'_{ref}	kN/m ²	1,000
ϕ' (phi)	°	35,00
ψ (psi)	°	0,000

Gambar 4. 11 Parameter Pasir Lempungan

Batu Pasir (*Very Dense Sand*)

Soil - Mohr-Coulomb - Batu Pasir (Very Dense Sand)

General Parameters Groundwater Interfaces Initial

Property	Unit	Value
Material set		
Identification		Batu Pasir (Very Dense Sand)
Material model		Mohr-Coulomb
Drainage type		Undrained (A)
Colour		RGB 9, 251, 219
Comments		
General properties		
γ_{unsat}	kN/m ³	21,00
γ_{sat}	kN/m ³	22,00

Gambar 4. 12 General Batu Pasir


Soil - Mohr-Coulomb - Batu Pasir (Very Dense Sand)

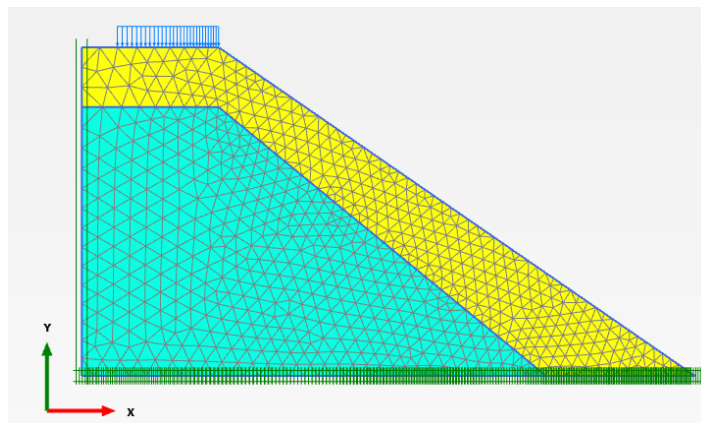
Property	Unit	Value
Stiffness		
E'	kN/m ²	3,000
ν' (nu)		0,3000
Alternatives		
G	kN/m ²	1,154
E_{oed}	kN/m ²	4,038
Strength		
c'_{ref}	kN/m ²	1,000
ϕ' (phi)	°	50,00
ψ (psi)	°	0,000

Gambar 4.13 Parameter Batu Pasir

- **Generate Mesh**

Program Plaxis 2D dapat membangun sebuah jaring (*Mesh*) secara otomatis, dimana jaringan tersebut membagi geometri menjadi beberapa elemen. Pembuatan jaringan elemen berdasarkan prinsip triangulasi yang akan membentuk jaringan yang kokoh dan jaringan tersebut bentuknya tidak beratur (*Unstructured mesh*). Untuk melakukan *mesh* dilakukan tahap:

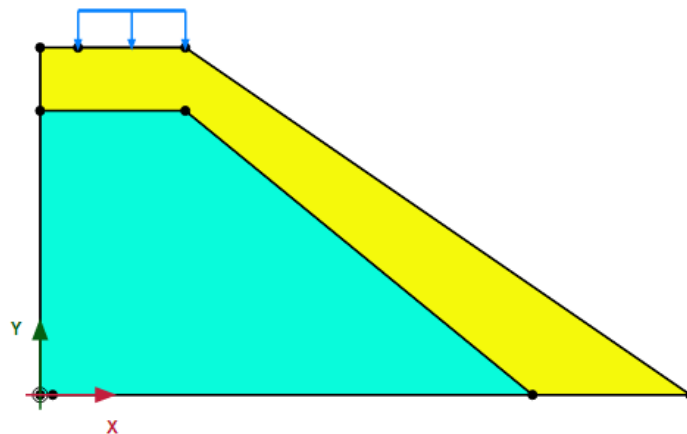
1.  Tekan Tombol ikon *Generate Mesh* pada *Toolbar* atau pilih opsi *Generate* dari menu *Mesh*. Sebuah window baru akan muncul dan memperlihatkan bentuk *mesh* dari model.
2. Tekan Tombol (*Update*) untuk Kembali ke model *Geometry Input*. Pada tahap ini mesh yang digunakan adalah *Very Fine*, dengan jumlah 1446 elemen dan 11829 titik.



Gambar 4.14 Generate Mesh

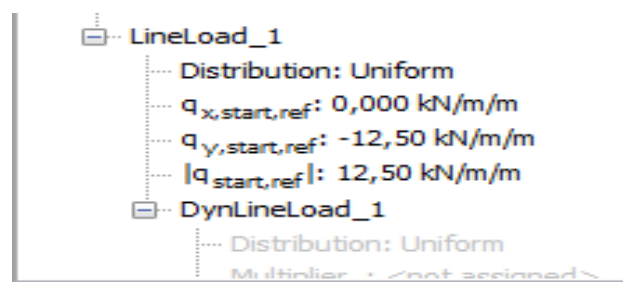
- **Initial Condition (Kondisi Awal)**

Initial condition berfungsi untuk mendefinisikan keadaan awal geometri sebelum dilakukan tahap perhitungan. Keadaan awal meliputi kondisi air tanah awal (*initial ground water condition*), konfigurasi awal dari geometri, dan keadaan awal tegangan efektif. Pengaktifan tegangan awal dengan cara *Gravity loading* tidak dapat dilakukan melalui menu *initial conditions*. Pengaktifan dilakukan di tahap perhitungan. Pada tahap *inisial kondision* ini karena telah di lakukan ditahap *soil* maka dari itu bidang lereng membentuk garing bidang alami.

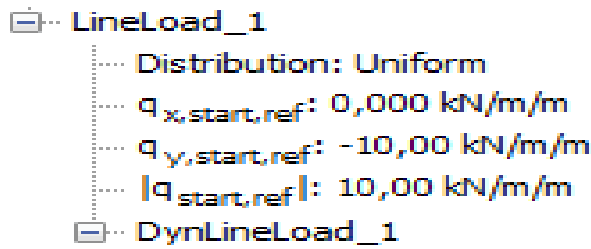


Gambar 4.15 Initial Condition

- Pemasukan Beban perkerasan jalan di STA 30 + 500 Ruas Jalan Cisomang, Padalarang, Jawa Barat menggunakan kelas I, Arteri, Kolektor yaitu sebesar 100 kN/m lalu dibagi lebar jalan 8 meter menjadi 12,5 kN/m serta menggunakan kelas II, Arteri, Kolektor, Lokal, Lingkungan yaitu sebesar 80 kN/m lalu dibagi lebar jalan 8 meter menjadi 10 kN/m.



Gambar 4.16 Input Hasil Beban Jalan Kelas I

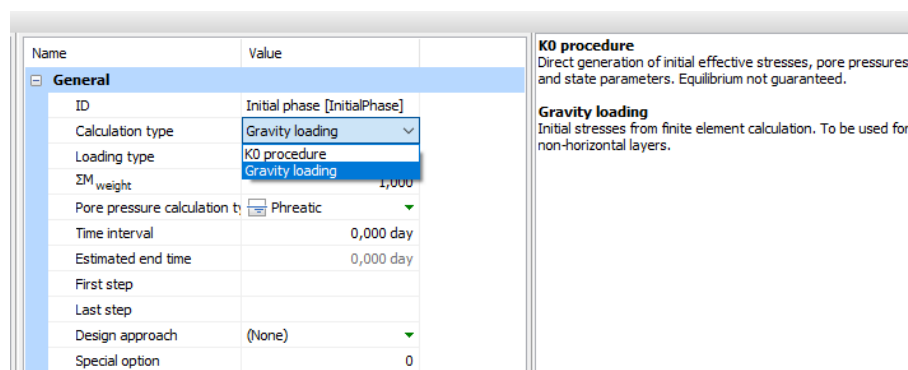


Gambar 4. 17 Input Nilai Beban Jalan Kelas II

4.3.2 Program Calculation

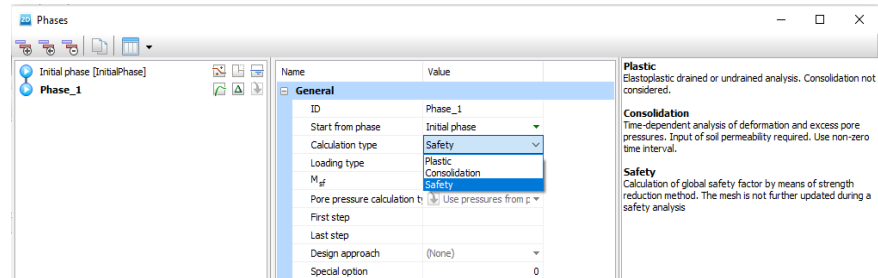
Tahap perhitungan dimulai setelah menekan tombol (*Calculation*) dan menyimpan data input pada tahap pemasukan data. Program perhitungan digunakan untuk mendefinisikan dan mengeksekusi fase - fase perhitungan. Simulasi pemodelan dapat dibagi menjadi beberapa tahap atau fase perhitungan :

- Tahap *Initial phase*, pada tahap awal dari analisis digunakan untuk menghitung tegangan – tegangan awal akibat berat sendiri *massa* tanah dan tegangan horizontal. Permukaan potongan melintang model yang dianalisa, bentuknya tidak horizontal (*non-horizontal surface*) sehingga untuk mencari tegangan dan regangan awalnya digunakan cara *Gravity Loading*. Pilih *Stage Construction* setelah itu klik dua kali pada *Initial Phase*, dan pilih *Calculation Type* dengan *value Gravity Loading*.



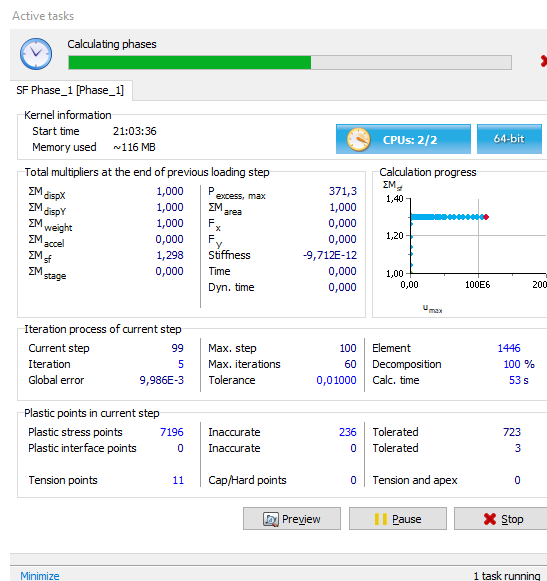
Gambar 4.18 Calculation Type, Gravity Loading

- Langkah selanjutnya membuat *phase 1 (Safety Factor)* pada penelitian yaitu daerah Cisomang Padalarang untuk mendapatkan nilai factor keamanan lereng yang ditinjau dari phase awal yaitu *intial phase*. Pilih tipe perhitungan menjadi Safety.

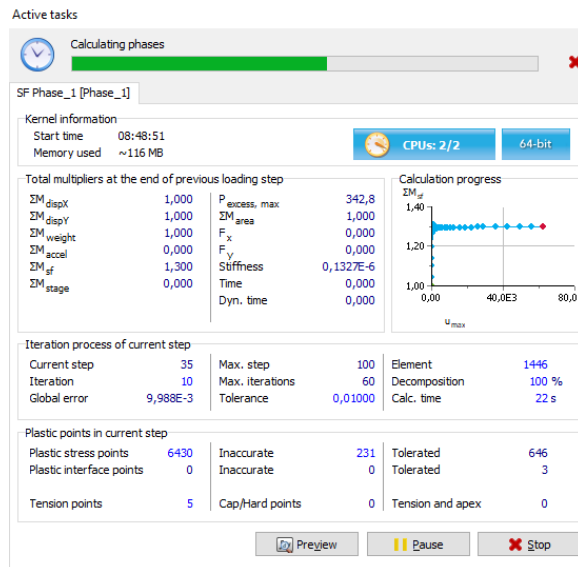


Gambar 4. 19 Calculation Type Safety

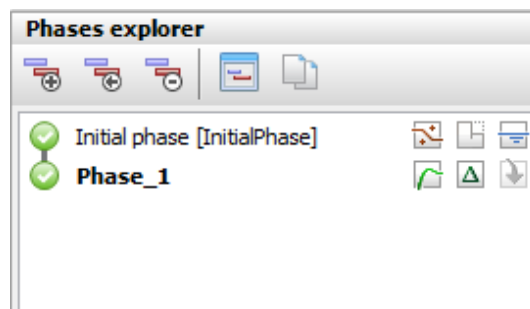
- Selanjutnya tahap perhitungan melalui proses perhitungan setiap *Phase* pada Plaxis pada daerah Cisomang Padalarang.



