

TUGAS AKHIR

ANALISIS STABILITAS LERENG DENGAN METODE
PERKUATAN SOIL NAILING MENGGUNAKAN
PEMODELAN PLAXIS 2D

Diajukan Sebagai Salah Satu Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana (Strata-1)
Program Studi Teknik Sipil

Dosen Pembimbing

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

NIK. 432.200.167

Disusun Oleh :

Emilda Juniar

2112191169



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SANGGA BUANA (YPKP)
BANDUNG
2023

LEMBAR PERSETUJUAN DAN PENGESAHAN
TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana (Strata-1)
Program Studi Teknik Sipil

Judul :

ANALISIS STABILITAS LERENG DENGAN METODE
PERKUATAN SOIL NAILING MENGGUNAKAN
PEMODELAN PLAXIS 2D

Disusun Oleh :

Emilda Juniar

2112191169

Disetujui dan Disahkan Oleh :

Dosen Pembimbing

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

NIK. 432.200.167

Mengetahui

Ketua Prodi Teknik Sipil

Universitas Sangga Buana YPKP

Muhammad Syukri, ST., MT

NIK. 432.200.200

SURAT PERNYATAAN KEABSAHAN

Dengan ini penulis menyatakan bahwa dalam Tugas Akhir ini yang berjudul **“ANALISIS STABILITAS LERENG DENGAN METODE PERKUATAN SOIL NAILING MENGGUNAKAN PEMODELAN PLAXIS 2D”** tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan sepanjang pengetahuan penulis juga tidak terdapat karya atau pendapat yang dituliskan atau diterbitkan orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam Tugas Akhir ini sebagaimana disebutkan dalam Daftar Pustaka. Selain itu penulis menyatakan pula, bahwa Tugas Akhir ini dibuat oleh penulis sendiri.

Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko/sanksi yang dijatuhkan kepada saya apabila di kemudian ditemukan adanya pelanggaran terhadap kejujuran akademik atau etika keilmuan dalam karya ini, atau ditemukan bukti yang menunjukkan ketidak orisinalan karya ini.

Bandung, Agustus 2023

Pembuat pernyataan

Emilda Juniar

2112191169

**ANALISIS STABILITAS LERENG DENGAN METODE
PERKUATAN SOIL NAILING MENGGUNAKAN
PEMODELAN PLAXIS 2D**

Oleh :

Emilda Juniar

2112191169

Laporan Tugas Akhir yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Fakultas Teknik
Universitas Sangga Buana - YPKP

© Emilda_Juniar

Universitas Sangga Buana - YPKP

2023

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Tugas Akhir ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian,
dengan dicetak ulang, difotokopi atau cara lain tanpa ijin dari penulis.

RIWAYAT HIDUP

Penulis dengan nama lengkap Emilda Juniar yang saat ini berumur 22 tahun lahir di Bandung pada tanggal 17 Juni 2001, merupakan anak pertama dari 4 (empat) bersaudara, dari pasangan Bapak Syaepudin dan Ibu Mirawati. Penulis berjenis kelamin perempuan dan saat ini berstatus belum menikah.

Penulis memulai Pendidikan formal di SD Negeri Warunglega 2 lulus pada tahun 2012, SMP Negeri 1 Cikancung lulus pada tahun 2015, SMK Guna Dharma Nusantara jurusan Teknik Komputer dan Jaringan lulus pada tahun 2018, dan melanjutkan ke jenjang strata satu (S1) di Universitas Sangga Buana YPKP dengan jurusan Teknik Sipil lulus pada tahun 2023.

Penulis juga memiliki pengalaman kerja di Klinik Bina Insani Husada pada 1 Mei 2018 s.d 22 Februari 2019.

ABSTRAK

Pada kasus lereng yang tidak stabil perlu dilakukan peningkatan pada stabilitasnya. Ada beberapa metode peningkatan stabilitas lereng salah satunya adalah perkuatan dengan metode soil nailing. Soil nailing merupakan jenis perkuatan pasif pada tanah dengan menancapkan potongan-potongan baja (nails) yang kemudian di-grout.

Pada penelitian ini soil nailing sebagai metode perkuatan pada penanganan lereng dimodelkan dan dianalisis dengan menggunakan Plaxis 2D, lokasi penelitian berada pada ruas jalan tol Cisumdawu Seksi V yang berada di STA 40 + 825 yang merupakan sebuah lereng hasil galian. Pada pemodelan ini galian terdalam diketahui 23.47 meter dan dibagi menjadi 4 tahapan galian dengan kemiringan lereng 27° atau 2 : 1, dengan beban lalu lintas ditambah beban perkerasan sebesar 30 kPa, serta pemodelan penanganan tanah berupa soil nailing dengan panjang 5 meter, dan jarak masing-masing 1,5 meter.

Dari hasil analisis pada pemodelan yang dilakukan, didapatkan nilai FK statik sebesar 2,26 dan FK gempa sebesar 1,56. dapat disimpulkan bahwa setelah menggunakan metode penanganan, timbunan di STA 40+825 telah memenuhi syarat stabilitas faktor keamanan lereng.

Kata Kunci : Faktor Keamanan Stabilitas Lereng, Lereng Galian, Metode Perkuatan Soil Nailing, Analisis Stabilitas Lereng dengan Plaxis 2D.

ABSTRACT

In the case of unstable slopes, it is necessary to increase the stability. There are several methods of increasing slope stability, one of which is strengthening with the soil nailing method. Soil nailing is a type of passive reinforcement in the soil by inserting steel nails (nails) which are then grouted.

In this study soil nailing as a strengthening method for handling slopes was modeled and analyzed using Plaxis 2D, the research location is on the Cisumdawu toll road Section V which is at STA 40 + 825 which is an excavated slope. In this modeling, it is known that the deepest excavation is 23.47 meters and is divided into 4 stages of excavation with a slope of 27° or 2: 1, with a traffic load plus a pavement load of 30 kPa, as well as soil handling modeling in the form of soil nailing with a length of 5 meters, and a distance of 5 meters each. 1.5 meters each.

From the results of the analysis on the modeling carried out, the static FK value was 2.26 and the seismic FK was 1.56. It can be concluded that after using the handling method, the embankment at STA 40+825 has fulfilled the stability factor of slope safety requirements.