Gambar 4.20 Tahapan Perhitungan Pada Plaxis Kelas I (12,50) KN/m



Gambar 4.21 Tahap Perhitungan Pada Plaxis Kelas II (10,0) KN/m

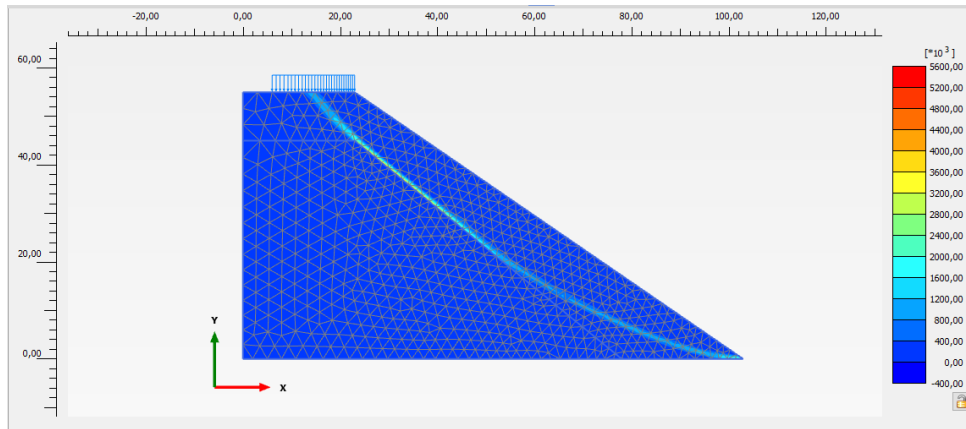


Gambar 4.22 Hasil Calculation

4.3.3 Program Output

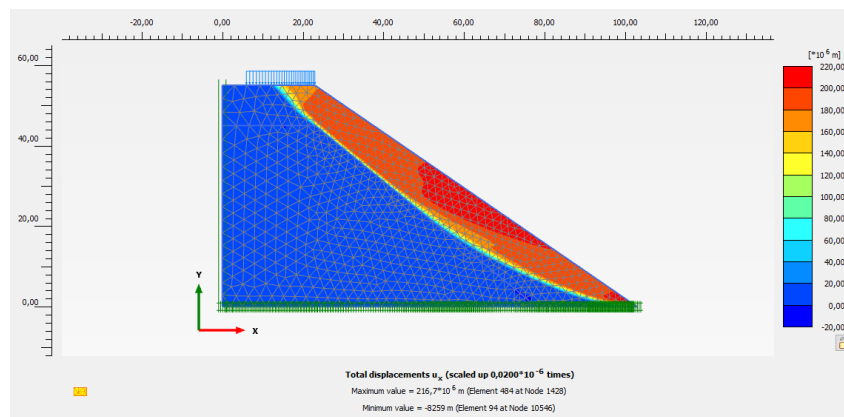
Apabila proses perhitungan telah selesai kita bisa melihat hasil berupa gambar dan nilai-nilai hasil proses perhitungan dengan menekan tombol (*Output*). Tahapan *Output* sebagai berikut :

1. Klik tombol File pilih open dan buka file yang ingin dilihat *output* hasil perhitungan.
2. Kita bisa melihat gambar *output* berupa deformasi, *incremental* atau diagram momen, geser dan lain sebagainya.
3. Dengan mengubah *arrows* ke *shading* pada gambar *incremental displacement* kita bisa mendapatkan gambaran informasi mengenai bidang gelincir yang bisa diaplikasikan pada geometri lereng.

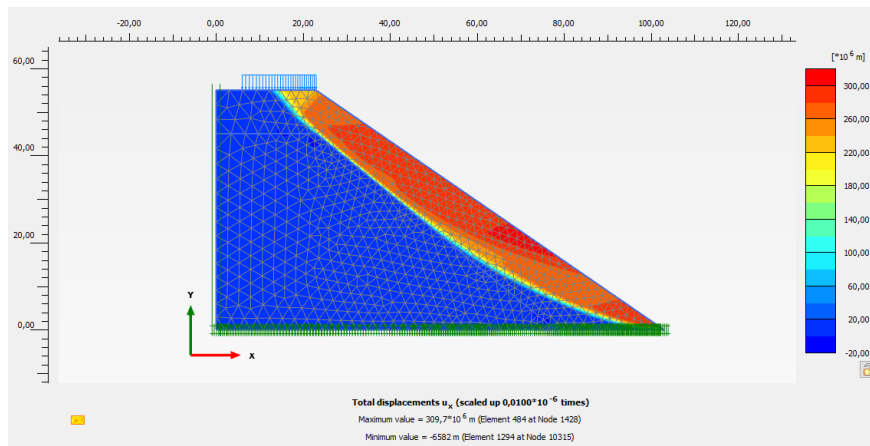


Gambar 4.23 Deformasi pada tahap initial phase

Pada program Plaxis untuk menghitung factor keamanan lereng dengan cara *phi-c Reduction* adalah metode perhitungan nilai kestabilan lereng oleh program dengan cara mengurangi nilai parameter $\tan \phi$ dan c secara terus menerus sampai kegagalan struktur atau tanah terjadi. Berikut merupakan tampilan *shading* untuk memperlihatkan busur kelongsoran dan nilai faktor keamanan kelongsoran yang terjadi pada lereng yang berada di Sta 30 + 500 Cisomang Padalarang Jawa Barat dengan kondisi tanpa beban.



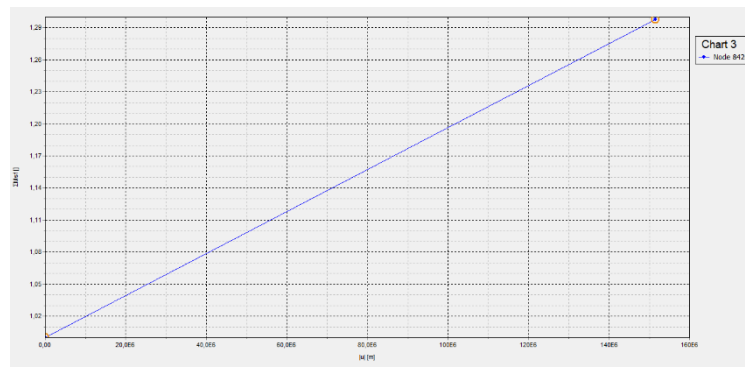
Gambar 4. 24 Bentuk Busur Kelongsoran Beban Jalan Kelas 1 SF (1,299)



Gambar 4.25 Bentuk Busur Kelongsoran Kelas II (SF = 1,300)

4.3.4 Program Curve

Pada tahap ini Program Curve dilakukan untuk menggambar kurva beban atau waktu terhadap displacement (perpindahan). Dengan menggambarkan diagram tegangan – regangan sehingga bisa diketahui perhitungan berbagai phase pada saat memodelkan lereng. Titik gelincir pada titik nodal 8426.



Gambar 4.26 Beban Kurva pada titik nodal 8426

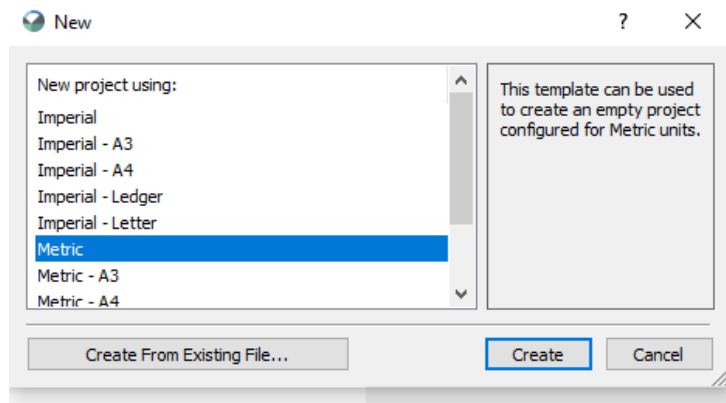
4.4 Analisis Stabilitas Lereng Dengan Geoslope-W

4.4.1 Program Input

Pengaturan awal untuk melakukan analisis stabilitas lereng pada program Geoslope-w terdiri dari beberapa tahap, diantaranya pengaturan kertas kerja, pemberian nama pada lembar kerja, juga pemilihan metode analisis. Kertas kerja

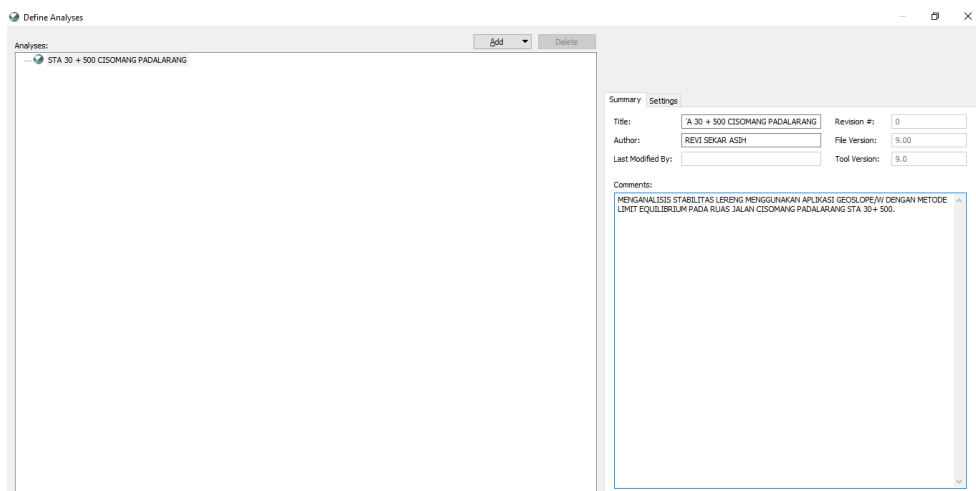
merupakan ukuran ruang yang disediakan untuk melakukan pendefinisian masalah. Berikut merupakan Langkah program input pada Aplikasi Geoslope-w :

- Mengatur Kertas Kerja, dari menu *New* pada program Geoslope-w. Pemilihan Lembar kertas kerja menggunakan *Metric*.



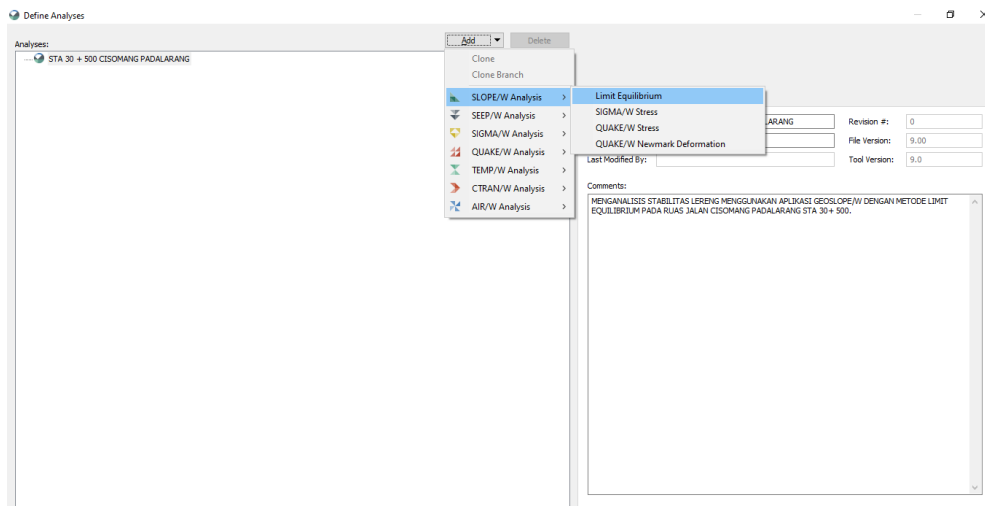
Gambar 4.27 Pemilihan lembar kerja

- Menentukan *Project Id*, dari menu utama. *Project Id* digunakan untuk mendefinisikan nama atau judul pada masalah yang sedang dianalisis.