Keywords : Factor of Safety of Slope Stability, Excavated Slope, Strengthening Soil Nailing Method, Analysis of Slope Stability with 2D Plaxis.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur Penyusun sampaikan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan segala nikmat-Nya dan rahmat-Nya, sehingga Penyusun dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini dengan judul **“Analisis Stabilitas Lereng Dengan Metode Perkuatan Soil Nailing Menggunakan Pemodelan Plaxis 2D”**, guna memenuhi syarat akademis dalam menyelesaikan Pendidikan Tingkat Sarjana (Strata-1) Teknik Sipil – Fakultas Teknik Universitas Sangga Buana (YPKP).

Akhirnya Penyusun mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah banyak membantu serta membimbing dalam pelaksanaan penyusunan Tugas Akhir ini, khususnya kepada :

1. Kedua Orang tua yang selalu mendo'akan dan yang telah memberikan motivasi, bimbingan dan arahan serta dorongan baik moril, spiritual, maupun materil.
2. Dr. Didin Saepudin, SE.,M.Si selaku Rektor Universitas Sangga Buana YPKP Bandung.
3. Dr. Teguh Nurhadi Suharsono, ST., MT Selaku wakil Rektor I Universitas Sangga Buana YPKP Bandung.
4. Bambang Sutanto, SE., M.Si Selaku wakil Rektor II Universitas Sangga Buana YPKP Bandung.
5. Nurhaeni Sikki, S.A.P., M.A.P Selaku wakil Rektor III Universitas Sangga Buana YPKP Bandung.
6. Slamet Risnanto, ST., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik. Universitas Sangga Buana YPKP.
7. Muhammad Syukri, ST., MT, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Sangga Buana YPKP Bandung.
8. Ir. Yanti Irawati, ST., MT sebagai Dosen Wali Kelas D Angkatan 2019 Program Studi S1 Teknik Sipil Universitas Sangga Buana YPKP Bandung.
9. Ir. Chandra Afriade Siregar, ST., MT., IPU sebagai Dosen Pembimbing yang telah memotivasi dan membimbing selama melakukan proses pengerjaan Tugas Akhir.

10. Seluruh Civitas Akademik Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Sangga Buana YPKP Bandung.
11. Bapak/Ibu pimpinan PT Citra Karya Jabar Tol selaku pemilik proyek yang telah memberi kesempatan kepada kami menyelesaikan Tugas Akhir.
12. Bapak/Ibu pimpinan PT Adhi Karya (Persero) Tbk selaku kontraktor pelaksana Proyek Jalan Tol Cisumdawu Seksi 5A (Sta 39+050 S/D Sta 46+500).
13. Fakrul Ash Shidig ST, selaku pembimbing lapangan selama melaksanakan dan menyelesaikan Tugas Akhir.
14. Furkon Nurrohim, selaku orang yang membantu, memfasilitasi sehingga terlaksananya Penelitian ini di PT Citra Karya Jabar Tol.
15. Seluruh rekan seangkatan yang selalu menyempatkan untuk membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
16. Orang tercinta yang selalu mendorong menyelesaikan tugas ini.

Saya menyadari sepenuhnya bahwa terdapat banyak kekurangan dalam penyusunan laporan ini. Untuk itu saya harapkan kritik dan saran yang membangun dari rekan mahasiswa khususnya dan para pembaca pada umumnya, agar dalam penyusunan laporan selanjutnya akan menjadi lebih baik. Harapan saya, semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan pembaca pada umumnya.

Bandung, Juli 2023

Emilda Juniar
2112191169

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN DAN PENGESAHAN	i
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Manfaat dan Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Lereng	4
2.1.1 Jenis Jenis Lereng	4
2.1.2 Faktor Penyebab Terbentuknya Lereng	5
2.1.3 Faktor Keamanan Lereng	5
2.2 Stabilitas Lereng	6
2.2.1 Faktor – Faktor Yang Mempengaruhi Kestabilan Lereng	9
2.2.2 Teori Analisis Stabilitas Lereng	12
2.3 Metode Perbaikan Tanah Berlereng Dengan Soil Nailing	14
2.3.1 Fungsi Soil Nailing	15
2.3.2 Kelebihan dan Kekurangan Metode Soil Nailing	15
2.3.3 Metode Atau Tata Cara Konstruksi Soil Nailing	15
2.4 Analisis Stabilitas Lereng Dengan Pemodelan Plaxis 2D	16
2.4.1 Langkah Awal Dalam Penggunaan Software Plaxis	16
2.4.2 Sub Program Software Plaxis	16
2.4.3 Program Masukan (Input)	17
2.4.4 Program Perhitungan (Calculations)	19
2.4.5 Program Keluaran (Output)	22
2.4.6 Program Kurva (Curve)	23

BAB III METODE PENELITIAN	24
3.1 Alur Program (Flow Chart)	24
3.2 Perumusan Masalah	26
3.3 Tinjauan Pustaka.....	26
3.4 Lokasi Penelitian	26
3.5 Pengumpulan Data.....	27
3.5.1 Data Tanah	27
3.5.2 Geometrik Lereng.....	27
3.5.3 Data Soil Nailing	27
3.6 Analisis.....	31
3.6.1 Analisis Stabilitas Lereng tanpa Perkuatan.....	32
3.6.2 Analisis Stabilitas Lereng dengan Perkuatan Soil Nailing	32
3.7 Saran dan Kesimpulan	36
DAFTAR PUSTAKA	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kelongsoran Lereng.....	6
Gambar 2.2 Analisis stabilitas lereng	14
Gambar 2.3 Struktur Penahan Tanah dan Stabilitas lereng(Mitchell, J.K dan Villet, W.C.B, 1987).....	14
Gambar 3.1 Alur penelitian (Flow Chart)	25
Gambar 3.2 Lokasi penelitian Proyek Jalan Tol Cileunyi–Sumedang–Dawuan .	26

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Longsor dapat terjadi pada hampir setiap kasus lereng alami atau lereng buatan secara pelan atau tiba-tiba dengan atau tanpa adanya tanda-tanda sebelumnya. Penyebab utama terjadinya keruntuhan lereng adalah meningkatnya tegangan geser, menurunnya kuat geser pada bidang longsor atau keduanya secara simultan. Proses terjadinya tanah longsor dapat diterangkan sebagai berikut: air yang meresap ke dalam tanah akan menambah bobot tanah. Jika air tersebut menembus sampai tanah kedap air yang berperan sebagai bidang gelincir, maka tanah menjadi licin dan tanah pelapukan di atasnya akan bergerak mengikuti lereng dan keluar lereng.