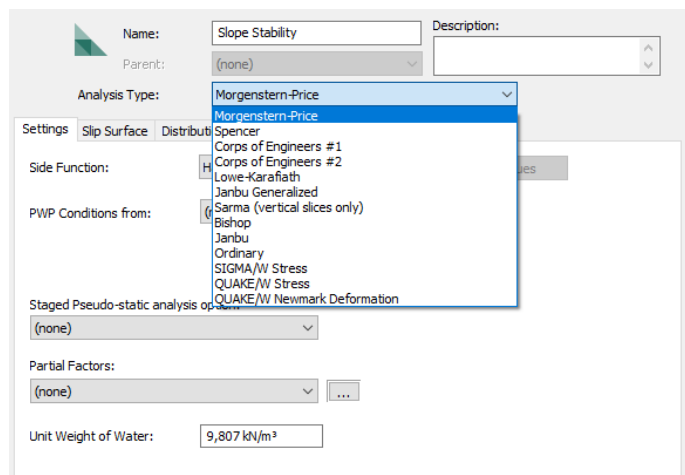
Gambar 4.28 Pemberian nama pada Jendela Penentuan Project Id

- Menentukan metode analisis, Klik *tabsheet method* pada *analysis settings*. Dalam *tabsheet* ini terdapat beberapa metode yang digunakan untuk analisis stabilitas lereng. Program aplikasi Geoslope/w ini untuk metode yang akan digunakan disini menggunakan *Limit Equilibrium*.



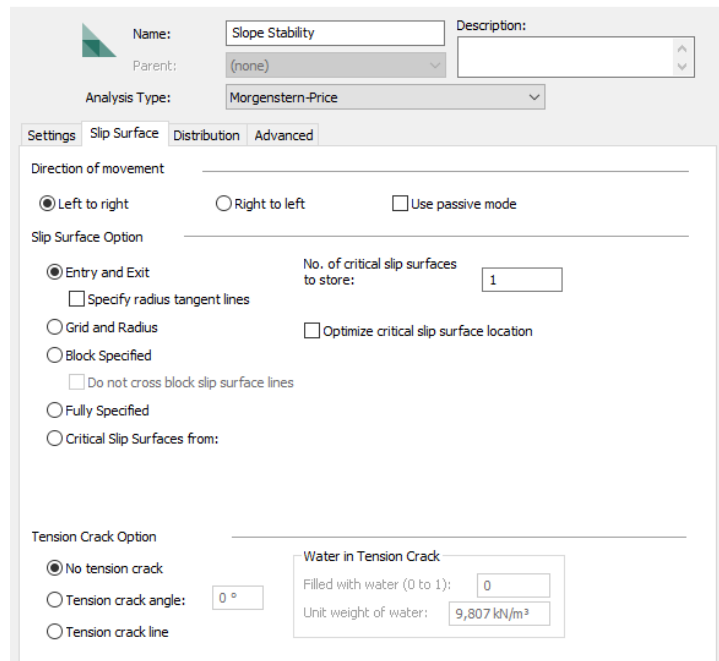
Gambar 4.29 Pemilihan Metode Analisis yang akan digunakan

- Pemilihan *type* analisis yang akan digunakan pada perhitungan stabilitas lereng ini merupakan tipe analisis *Morgenstren-Price*. Dalam tipe ini gaya tahan (Momen Equilibrium) dan juga gaya dorong (*Force Equilibrium*) dapat diperhitungkan.



Gambar 4.30 Tipe Analisis Morgenstren-Price

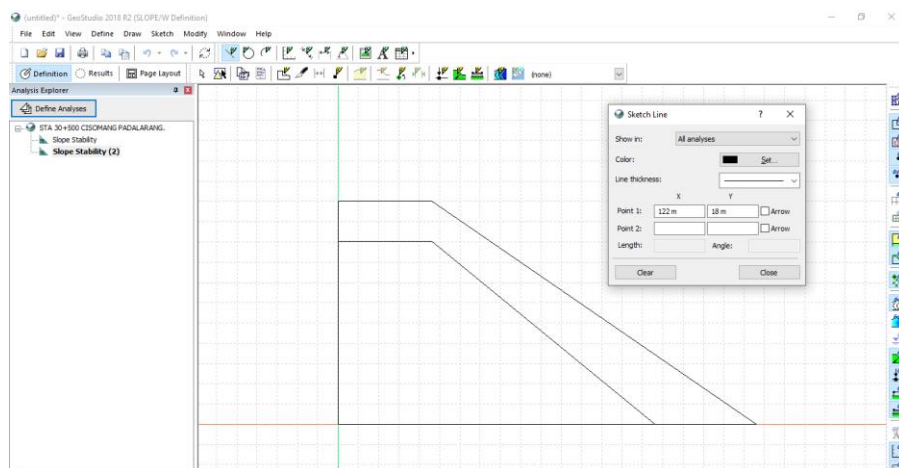
- Menentukan bidang Longsor, Klik *tabsheet Slip & Surface* pada *analysis settings*. Dalam *tabsheet* ini pergerakan arah longsor dapat ditentukan sesuai dengan keinginan, baik dari arah kiri ke kanan maupun sebaliknya. Bidang longsor ditentukan dengan memilih *option Entry & Exite*, seperti yang terdapat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.31 Tipe Longoran Slip & Surface

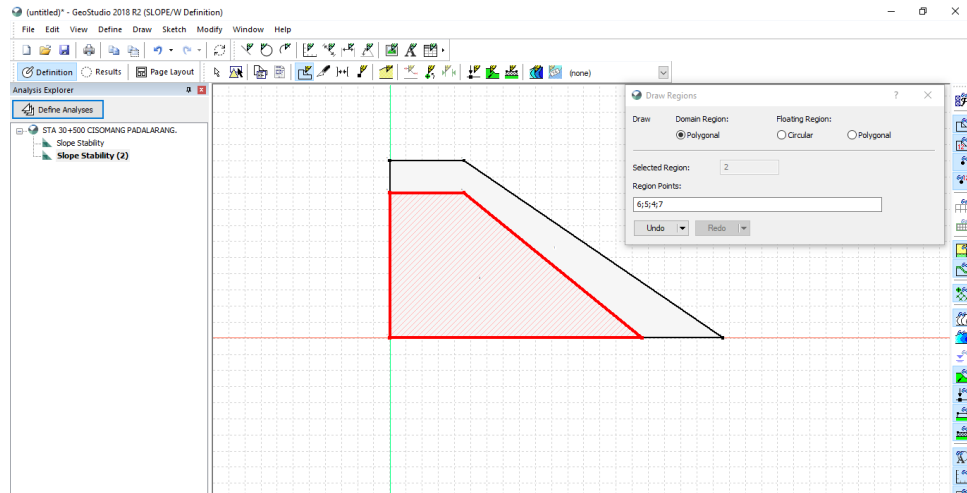
- Pemodelan Struktur Geometri lereng

Pemodelan lereng dimulai dengan pembuatan sketsa gambar dari model, yang merupakan representasi dari masalah yang akan di analisis. Pemodelan tersebut dibuat dari *sketch*, kemudian klik line untuk menggambar model geometri lereng.



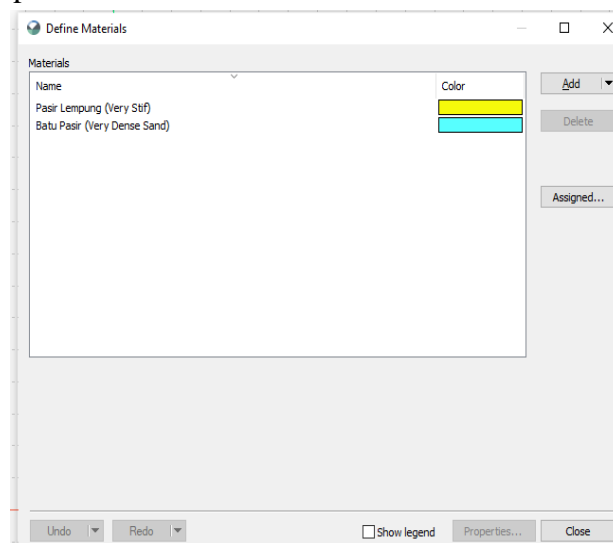
Gambar 4.32 Jendela penggambaran Model Geometri Lereng

- Menggambar batas lapisan tanah, dari menu utama sketch klik *regions*. Garis batas tiap lapisan tanah Digambar sesuai dengan koordinat yang telah ditentukan.



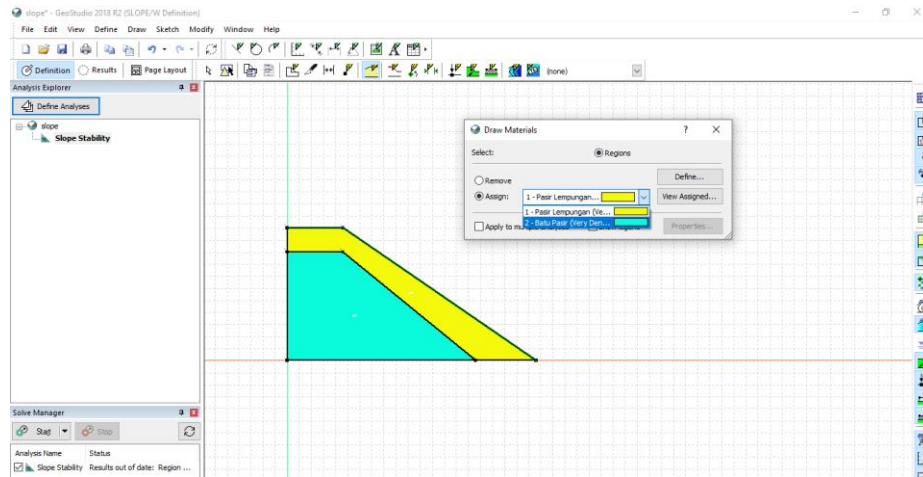
Gambar 4.33 Penggambaran Batas Lapisan Tanah

- Mendefinisikan Parameter Tanah, Jenis Material yang diinput sesuai dengan uraian umum diatas. Material model yang digunakan adalah *Mohr-Coulomb*. Parameter yang diperlukan yaitu berat isi tanah (γ), Kohesi (c), dan sudut Geser (ϕ). Sebelum dilakukan input data perlu dilakukan penyeragaman satuan masing – masing parameter. Langkah untuk mendefinisikan parameter tanah yaitu dari tampilan menu utama *Define* klik *Material Properties* seperti yang terdapat pada Gambar.



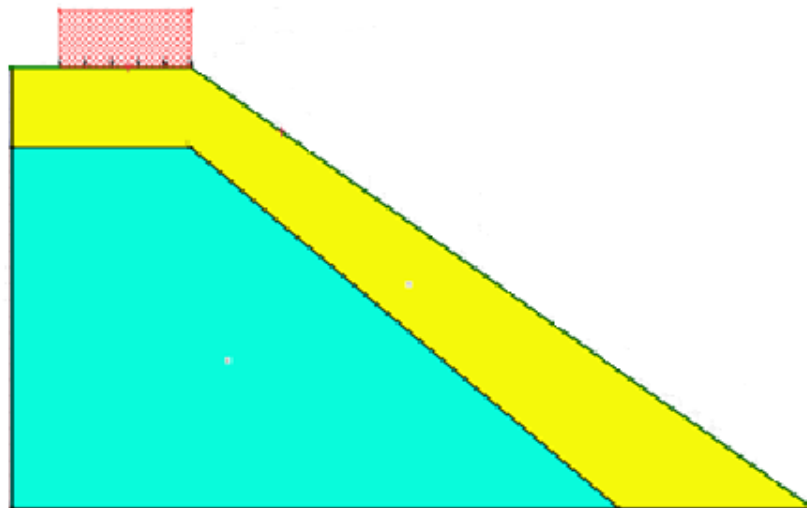
Gambar 4.34 Menentukan Parameter Tanah

- Memasukan data parameter material kedalam tiap -tiap laipsan tanah, maka harus dilakukan kedalam geometri lereng dengan cara menyeret kursor hingga ke dalam bidang geometri.