Kondisi topografi di Indonesia yang beragam menyebabkan terbentuknya lereng. Lereng dapat terbentuk karena adanya perbedaan elevasi antara satu tempat dengan tempat yang lain. Lereng memiliki permasalahan utama yaitu kelongsoran lereng. Kelongsoran pada lereng disebabkan oleh kandungan air tanah yang terlalu tinggi, jenis tanah penyusun lereng tersebut dan sudut kemiringan lereng yang curam yaitu 15° - 70° (Departemen Pekerjaan Umum, 2005).

Lereng adalah permukaan bumi/tanah yang membentuk sudut kemiringan tertentu dengan bidang horizontal. Lereng dapat terbentuk secara alamiah karena proses geologi atau karena dibuat (rekayasa) oleh manusia. Permukaan tanah yang tidak selalu membentuk bidang datar atau mempunyai perbedaan elevasi antara tempat yang satu dengan yang lain sehingga membentuk suatu lereng (slope). Perbedaan elevasi tersebut pada kondisi tertentu dapat menimbulkan kelongsoran lereng sehingga dibutuhkan suatu analisis stabilitas lereng. Analisis stabilitas lereng mempunyai peran yang sangat penting pada perencanaan konstruksi-konstruksi sipil. Kondisi tanah asli yang tidak selalu sesuai dengan perencanaan yang diinginkan misalnya lereng yang terlalu curam sehingga dilakukan pemotongan bukit atau kondisi lain yang membutuhkan timbunan dan lain sebagainya. Sehingga diperlukan analisis stabilitas lereng yang lebih akurat agar diperoleh konstruksi lereng yang mantap (sesuai dengan syarat keamanan).

1.2 Rumusan Masalah

Adapun maksud dan tujuan dari penelitian ini, antara lain:

1. Bagaimana tahapan analisis stabilitas lereng galian menggunakan pemodelan plaxis 2D ?
2. Bagaimana stabilitas lereng galian tanpa perkuatan pada proyek jalan tol cisumdawu ?
3. Bagaimana stabilitas lereng galian yang telah diberi perkuatan dengan soil nailing pada proyek jalan tol cisumdawu ?

1.3 Manfaat dan Tujuan Penelitian

Secara umum penelitian ini bertujuan untuk mempelajari analisis stabilitas lereng. Secara khusus penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mengetahui dan memahami tahapan analisis stabilitas lereng galian menggunakan pemodelan plaxis 2D
2. Menganalisis stabilitas lereng galian tanpa perkuatan pada proyek jalan tol cisumdawu.
3. Menganalisis stabilitas lereng galian yang telah diberi perkuatan dengan soil nailing pada proyek jalan tol cisumdawu.

1.4 Batasan Masalah

Pada penelitian ini, asumsi-asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui faktor keamanan stabilitas lereng galian.
2. Analisis stabilitas lereng yang dilakukan hanya dengan pemodelan Plaxis 2D
3. Data tanah yang digunakan yaitu dari penyelidikan tanah pada proyek pembangunan Jalan Tol CISUMDAWU di STA 40+825.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab 1 membahas mengenai latar belakang yang menjadi dasar penyusunan Tugas Akhir, rumusan masalah, manfaat dan tujuan dilakukannya penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan yang digunakan dalam penyusunan laporan.

BAB 2 KAJIAN PUSTAKA

Bab 2 membahas mengenai tanah longsor, teori mengenai stabilitas lereng, dan metode perbaikan tanah berlereng menggunakan soil nailing. Analisis stabilitas lereng menggunakan PLAXIS serta beberapa hasil penelitian terdahulu terkait masalah diambil juga akan dibahas pada bab ini.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Bab 3 membahas mengenai tahapan pelaksanaan penelitian dan metode penelitian yang akan digunakan beserta sumber data yang digunakan dan hasil yang hendak diperoleh dari penelitian.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Lereng

Lereng adalah permukaan bumi/tanah yang membentuk sudut kemiringan tertentu dengan bidang horisontal. Lereng yang ada secara umum dibagi menjadi dua kategori lereng tanah, yaitu lereng alami dan lereng buatan. Lereng alami terbentuk secara alamiah yang biasanya terdapat di daerah perbukitan. Sedangkan lereng buatan terbentuk oleh manusia biasanya untuk keperluan konstruksi, seperti tanggul sungai, bendungan tanah, tanggul untuk badan jalan kereta api. Lereng alami maupun buatan masih dibagi lagi dalam dua jenis (Soepandji, 1995), yaitu :

1. lereng dengan panjang tak hingga (*infinite slopes*),
2. lereng dengan panjang hingga (*finite slopes*).

Keruntuhan pada lereng bisa terjadi akibat gaya dorong yang timbul karena beban pada tanah. Lereng secara alami memiliki kekuatan geser tanah dan akar tumbuhan yang digunakan sebagai gaya penahan. Apabila gaya penahan lebih kecil dibandingkan gaya pendorong maka akan timbul keruntuhan pada lereng.

2.1.1 Jenis Jenis Lereng

Ada enam tipe lereng dan ciri garis konturnya, yakni sebagai berikut :

1. Lereng terjal, dicirikan dengan jarak garis kontur yang rapat.
2. Lereng sedang atau landai, dicirikan dengan jarak garis kontur yang renggang.
3. Lereng cekung, dicirikan dengan semakin tinggi tempat, jarak kontur semakin berkurang.
4. Lereng cembung, dicirikan dengan kontur yang semakin tinggi tempat, jarak kontur semakin renggang.
5. Lereng seragam, dicirikan dengan jarak antar kontur tetap.
6. Lereng berombak, dicirikan dengan kontur yang secara periodik jaraknya berdekatan

2.1.2 Faktor Penyebab Terbentuknya Lereng

Lereng yang terjal terbentuk karena pengikisan air sungai, mata air, air laut, dan angin. Kebanyakan sudut lereng yang menyebabkan longsor adalah 180 apabila ujung lerengnya terjal dan bidang longsorannya mendatar.

2.1.3 Faktor Keamanan Lereng

Menurut Mohr-Coulomb, faktor keamanan lereng adalah perbandingan antara gaya penahan gaya pendorong. Lereng dikatakan longsor, jika gaya pendorong lebih tinggi dibandingkan dengan nilai gaya penahan. Dalam menentukan kestabilan lereng, dikenal istilah Faktor Keamanan (Safety Factor), yang merupakan perbandingan antara gaya-gaya yang menahan, terhadap gaya-gaya yang menggerakkan tanah tersebut. Bila Faktor Keamanan lebih tinggi dari satu, umumnya lereng tersebut dianggap stabil.

Secara sistematis faktor keamanan suatu lereng dapat ditulis dengan rumus sebagai berikut: Dengan ketentuan, jika: $FK > 1,0$: Lereng dalam kondisi stabil. $FK < 1,0$: Lereng tidak stabil. $FK = 1,0$: Lereng dalam kondisi kritis.

Kriteria faktor keamanan untuk lereng galian maupun timbunan mengacu pada tabel di bawah ini, yang diadopsi dari Konsensus TPKB DKI Jakarta (1999) sebagai berikut.

Tabel 2.1 Faktor keamanan minimum untuk lereng galian dan timbunan

No	Kondisi Lingkungan	Keandalan Parameter Tanah			
		Kurang		Cukup	
		Temporary	Permanen	Temporary	Permanen
1	Tidak ada hunian manusia dan bangunan	1.30	1.50	1.25	1.30
2	Banyak hunian manusia dan bangunan	1.50	2.00	1.30	1.50

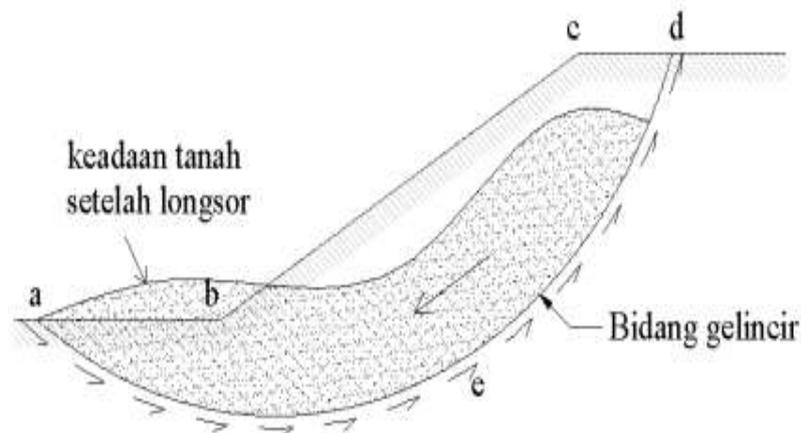
Untuk perencanaan jalan tol Cisumdawu akan digunakan kategori yang kedua (banyak hunian manusia dan bangunan) walaupun sebenarnya tidak ada bangunan dan hunian manusia di jalan tol. Hal ini dilakukan mengingat pentingnya infrastruktur jalan tersebut. Sementara untuk keandalan parameter tanah dikategorikan cukup karena sudah dilakukan program investigasi penyelidikan tanah secara lengkap dan menyeluruh pada berbagai titik di sepanjang rencana rute jalan. Dengan demikian maka kriteria faktor keamanan minimum yang digunakan untuk stabilitas timbunan dan galian adalah sebagai berikut:

- Kondisi stabilitas saat operasional : $FK \text{ min} = 1.50$

- Kondisi kegempaan dengan $k_h = 0.5 \text{ PGA} : FK \text{ min} = 1.10$
- Kondisi kegempaan dengan $k_h = 1.0 \text{ PGA} : FK \text{ min} \geq 1.00$

2.2 Stabilitas Lereng

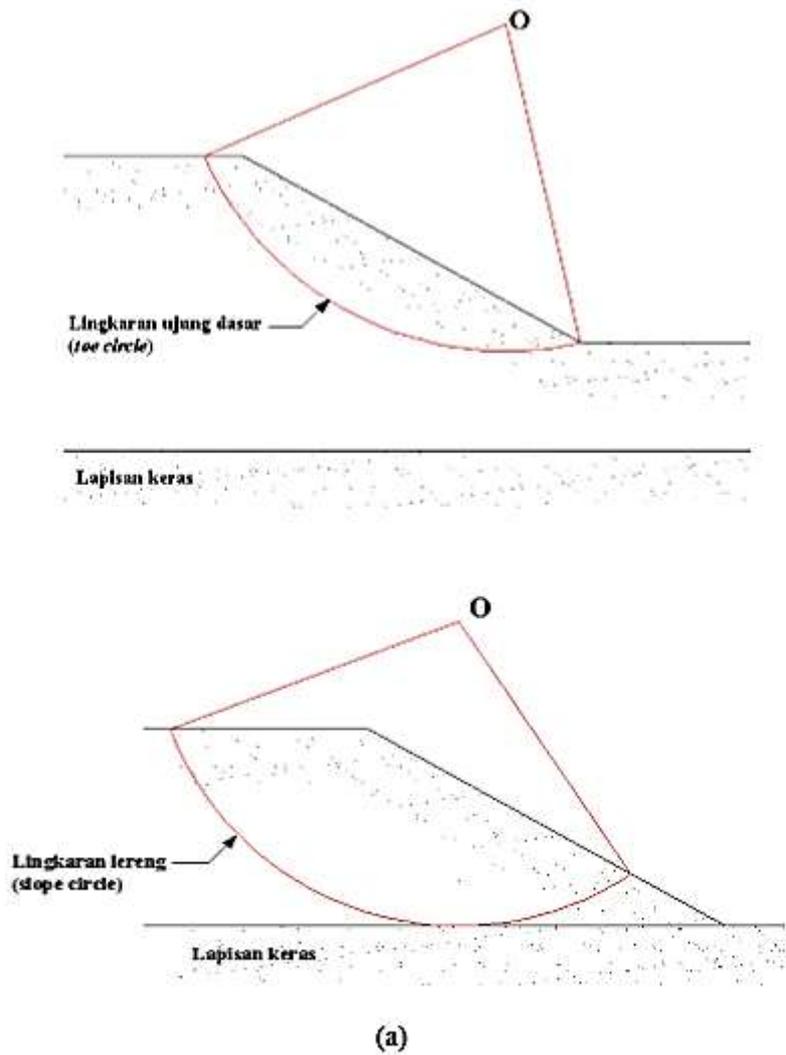
Suatu permukaan tanah yang miring yang membentuk sudut tertentu terhadap bidang horisontal disebut sebagai lereng (slope). Lereng dapat terjadi secara alamiah atau dibentuk oleh manusia dengan tujuan tertentu. Jika permukaan membentuk suatu kemiringan maka komponen massa tanah di atas bidang gelincir cenderung akan bergerak ke arah bawah akibat gravitasi. Jika komponen gaya berat yang terjadi cukup besar, dapat mengakibatkan longsor pada lereng tersebut. Kondisi ini dapat dicegah jika gaya dorong (driving force) tidak melampaui gaya perlawanan yang berasal dari kekuatan geser tanah sepanjang bidang longsor seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.1.