Gambar 4.35 Memasukan Material Kedalam Bidang Lereng

- Langkah selanjutnya menggambar beban yang bekerja yaitu dari menu utama *Draw Surchance Loads*, kemudian masukkan besarnya beban yang di kehendaki, lalu mulailah menggambar. Adapun panjang beban merata disesuaikan dengan panjang jalan yang direncanakan.



Gambar 4.36 Menggambar Garis Beban Perkerasan

- Pemasukan Beban pada aplikasi Geoslopw-w perkerasan jalan di STA 30 + 500 Ruas Jalan Cisomang, Padalarang, Jawa Barat menggunakan kelas I, Arteri, Kolektor yaitu sebesar 100 kN/m lalu dibagi lebar jalan 8 meter menjadi 12,5 kN/m serta menggunakan kelas II, Arteri, Kolektor, Lokal, Lingkungan yaitu sebesar 80 kN/m lalu dibagi lebar jalan 8 meter menjadi 10 kN/m.

Draw Surcharge Load

Line #: 1 Add

Unit Weight: 12,5 kN/m³

Direction: Vertical

Draw Done

Gambar 4.37 Input beban Perkerasan Beban Jalan Kelas I = 12,5 kN/m

Draw Surcharge Load

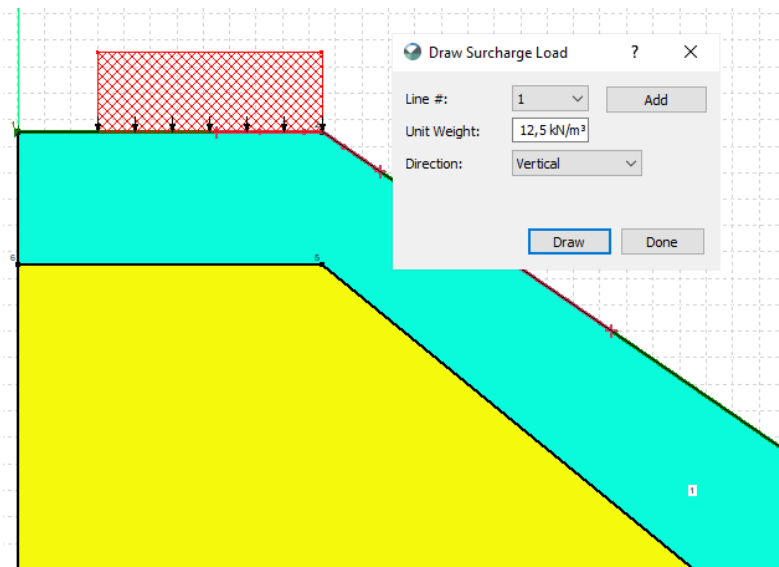
Line #: 1 Add

Unit Weight: 10 kN/m³

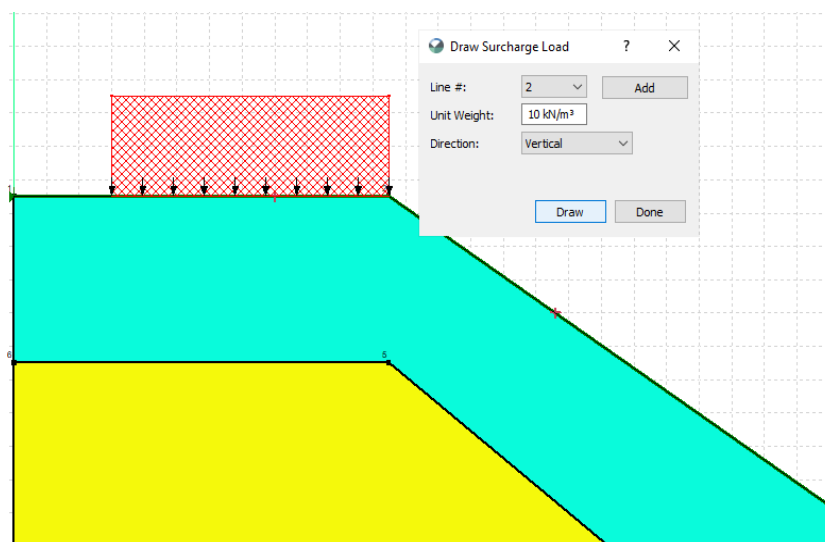
Direction: Vertical

Draw Done

Gambar 4. 38 Input beban Perkerasan Beban Jalan Kelas II = 10 kN/m



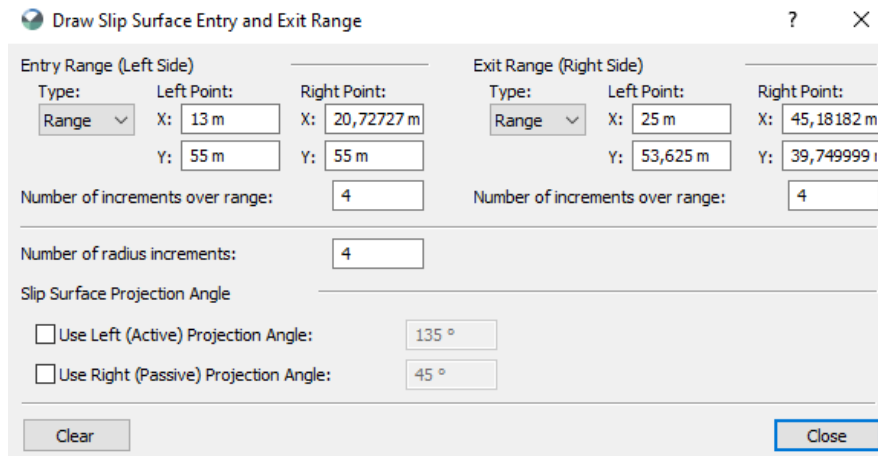
Gambar 4. 39 Membuat Garis beban Perkerasan I = 12,5 kN/m



Gambar 4.40 Menggambar garis beban perkerasan II = 10 KN/m

- Menggambar *Entry dan Exit* Bidang Longsor

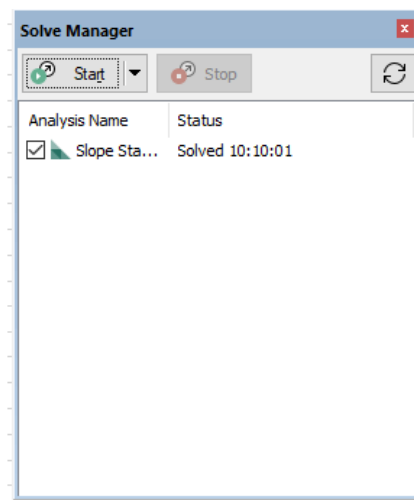
Salah satu cara untuk memvisualisasikan luasan permukaan bidang longsor dilakukan dengan metode *Entry dan Exit*. Bidang longsor dapat diatasi dengan menentukan lokasi dimana percobaan longsoran kemungkinan akan masuk dan keluar dari permukaan tanah. Untuk menggambar *Entry dan Exit* bidang longsor yaitu dengan memilih menu utama *Draw Entry dan Exit Slip Surface*, Kemudian Tentukan titik dimana bidang titik yang akan di analisis.



Gambar 4.41 Jumlah titik Increments

4.4.2 Solving The Problem

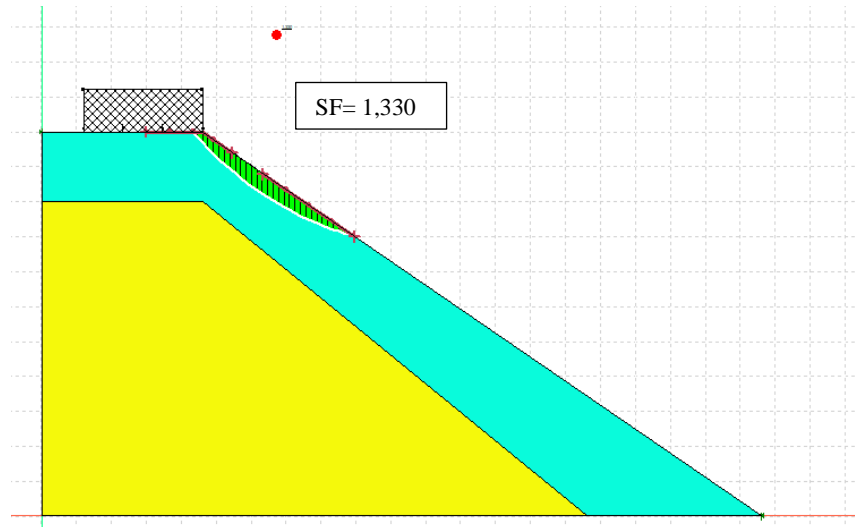
Solving The Problem bertujuan untuk menghitung angka keamanan pada lereng berdasarkan data – data yang telah dimasukkan. Langkah untuk *solving the problem* yaitu dari menu utama *tools* klik *Start* untuk memulai perhitungan. Selama perhitungan *Solve* dengan menggunakan metode *Morgentsern-Price* menampilkan angka keamanan minimum dan jumlah *slip surface* yang sedang dianalisis.



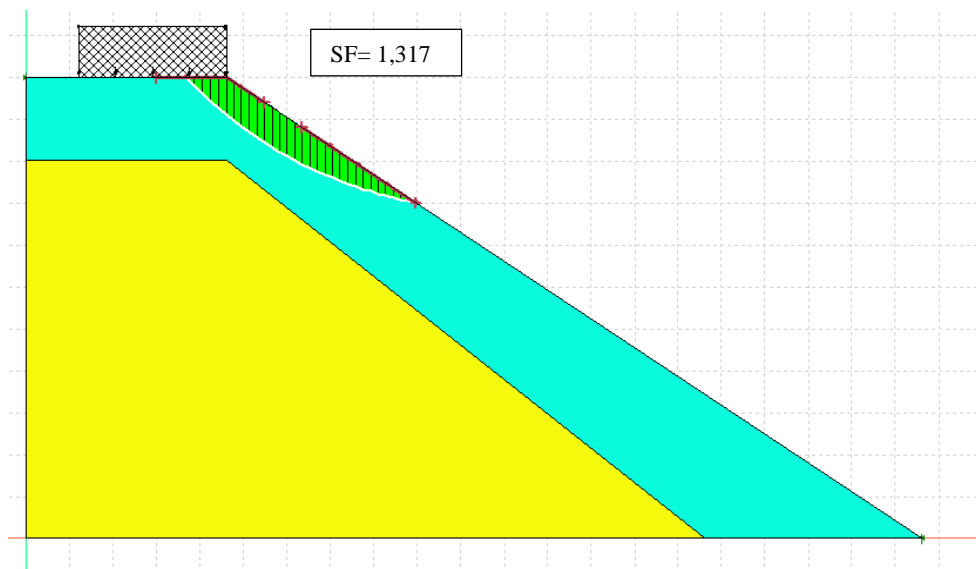
Gambar 4.42 Solving The Problem

4.4.3 Viewing The Result

Dengan Melihat hasil ini kita akan dapat melihat jenis keruntuhan yang terjadi pada lereng tersebut.



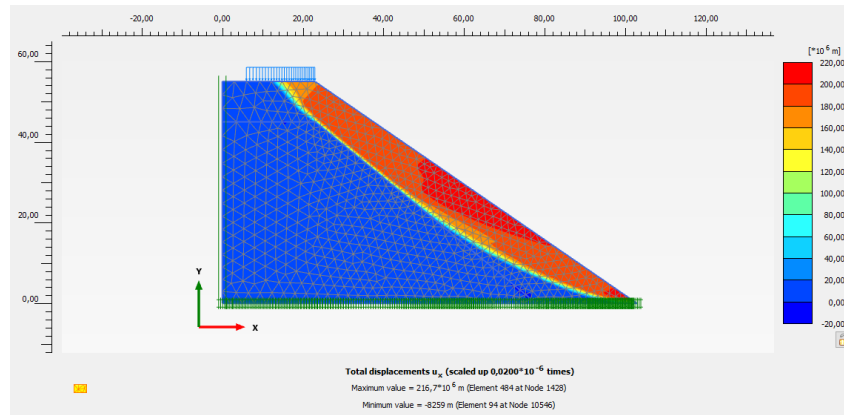
Gambar 4.43 Safety Factor Beban Jalan Kelas I = 1,330 LEM



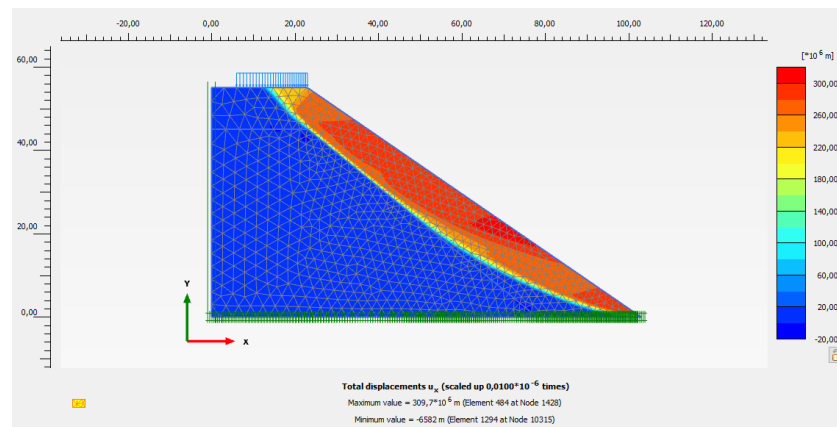
Gambar 4. 44 Safety Factor Beban Jalan Kelas II = 1,317 LEM

4.5 Hasil Analisis Plaxis dan Geoslope/w

4.5.1 Analisis Hasil Perhitungan Aplikasi Plaxis



Gambar 4.45 Bentuk Bidang Longsor Lereng dengan nilai (SF = 1,299)

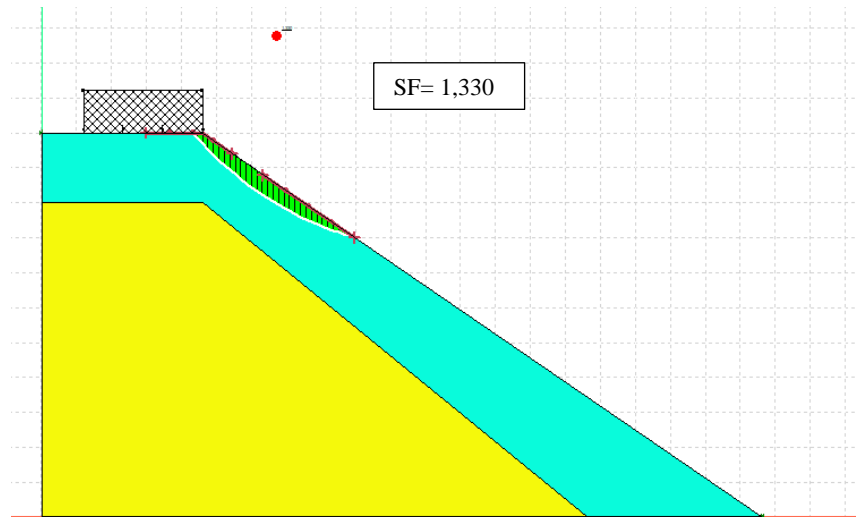


Gambar 4.46 Bentuk Bidang Longsor Lereng dengan nilai (SF = 1,300)

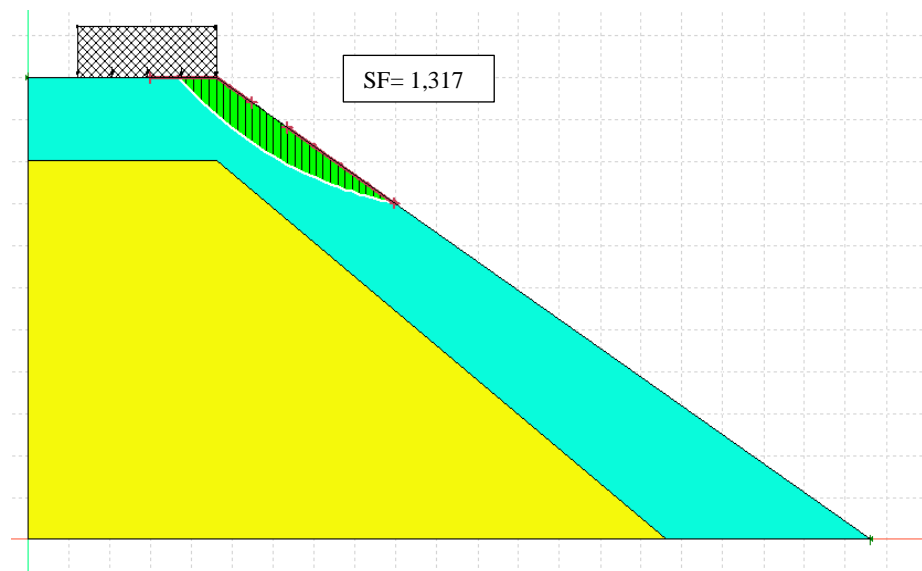
- Pada aplikasi Plaxis untuk kondisi lereng Cisomang Padalarang dengan beban jalan kelas I dengan beban sebesar 12,5 Kn/m menghasilkan nilai dengan faktor keamanan sebesar (1,299). Sedangkan untuk beban jalan kelas II dengan besaran beban 10 Kn/m menghasilkan nilai safety Factor sebesar (1,300) yang diartikan sebagai lereng dalam kondisi rawan terhadap longsor.
- Pada analisa ini dalam program plaxis ditunjukkan bahwa kedalaman bidang longsor mencapai lapisan pasir lempungan, di kedalaman 15 meter dari puncak lereng. Warna merah yang ditimbulkan merupakan kondisi kritis bidang longsor, sedangkan warna biru merupakan kondisi yang tidak berbahaya atau jarang terjadinya longsor.

- Pada analisa dengan bantuan aplikasi Plaxis ini, terlihat dari letak bidang longsor tersebut menunjukkan bahwa dengan beban yang diberikan longsoran tergambar berada di tengah longsoran dan longsoran mencapai lapisan pasir lempung yang paling ujung.

4.5.2 Analisis Hasil Perhitungan Aplikasi Slope-W.



Gambar 4.47 Bentuk bidang longsoran lereng dengan nilai SF 1,330



Gambar 4.48 Safety Factor Beban Jalan Kelas II = 1,317 LEM

- Pada aplikasi Geoslope-w untuk kondisi lereng Cisomang Padalarang dengan beban jalan kelas I dengan beban sebesar 12,5 Kn/m menghasilkan

nilai dengan faktor keamanan sebesar (1,330) kN/m. Sedangkan untuk beban jalan kelas II dengan besaran beban 10 Kn/m menghasilkan nilai safety Factor sebesar (1,317) kN/m yang diartikan sebagai lereng dalam kondisi rawan terhadap longsoran.

- Pada analisis dalam program Geoslope-W, kedalaman bidang longsor yang terjadi mencapai lapisan Lempung pasiran di kedalaman 17 meter dari puncak.
- Pada program Geoslope-W ditunjukkan bahwa letak bidang longsor berada di ujung beban dan beban tidak mencapai lapisan pasir lempung yang paling bawah.

4.5.3 Perbandingan nilai SF Plaxis dan Slope-w

Analisa perhitungan Safety Factor terhadap lereng di Ruas Jalan Cisomang Padalarang menggunakan cara perhitungan dengan dua aplikasi berbeda yaitu dengan program Plaxis dan dengan Program Geoslope-w. Perhitungan tersebut dilakukan karena ingin membandingkan kedua Program tersebut. Program Plaxis menggunakan metode *Finite Elemen Method* (FEM) dengan perbandingan dua beban perkerasan jalan. Untuk beban perkerasan jalan pada kelas I dengan beban sebesar 12,5 Kn/m didapatkan nilai Safety Factor sebesar 1,299 dan untuk beban perkerasan jalan Kelas II dengan beban sebesar 10 Kn/m Didapat nilai safety factor sebesar 1,300.

Analisis perhitungan nilai faktor keamanan pada aplikasi Geoslope-w yang menggunakan metode *Limit Equilibrium Method* (LEM) didapatkan nilai safety Factor sebesar 1,330 untuk beban perkerasan kelas I dan nilai safety factor untuk beban perkerasan Kelas II didapat nilai sebesar 1,317.

Perbandingan yang terjadi pada kedua Program Aplikasi dengan data yang sama yaitu parameter tanah, ukuran geometri lereng, serta beban yang diberikan tampak terlihat banyak perbedaan tidak hanya di nilai safety factornya saja dapat dilihat dari letak bidang longsor yang terjadi bahwa program plaxis lebih curam untuk letak bidang longsor dibandingkan dengan program Geoslope-w yang terlihat hanya diujung beban tidak mencapai lapisan tanah yang paling dalam.

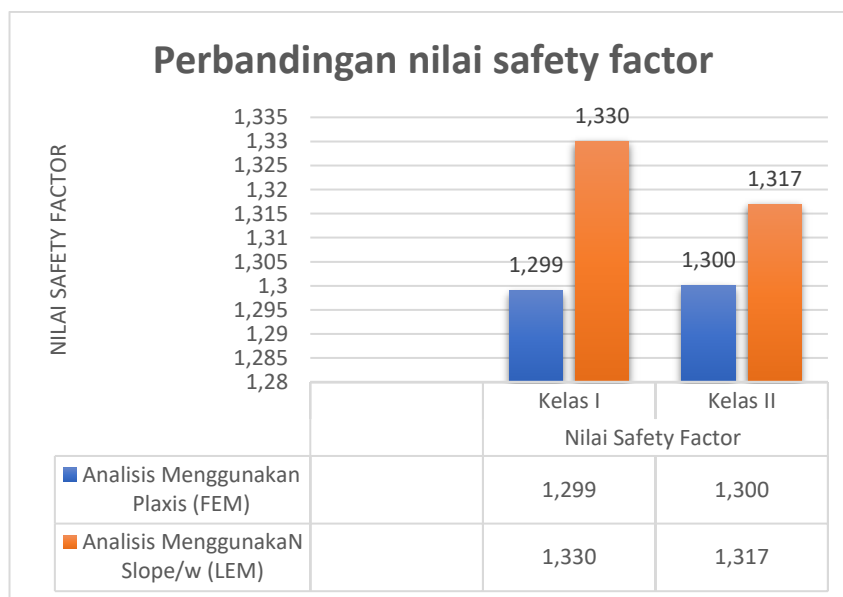
Selain itu, banyak pula faktor yang menyebabkan nilai keamanan lereng bisa disebabkan oleh perbedaan metode analisis yang digunakan, model kekuatan geser yang diimplementasikan, atau perbedaan dalam asumsi dan parameter- input yang digunakan dalam analisis.

Perlu diperhatikan bahwa kedua nilai faktor keamanan selalu lebih besar dari nilai yang dibutuhkan untuk menjaga kestabilan lereng. Namun, perbedaan ini menunjukkan adanya variasi dalam hasil pemindaian antara kedua program. Namun, perbedaan ini menunjukkan adanya variasi dalam hasil pemindaian antara kedua program.