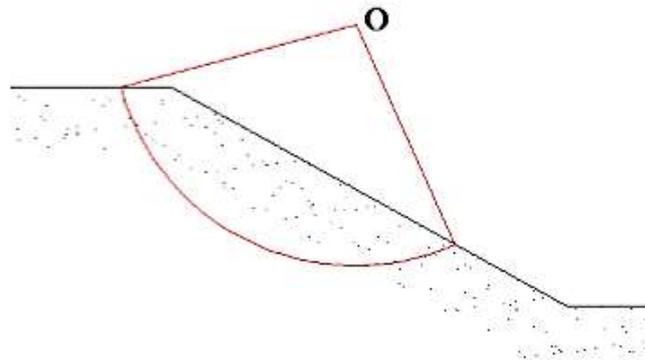
Gambar 2.1 Kelongsoran Lereng

Bidang gelincir dapat terbentuk dimana saja di daerah-daerah yang lemah. Jika longsor terjadi dimana permukaan bidang gelincir memotong lereng pada dasar atau di atas ujung dasar dinamakan longsor lereng (*slope failure*) seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.2. Lengkung kelongsoran disebut sebagai lingkaran ujung dasar (*toe circle*), jika bidang gelincir tadi melalui ujung dasar maka disebut lingkaran lereng (*slope circle*). Pada kondisi tertentu terjadi kelongsoran dangkal (*shallow slope failure*) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.3. Jika longsor terjadi dimana permukaan bidang gelincir berada agak jauh di bawah ujung dasar

dinamakan longsor dasar (*base failure*) seperti pada Gambar 2.4. Lengkung kelongsorannya dinamakan lingkaran titik tengah (*midpoint circle*) (Braja M. Das, 2002). Proses menghitung dan membandingkan tegangan geser yang terbentuk sepanjang permukaan longsor yang paling mungkin dengan kekuatan geser dari tanah yang bersangkutan dinamakan dengan Analisis Stabilitas Lereng (*Slope Stability Analysis*).

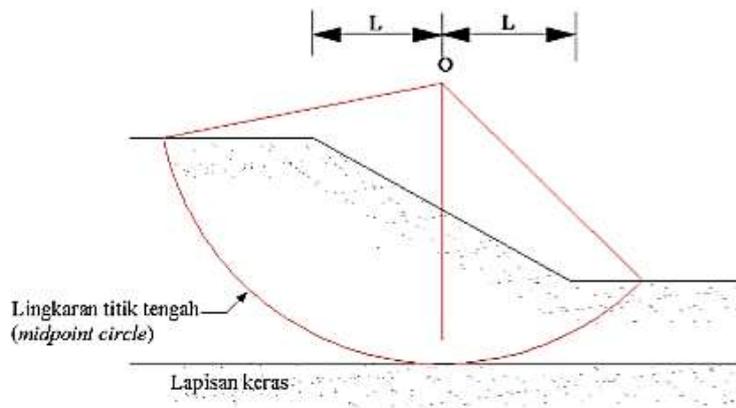


Gambar 2.2 longsor lereng (slope failure)



(b)

Gambar 2.3 kelongsoran dangkal (shallow slope failure)



(c)

Gambar 2.4 longsor dasar (base failure)

Maksud analisis stabilitas lereng adalah untuk menentukan faktor aman dari bidang longsor. Faktor aman didefinisikan sebagai nilai banding antara gaya yang menahan dan gaya yang menggerakkan atau,

$$F = \frac{\tau}{\tau_d}$$

dengan ;

τ = tahanan geser maksimum yang dapat dikerahkan oleh tanah

τ_d = tegangan geser yang terjadi akibat gaya berat tanah yang akan longsor

F = faktor aman.

Mohr – Coulomb, tahanan geser (τ) yang dapat dikerahkan tanah sepanjang bidang longsonya dinyatakan :

$$\tau = c + \sigma \operatorname{tg} \varphi$$

Dimana nilai c dan φ adalah parameter kuat geser tanah disepanjang bidang longsornya. Persamaan geser yang terjadi akibat beban tanah dan beban lain pada bidang longsornya ;

$$\tau_d = c_d + \sigma \operatorname{tg} \varphi_d$$

Dengan c_d dan φ_d adalah kohesi dan sudut gesek dalam yang terjadi atau yang dibutuhkan untuk keseimbangan pada bidang longsornya. Sehingga persamaan menjadi ;

$$F = \frac{c + \sigma \operatorname{tg} \varphi}{c_d + \sigma \operatorname{tg} \varphi_d}$$

atau

$$c_d + \sigma \operatorname{tg} \varphi_d = \frac{c}{F} + \sigma \frac{\operatorname{tg} \varphi}{F}$$

dengan :

$$F_c = \frac{c}{c_d}$$

$$F_\varphi = \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\operatorname{tg} \varphi_d}$$

2.2.1 Faktor – Faktor Yang Mempengaruhi Kestabilan Lereng

Umumnya stabil atau tidaknya suatu lereng tergantung dari beberapa faktor, antara lain:

1. Geometri Lereng

Geometri lereng meliputi bentukan lereng, baik tinggi lereng dan besar sudut lereng. Kemiringan dan tinggi suatu lereng sangat mempengaruhi kestabilannya.