Berikut hasil perbandingan nilai Safety Factor pada lereng Ruas Jalan Cisomang Padalarang dengan menggunakan dua Aplikasi.

Tabel 4.3 Hasil Analisis Lereng Daerah Cisomang Padalarang Sta 30 + 500

Lereng STA 30 + 500			
No	Metode Penelitian	Nilai Safety Factor	
		Kelas I	Kelas II
1	Analisis Menggunakan Plaxis (FEM)	1,299	1,300
2	Analisis Menggunakan Slope/w (LEM)	1,330	1,317



Gambar 4.49 Perbandingan Nilai SF Plaxis dan Geoslope-w

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Pada penelitian analisis stabilitas lereng ini, dengan membandingkan hasil analisis kedalam dua program yaitu Plaxis dan Slope-w. Pada ruas jalan Cisomang Padalarang Sta 30 + 500. Maka beberapa hal dapat disimpulkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dari hasil Analisa stabilitas lereng menggunakan perhitungan aplikasi Plaxis, metode Finite Elemen Method di dapatkan nilai faktor keamanan dengan kondisi beban perkerasan kelas I = 12,5 Kn/m sebesar 1,299. Sedangkan untuk beban perkerasan kelas II = 10 Kn/m nilai faktor keamanan yang didapat sebesar 1,300. Dari Analisa yang dilakukan dengan menggunakan program Plaxis, diketahui bahwa stabilitas lereng tidak memenuhi persyaratan keselamatan, karena koefisien keamanan yang diperoleh kurang dari 1,5.
2. Hasil analisis stabilitas lereng dengan menggunakan perhitungan program Slope-w dengan metode Limit Element Method didapatkan nilai faktor keamanan dengan kondisi perkerasan beban kelas I = 12,5 Kn/m nilai faktor keamanan yang didapat sebesar 1,330. Dan untuk nilai faktor keamanan dengan kondisi beban perkerasan kelas I = 12,50 Kn/m nilai faktor keamanan yang didapat sebesar 1,317. Nilai faktor keamanan untuk aplikasi slope-w ini lebih besar dari aplikasi plaxis. Tetapi, masih belum memenuhi nilai faktor keamanan yang ditentukan sebesar 1,5.
3. Perbandingan selisih faktor keamanan dari perbandingan antara faktor keamanan yang diperoleh dari program plaxis dan Slope-w penulis menemukan bahwa terdapat selisih sebesar 1%. Selisih menunjukkan bahwa hasil faktor keamanan antara program plaxis dan slope-w tidak terlalu jauh. Dengan bidang longsoran yang terjadi pada perhitungan program plaxis dan Slope-w mencapai lapisan yang sama yaitu pasir lempungan.
4. Letak Bidang longsoran pada dua program dengan jumlah ukuran beban dan berat beban yang sama, jauh berbeda untuk aplikasi Plaxis beban letak longsoran dari tengah beban atau hampir menyeluruh sampai lapisan paling

terbawah. Sedangkan, untuk aplikasi Geoslope-w letak bidang longsor hanya berada di ujung beban dan tidak menyeluruh hanya lapisan atas pasir lempungan.

Kesimpulannya menunjukkan bahwa kedua program , yaitu Plaxis dan Slope/W, memberikan hasil faktor keamanan yang dekat dengan masing-masing lainnya. Walaupun ada sedikit perbedaan, bisa jadi karena perbedaan asumsi dan perhitungan antara kedua program tersebut.

Pada penelitian yang akan datang, penulis dapat mempertimbangkan faktor-faktor yang dapat mempengaruhi perbedaan hasil antara Plaxis dan Slope/W. Misalnya, melakukan analisis sensitivitas parameter tanah atau membandingkan berbagai metode.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian , diperlukan tambahan untuk melengkapi dan mengembangkan topik penelitian ini. Mengenai saran-saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya :

- Penelitian penguatan lereng: Penelitian yang dilakukan menitik beratkan pada analisis lereng untuk ruas jalan Cisomang Padalarang Sta 30+500. Namun, penting untuk mempertimbangkan perlunya penelitian perkuatan lereng. Penguatan lereng dapat meningkatkan keselamatan jalan dan mengurangi risiko keruntuhan lereng. Studi perkuatan lereng dapat mencakup metode perkuatan yang sesuai, desain struktur perkuatan dan analisis stabilitas setelah penerapan. Dengan demikian, studi masa depan dapat melengkapi analisis stabilitas solusi perkuatan yang efektif. Juga beberapa saran tambahan yang dapat diberikan:
- Analisis sensitivitas: Lakukan analisis sensitivitas parameter tanah dan beban yang digunakan dalam analisis stabilitas.
- Validasi dengan data lapangan: pengumpulan data lapangan yang relevan ditambah untuk memvalidasi hasil analisis dengan kondisi lapangan yang sebenarnya. Data lapangan dapat berupa deformasi lereng, perubahan kondisi tanah dari waktu ke waktu, dan pengamatan visual perilaku lereng. Validasi

dengan data lapangan dapat membantu menguji keakuratan analisis dan memberikan keyakinan lebih pada hasil yang diperoleh.

- Memilih metode lain analisis: Selain Plaxis dan Slope/W, tersedia berbagai program dan metode analisis stabilitas lereng. Penelitian dan pemeriksaan penggunaan metode lain dan relevan dapat memberikan pemahaman lereng yang lebih lengkap dan memvalidasi hasil yang diperoleh.
- Keterbatasan penelitian: Mengetahui dan mendiskusikan penelitian yang dilakukan, seperti asumsi yang digunakan kebijakan pemodelan tertentu.

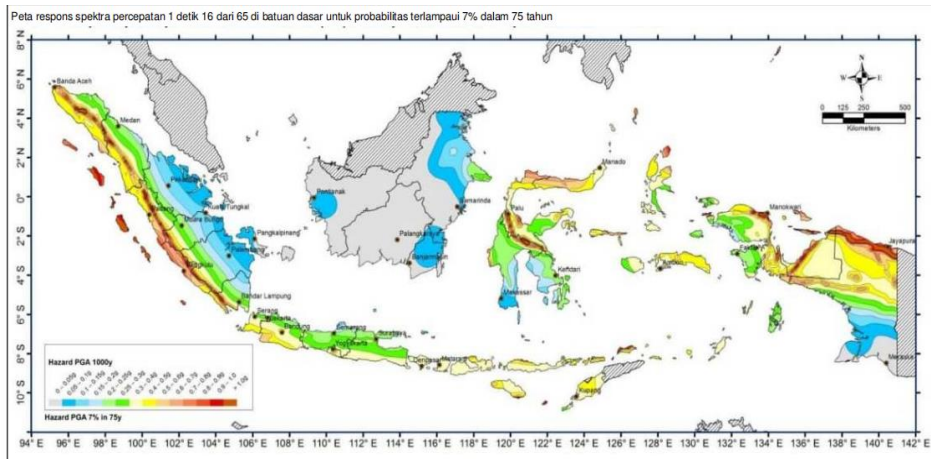
DAFTAR PUSTAKA

- Acuan, M. (n.d.). *Plaxis Versi 8. Manual latihan*
- Badan Standarisasi Nasional. (2017). Sni 8460-2017. *Persyaratan Perancangan Geoteknik, 8460, 2017.*
- Chasana, Uswatun. 2012. "ANALISIS STABILITAS LERENG DENGAN PERKUATAN."
- Das, Braja. M. 1988. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid I*, Jakarta: Erlangga.
- Departemen Pekerjaan umum. (2005). *Manual-Penanganan-Lereng-Jalan-Buku-1-Petunjuk-Umum.Pdf.*
- Fauzi, A., Wahyudi, D. I., & Moeljono, R. A. T. (2019). *Analisa Stabilitas Lereng dan Alternatif Penanganannya Studi Kasus Proyek Pekerjaan Kanal Utama Row 80 Kawasan Industri JIPE-Gresik. 17, 59–62.*
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2014. *Analisis dan Perancangan Fondasi 1*. Yogyakarta : Gajah Mada University Press.
- Hardiyatmo, Hary Cristady. 2002. *Mekanika Tanah 1 -Edisi Tiga .* Yogyakarta: Gajah mada University Press.
- N, F. D. J., Giri, J., & Siregar, C. A. (2019). Analisis Perkuatan Tanah Menggunakan Dinding Penahan Beton Bertulang Tipe Kantilever Dan Sheet Pile Tanah Dengan Program Plaxis 2D V.8.6 Dan Metode Fellenius (Studi Kasus Proyek Perbaikan Lereng Sungai Cihideung, Desa Ranjeng, Kecamatan Cisitu, Kabupaten. *Prosiding Seminar SoBAT, ISBN : 978, 191–203.*
- Pangemanan, Violeta Gabriella Margaretha. 2014. "Analisis kestabilan lereng dengan metode Fellenius." *Jurna Sipil Statik 2-10.*
- Reyhana, Almira Rahma, Jamal Mardewi, and Heri Susanto. n.d. "Analisis Stabilitas lereng pada ruas jalan samarindabalikpapan km.24 dengan alternatif perkuatan dinding." *Jurnal Teknologi Sipil 9.*

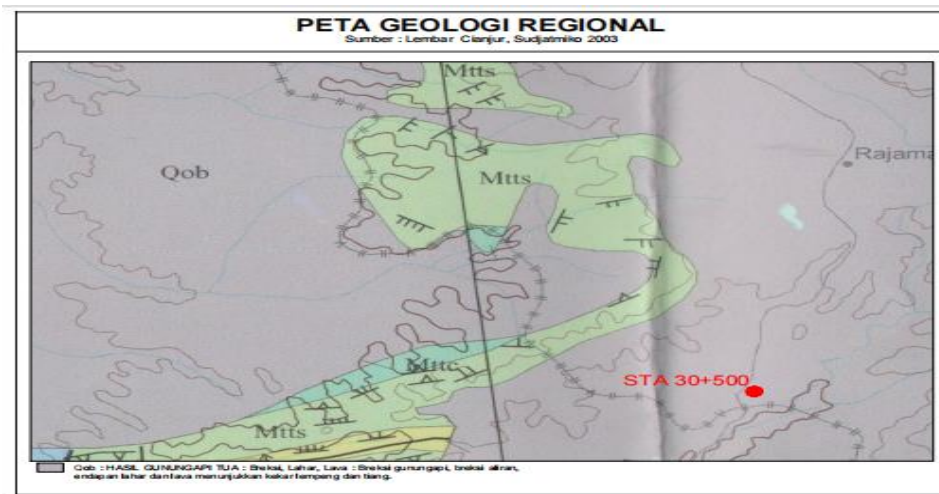
- Rahmawan Bagus Pratama, Imam Muslih Muhibbi, Indrastono Dwi A, S. H. (2014). Analisis stabilitas lereng dan alternatif penanganannya (studi kasus longsor jalan alternatif tawangmangu sta 3+150 – sta 3+200, karanganyar). 3, 573–585.
- Subagja , jaja . 2005. "Analisis stabilitas lereng menggunakan Software Geo-slope dan perkuatan lereng dengan ankur." *perpustakaan FTSP UII* 12-15.
- Sandono, T. (2017). *Analisa stabilitas lereng dengan program geo 5 dan x stabl.* 13.
- Utama, Bayu Dananjaya . 2010. "Analisis stabilita lereng dengan metode Equilibrium kasus lereng cipularang." *Kristal Pengetahuan* iv: 250.