Semakin besar kemiringan dan ketinggian suatu lereng, maka kestabilan semakin berkurang.

2. Struktur Batuan

Struktur batuan yang sangat mempengaruhi kestabilan lereng adalah bidang-bidang sesar, perlapisan dan rekahan. Struktur batuan tersebut merupakan bidang-bidang lemah (diskontinuitas) dan sekaligus sebagai tempat merembesnya air, sehingga batuan lebih mudah longsor. Jika orientasi umum bidang-bidang lemah tersebut searah dengan arah lereng dan kemiringan bidang lemah lebih landai dari kemiringan bidang lereng. Maka struktur tersebut mempunyai pengaruh langsung yang lebih besar terhadap stabilitas lereng, sebaliknya jika arah dan kemiringan bidang lereng berlawanan maka struktur bidang lemah tersebut mempunyai pengaruh langsung yang lebih kecil terhadap stabilitas lereng. Struktur geologi mempunyai kemantapan lereng adalah adanya bidang ketidakmenerusan. Hal yang paling penting dalam bidang ketidakmenerusan adalah adanya pengaruh tekanan air yang berbeda pada saat rekahan ditarik. Selain adanya rembesan air pada bidang ketidakmenerusan tersebut, rekahan tarik juga akan terisi oleh material pengisi yang dapat memisahkan dua sisi batuan, batuan tersebut akan memiliki kuat geser yang kecil untuk menahan potensi longsoran. Kondisi bidang lemah dan penyebaran perlu diketahui untuk menentukan arah dan jenis longsoran yang terjadi pada massa batuan tersebut. Bila jenis longsoran diketahui, maka lebih mudah untuk menentukan geometri yang mantap dengan melakukan analisa kestabilan lereng.

3. Kandungan Air Tanah

Kandungan air tanah sebagai moisture tanah pada lereng yang bersangkutan akan memberikan tambahan beban yang besar pada lereng. Selain itu juga, kondisi material yang jenuh dengan air tanah akan mengalami penurunan kekuatan geser akibat adanya tekanan air pori di dalam tubuh material tersebut. Penambahan air tanah pada pori-pori tanah atau batuan akan memperbesar beban dan pada akhirnya menimbulkan gaya penggerak yang dapat mengakibatkan terjadinya longsor. Kondisi air tanah yang dimaksud disini

adalah ketinggian level air tanah yang berada di bawah permukaan lereng. Pengaruh air tanah terhadap kestabilan lereng yaitu adanya tekanan ke atas dari air pada bidang – bidang lemah yang secara efektif mengurangi kekuatan geser dan mempercepat proses pelapukan dari batuan.

4. Berat Beban Yang Ditanggung Oleh Lereng

Pada suatu lereng yang menanggung beban massa, semakin berat beban yang ditanggung lereng maka semakin besar potensi lereng untuk mengalami pergerakan. (Bowles, 1989)

5. Sifat Fisik dan Sifat Mekanik Batuan

a. Sifat Fisik Batuan

Sifat fisik batuan terdiri dari:

- Bobot isi asli (natural density)
- Bobot isi kering (dry density)
- Bobot isi (saturated density)
- Berat Jenis Semu (apparent specific gravity)
- Berat jenis sejati (true specific gravity)
- Kadar air asli (natural water content)
- Saturated water content (absorption)
- Derajat Kejenuhan
- Porositas
- Void Ratio

b. Uji Sifat Mekanik

Uji Kuat Tekan (Unconfined Compression Strength/UCS), Data hasil pengujian kuat tekan, dapat digambarkan kurva tegangan – regangan (stress – strain) untuk tiap percontoh batuan. Kemudian dari kurva ini dapat ditentukan sifat mekanik batuan:

- Kuat tekan (σ_c)
- Batas elastik (σ_E)
- Modulus young
- Poisson's ratio

c. Uji Triaksial

Salah satu uji yang terpenting di dalam mekanika batuan, untuk menentukan kekuatan batuan dibawah tiga komponen tegangan adalah uji triaksial. Contoh yang digunakan berbentuk silinder dengan syarat – syarat sama pada uji kuat tekan:

Dari hasil uji triaksial dapat ditemukan:

- Strength envelope (kurva intrinsic)
- Kuat geser (shear strength)
- Sudut geser dalam (Φ)
- Kohesi (C)

d. Uji Geser Langsung

Uji ini digunakan untuk mengetahui kuat geser batuan pada tegangan normal tertentu. Dari hasil uji dapat ditentukan:

- Garis coulomb's shear strength
- Kuat geser (shear strength)
- Sudut geser dalam (Φ)
- Kohesi (C)

6. Gaya Dari Luar

Gaya – gaya dari luar yang dapat mempengaruhi (mengurangi) kestabilan suatu lereng adalah:

- a. Getaran yang diakibatkan oleh gempa.
- b. Peledakan di dekat lereng.
- c. Pemakaian alat – alat mekanis yang berat. (Bowles, 1989)

2.2.2 Teori Analisis Stabilitas Lereng

Kemantapan lereng (*Slope Stability*) sangat dipengaruhi oleh kekuatan geser tanah untuk menentukan kemampuan tanah menahan tekanan tanah terhadap keruntuhan. Analisis stabilitas lereng didasarkan pada konsep keseimbangan batas plastis (*limit plastic equilibrium*). Adapun maksud analisis stabilitas lereng adalah untuk menentukan faktor aman dari bidang longsor yang potensial.