LAMPIRAN

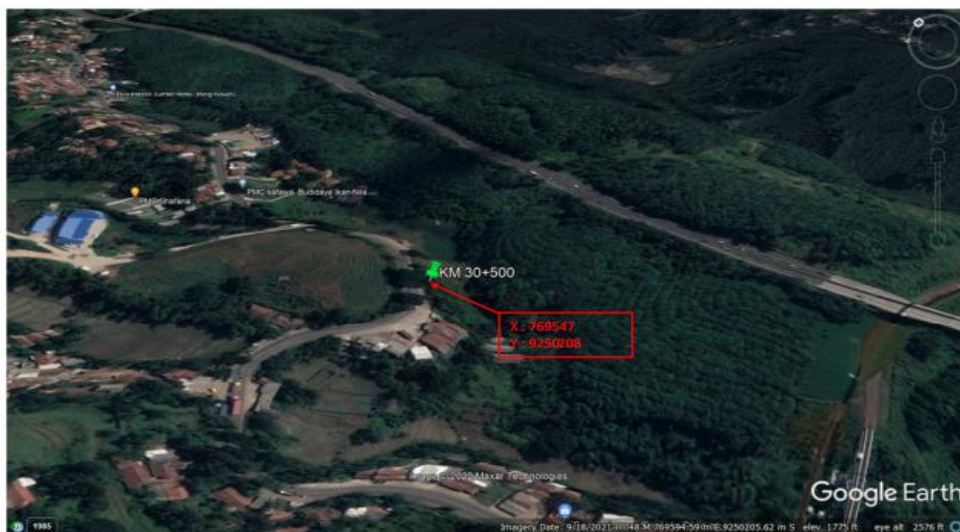
Lampiran 1 Peta Gempa Indonesia



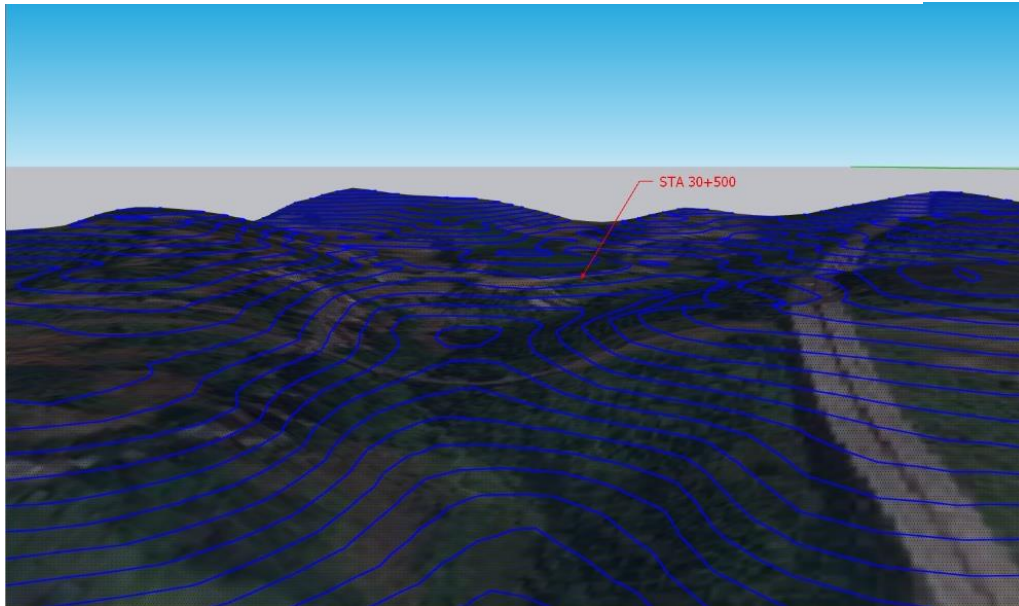
Lampiran 2 Peta Geologi Regional Cisomang Padalarang



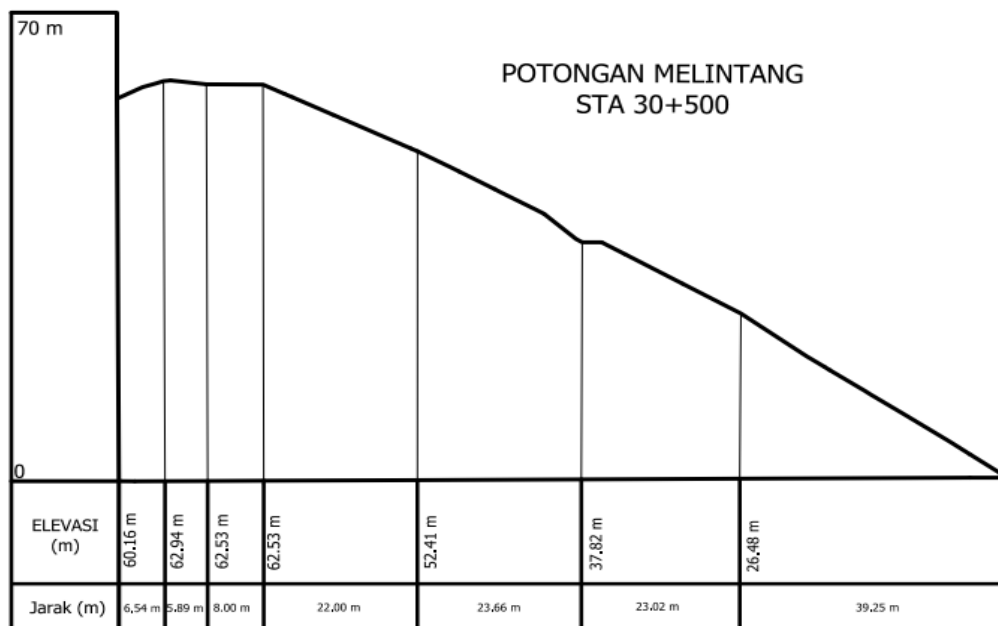
Lampiran 3 Peta Lokasi Penyelidikan Tanah STA 30 +500 Ruas Cisomang Palarang



Lampiran 4 Topografi Daerah Cisomang Padalarang



Lampiran 5 Potongan Melintang Cisomang Padalarang



Lampiran 6 Data Borlog Titik 1 Cisomang Padalarang

Kedalaman	Tebal	Material	Deskripsi	N-SPT
0,00 m - 2,50 m	2,5 m	Lanau Pasiran Berlempung	Coklat kemerahan, Teguh	4
2,50 m - 5,00 m	2,5 m	Lanau Pasiran Berlempung	Coklat kemerahan, Kenyal	9
5,00 m - 6,50 m	1,5 m	Lempung Pasiran Berkerikil	Coklat, Sangat Kenyal	18
6,50 m - 7,50 m	1 m	Batu Pasir Lapuk	Coklat Kekuningan, Sangat Padat	18
7,50 m - 9,00 m	1,5 m	Batu Pasir	Abu - Abu Coklat, Sangat Padat	> 60
9,00 m - 10,00 m	1 m	Pasir Lempung	Abu - Abu Hitam, Padat	> 60
10,00 m - 11,00 m	1 m	Pasir Kerikil	Hitam, Padat	32
11,00 m - 13,00 m	2 m	Pasir Kerikil Berlempung	Abu - Abu Coklat, Sangat Padat	> 60
13,00 m - 13,50 m	0,5 m	Pasir	Hitam, Sangat Padat	> 60
13,50 m - 14,50 m	1 m	Batu Pasir	Abu - Abu Coklat, Sangat Padat	> 60
14,50 m - 29,50 m	15 m	Pasir	Hitam, Padat	60
29,50 m - 30,50 m	1 m	Batu Pasir	Abu - Abu, Sangat Padat	> 60

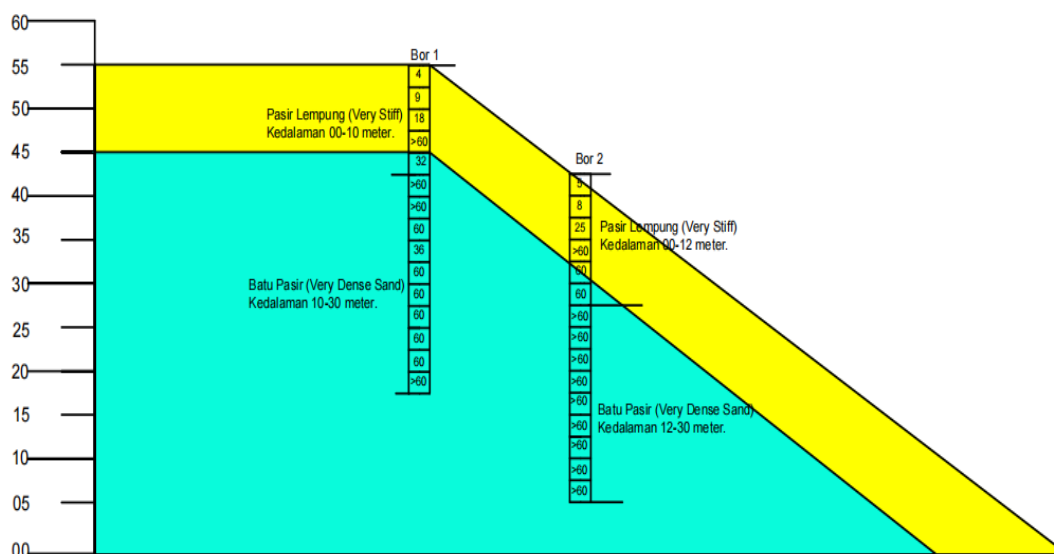
Lampiran 7 Data Borlog Titik 2 Cisomang Padalarang

Kedalaman	Tebal	Material	Deskripsi	N-SPT
0,00 m - 1,00m	1 m	Lanau Pasiran	Coklat, Teguh	4
1,00 m - 2,50 m	1,5 m	Lanau Pasiran Berlempung	Coklat, Teguh	9
2,50 m - 4,50 m	2 m	Lanau Lempungan Berpasir	Coklat, Teguh	18
4,50 m - 5,00 m	0,5 m	Lanau Pasiran Berlempung	Coklat, Teguh	18
5,00 m - 6,50 m	1,5 m	Lanau Lempungan Berpasir	Coklat, Sangat Kenyal	> 60
06,50 m - 9,00 m	2,5 m	Batu Pasir	Abu - Abu Hitam, Sangat Padat	> 60
09,00 m - 10,00 m	1 m	Pasir Lempung	Abu - Abu Tua, Padat	32
10,00 m - 12.50 m	2,5 m	Pasir Kerikil Berlempung	Hitam Abu - Abu, Padat	> 60
12,50 m - 15,00 m	2,5 m	Pasir Sisipan Batu Pasir Lapuk	Hitam, Sangat Padat	> 60
15,00 m - 28,50 m	13,5 m	Pasir Kerikil	Hitam, Sangat Padat	> 60
28,50 m - 30,50 m	2 m	Batu Pasir	Abu - Abu Coklat, Sangat Padat	60

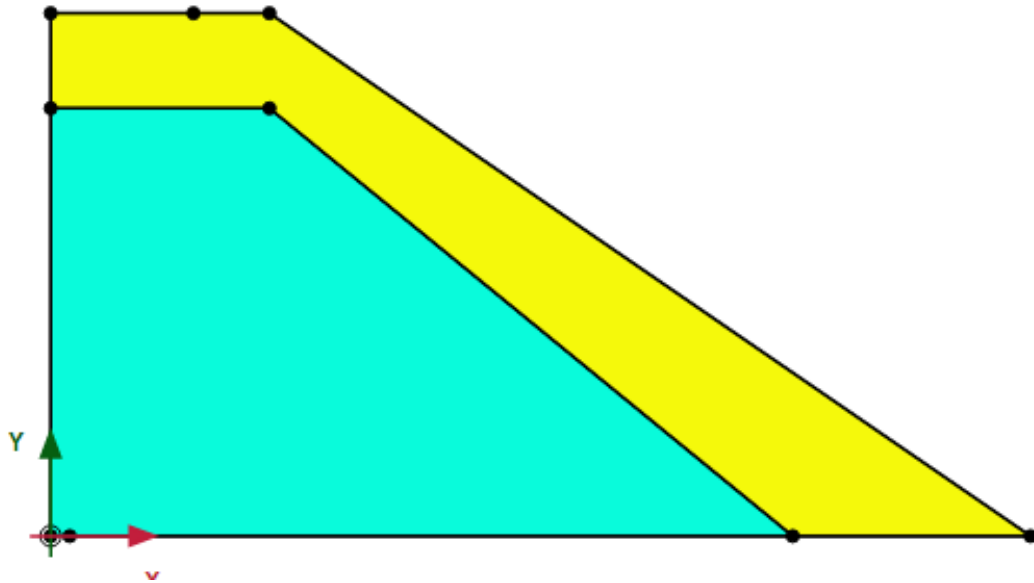
Lampiran 8 Data Parameter Tanah Cisomang Padalarang