Bentuk umum untuk perhitungan stabilitas lereng adalah dengan mencari nilai angka aman (F) dengan membandingkan momen-momen yang terjadi akibat gaya yang bekerja.

$$F = \frac{\text{Momen Penahan}}{\text{Momen Penggerak}} = \frac{R_c \cdot L_{AC}}{W \cdot y}$$

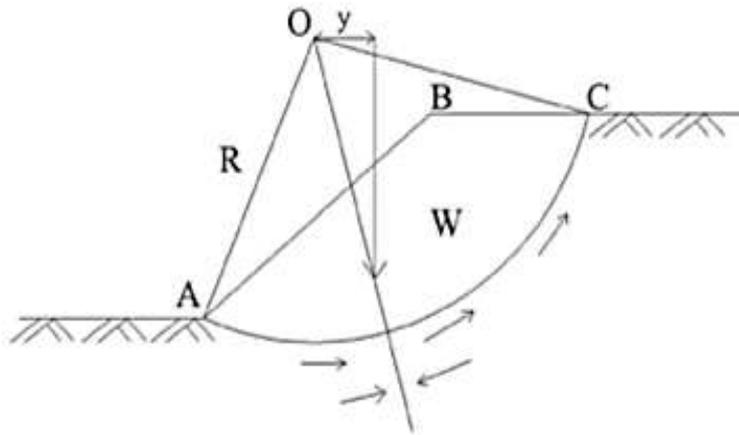
dengan:

- F = Faktor Keamanan
- W = Berat tanah yang akan longsor (kN)
- L_{AC} = Panjang Lengkungan (m)
- c = Kohesi (kN/m²)
- R = Jari-jari bidang longsor yang ditinjau (m)
- y = Jarak pusat berat W terhadap O (m)

Adapun angka keamanan untuk stabilitas lereng:

- F < 1,5, lereng tidak stabil
- F = 1,5, lereng dalam keadaan kritis. Artinya dengan sedikit tambahan momen penggerak maka lereng menjadi tidak stabil.
- F > 1,5, lereng stabil.

Angka keamanan lereng dapat diperoleh dengan melakukan “Trial Error” terhadap beberapa bidang longsor yang umumnya berupa busur lingkaran dan kemudian diambil nilai F minimum sebagai indikasi bidang longsor kritis. Analisis stabilitas lereng dapat dilihat pada Gambar

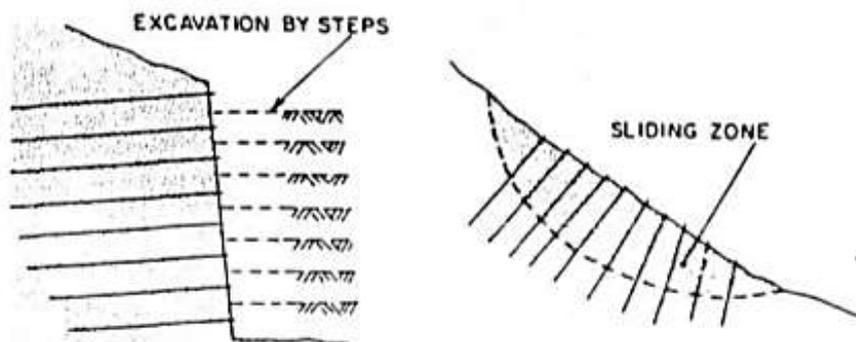


Gambar 2.5 Analisis stabilitas lereng

2.3 Metode Perbaikan Tanah Berlereng Dengan Soil Nailing

Analisis stabilitas lereng dilakukan untuk mengecek keamanan dari suatu lereng. Usaha peningkatan stabilitas lereng ada beberapa cara, salah satu diantaranya adalah perkuatan lereng dengan soil nailing.

Soil nailing adalah perkuatan tanah dengan cara memberi tanah paku-paku dengan panjang tertentu yang berjarak rapat. Hal ini mengakibatkan terbentuknya struktur gravitasi koheren yang menimbulkan efek naiknya shear strength tanah secara keseluruhan dan menahan kemungkinan gejala pergerakan tanah (displacement). Jadi prinsip soil nailing menyatukan massa tanah di suatu bagian tanah yang kurang stabil, sebagai penahan dinding pada penggalian serta sebagai penambah stabilitas lereng.



Gambar 2.6 Struktur Penahan Tanah dan Stabilitas lereng (Mitchell, J.K dan Villet, W.C.B, 1987)

2.3.1 Fungsi Soil Nailing

Secara umum berfungsi sebagai perbaikan pada lereng tanah alami yang tidak stabil. Untuk kondisi tertentu, metode ini menawarkan alternatif dari sudut pandang kelayakan teknis, biaya konstruksi, dan durasi konstruksi.

2.3.2 Kelebihan dan Kekurangan Metode Soil Nailing

Kelebihan dari metode Soil Nailing diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Peralatan konstruksi mudah dipindahkan dan dapat digunakan pada lokasi sempit.
2. Teknik konstruksi fleksibel, mudah dimodifikasi.
3. Tidak menimbulkan kebisingan.
4. Gangguan dapat diminimalisir pada bangunan di sekitarnya.
5. Volume baja yang digunakan lebih sedikit.
6. Luas area kerja lebih sedikit.
7. Dinding dengan metode ini relatif lebih fleksibel terhadap penurunan.

Kekurangan dari Metode Soil nailing diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Metode soil nailing tidak dapat digunakan untuk tanah jenuh air.
2. Tidak cocok digunakan untuk tanah dengan gaya geser yang sangat rendah, tidak juga pada pasir dan kerikil yang kohesinya buruk.
3. Lereng tanah harus dapat mempertahankan bentuknya tanpa bantuan konstruksi penahan lain, pada saat proses “nailing” berlangsung dan sebelum shotcrete diaplikasikan. Drainase baik adalah hal yang penting, terutama untuk struktur yang permanen.

2.3.3 Metode Atau Tata Cara Konstruksi Soil Nailing

1. Pengeboran

dilaksanakan dengan sudut 15-20 derajat arah horizontal dengan sistem wash b

2. Flushing

Lubang bor dibersihkan dari kotoran seperti debu / lumpur. Flushing umumnya dilakukan menggunakan tekanan air atau angin.

3. Pemasangan Deformed Bar (Besi Beton Ulir)

Diletakkan pada tengah tengah lubang dengan bantuan cetralizer atau penengah.