Parameter	Simbol	Jenis Tanah		Satuan
		Pasir Lempungan	Batu Pasir	
Kedalaman	Depth	0 sd 15	15 sd 30	m
Material Model	—	<i>Mohr-Coulomb</i>	<i>Mohr-Coulomb</i>	—
Material Type	—	<i>Undrained</i>	<i>Undrained</i>	—
Dry Soil Weight	γ_{unset}	16,00	21,00	kN/m^3
Wet Soil Weight	γ_{sat}	18,00	22,00	kN/m^3
Horizontal Permeability	Kx	0,0001	0,0001	m/day
Vertical Permeability	Ky	0,0001	0,0001	m/day
Young's Modulus	Eref	3000	3000	kN/m^2
Poisson's Ratio	ν	0,30	0,300	—
Cohesion	Cref	1,000	1,000	kN/m^2
Friction Angle	φ	35,00	50,00	°
Dilantacy Angle	ψ	0	0	°

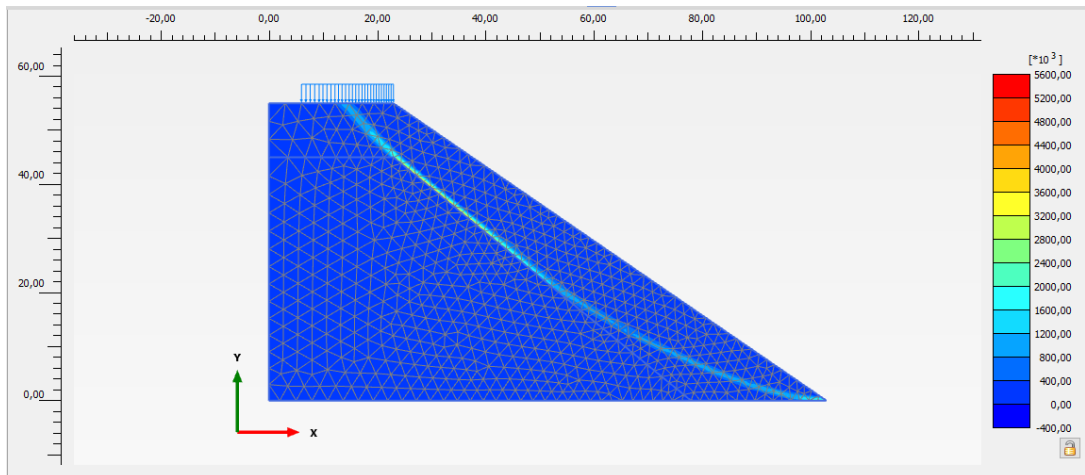
Lampiran 9 Data Statif dan Pemodelan Lereng



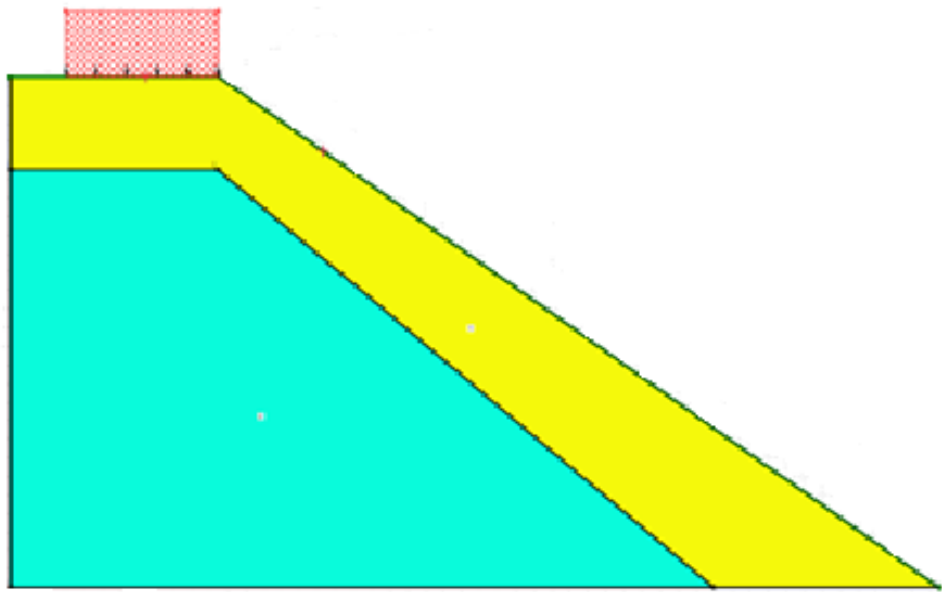
Lampiran 10 Kondisi Lereng Program Plaxis



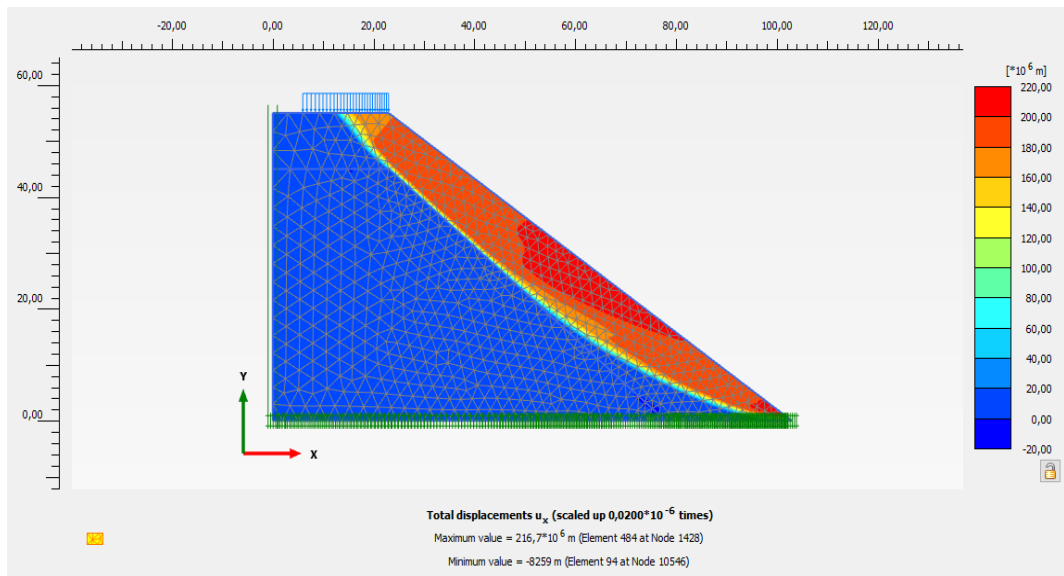
Lampiran 11 Bidang Gelincir Program Plaxis



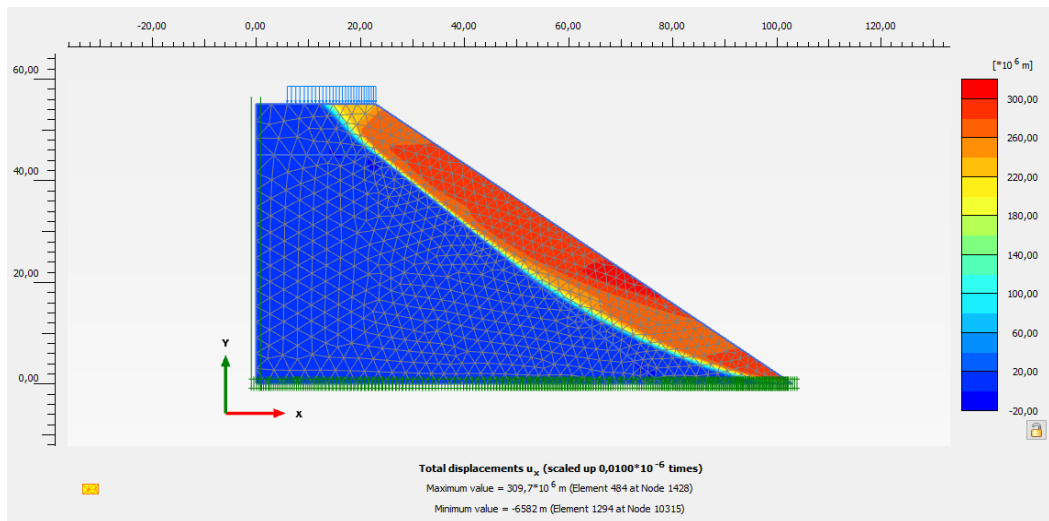
Lampiran 12 Kondisi Lereng Program Slope-w



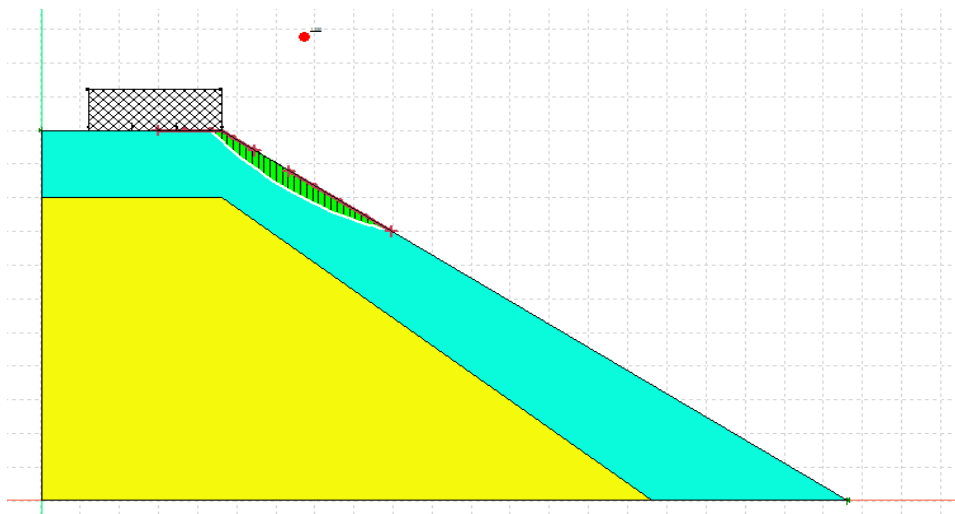
Lampiran 13 Bentuk Busur Kelongsoran + Beban Jalan Kelas I (SF=1,299)



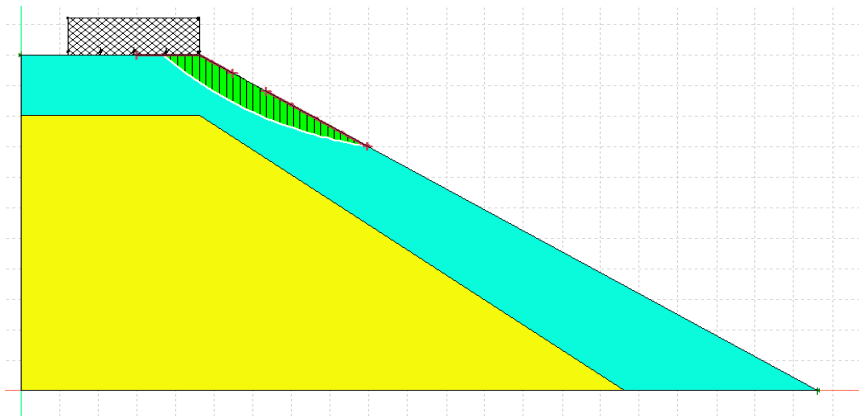
Lampiran 14 Bentuk Besar Kelongsoran +Beban Jalan Kelas II (SF=1,300)



Lampiran 15 Safety Factor Slope-w +Beban Jalan Kelas I = 1,330



Lampiran 16 Safety Factor Slope-w +Beban Jalan Kelas II = 1,317



Lampiran 17 Perbandingan Nilai SF Kedua Aplikasi