4. Grouting

Campuran air dan semen dimasukkan ke dalam lubang bor, dengan mutu yang disyaratkan adalah K-255. oring. Kedalaman bor bisa mencapai 12 m.

5. Finishing

Tahap akhir umumnya berupa pemasangan plat penguat dan pengencangan baut pada ujung deformed bar.

2.4 Analisis Stabilitas Lereng Dengan Pemodelan Plaxis 2D

Plaxis 2D adalah program elemen hingga dua-dimensi, yang dikembangkan untuk analisis deformasi, stabilitas dan aliran air tanah dalam rekayasa geoteknik.

2.4.1 Langkah Awal Dalam Penggunaan Software Plaxis

Adapun persiapan langkah awal yang harus dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Analisa plastis awal, di mana direncanakan sesuai dengan muka air tanah pada kondisi awal dengan segala beban tanah dalam kondisi eksisting
2. Analisa konsolidasi awal, sama seperti input di Langkah 1 hanya ditambahkan input waktu selama 120 hari.
3. Analisa plastis kedua, yaitu perencanaan dengan menambahkan beban bangunan yang direncanakan selain bangunan eksisting
4. Analisa konsolidasi kedua, dengan mengubah tekanan air pori menjadi 1 kN/m².
5. Perhitungan factor keamanan (SF).
6. Penentuan titik titik yang dituju pada curve area

2.4.2 Sub Program Software Plaxis

Plaxis 2D adalah bagian dari rangkaian produk-produk PLAXIS, paket program elemen hingga yang digunakan di seluruh dunia untuk desain dan rekayasa geoteknik. Kondisi sesungguhnya dapat dimodelkan dalam regangan bidang maupun secara axisymetris. Program ini menerapkan metode antarmuka grafis yang mudah digunakan sehingga pengguna dapat dengan cepat membuat model geometri dan jaring elemen berdasarkan penampang melintang dari kondisi yang ingin

dianalisis. Program ini terdiri dari empat buah sub-program yaitu masukan, perhitungan, keluaran, dan kurva.

2.4.3 Program Masukan (Input)

Sub program ini memuat submenu yang meliputi hampir seluruh pilihan untuk pengaturan berkas, melakukan transfer data, menampilkan grafik, membuat model geometri, membentuk jaring elemen hingga dan memasukkan data secara umum. Program Masukan terdiri dari submenu File, Edit, View, Geometry, Loads, Materials, Mesh, Initial dan Help.

Adapun beberapa hal yang harus diperhatikan pada saat bekerja pada Sub Program Masukan (Input) adalah sebagai berikut :

1. Pengaturan umum (*General Settings*)

Pada menu ini pengguna dapat memilih jenis elemen segitiga dengan 6 titik nodal atau 15 titik nodal untuk memodelkan lapisan tanah dan klaster volumetrik lainnya. Disamping itu pengguna juga dapat memilih jenis model plane strain yang digunakan untuk model geometri dengan penampang melintang yang kurang lebih seragam atau *axysimmetry* yang digunakan untuk struktur berbentuk lingkaran.

2. Geometri

Pembuatan sebuah model elemen hingga dimulai dengan pembuatan geometri model, yang merupakan representasi dari masalah yang ingin dianalisis. Sebuah model geometri terdiri dari titik-titik, garis-garis dan klaster-klaster. Titik dan garis dimasukkan oleh pengguna, sedangkan klaster dibentuk oleh program.

3. Data material (material sets)

Basis data material dapat diaktifkan dengan memilihnya dari submenu Materials atau mengklik tombol Materials pada toolbar. Untuk memulai proses masukan data material, klik tombol New pada layar Material sets lalu layar baru akan muncul selanjutnya pengguna dapat melakukan input Material models, Material type, γ_{sat} , γ_{unsat} dan parameter-parameter tanah yang terdiri dari Modulus Young (E), angka Poisson (ν), kohesi (c), sudut geser (ϕ) dan sudut dilatasi (ψ).

4. Penyusunan Jaring Elemen

Setelah model geometri didefinisikan secara lengkap dan sifat material telah diaplikasikan keseluruh cluster dan objek struktural, maka geometri harus dibagi menjadi elemenelemen untuk melakukan perhitungan elemen hingga. Komposisi dari elemen ini disebut sebagai jaring elemen hingga.

5. Kondisi Awal

Setelah model geometri terbentuk dan jaring elemen hingga telah selesai disusun, maka tegangan awal dan konfigurasi awal harus ditentukan terlebih dahulu. Hal ini dapat dilakukan dalam modus penentuan kondisi awal dari program masukan. Kondisi awal terdiri dari dua buah modus yaitu modus untuk menghitung tekanan air dan modus untuk spesifikasi dari konfigurasi geometri awal. Berpindah dari satu modus ke modus lain dilakukan dengan menekan tombol “switch” pada toolbar.

6. Berat Isi Air

Pada proyek yang melibatkan tekanan air pori, masukan berupa berat isi air diperlukan untuk membedakan antara tegangan efektif dan tekanan air pori. Saat memasuki modus tekanan air untuk pertama kali, sebuah jendela akan muncul dimana berat isi air dapat dimasukkan. Secara pra-pilih berat isi air adalah $9,8 \text{ kN/m}^3$ atau $0,062 \text{ klb/ft}^3$.

7. Garis Freatik

Tekanan air pori dan tekanan air eksternal dapat dibentuk berdasarkan garis freatik. Sebuah garis freatik merupakan kumpulan beberapa titik dimana tekanan air adalah nol. Dengan menggunakan masukan berupa garis freatik, tekanan air akan meningkat secara linier terhadap kedalaman sesuai dengan berat isi air yang dimasukkan.

8. Perhitungan tekanan air

Setelah memasukkan garis freatik yaitu kondisi untuk perhitungan aliran air dalam tanah, tekanan air sekarang dapat dibentuk dengan mengklik tombol Generate water pressure pada toolbar (tombol dengan tanda + berwarna biru). Sebuah jendela akan muncul dimana ada dua pilihan perhitungan yaitu tekanan

air akan dibetuk berdasarkan garis freatik atau berdasarkan perhitungan aliran air dalam tanah.

Pilihan pertama merupakan pilihan yang mudah dan cepat sedangkan pilihan kedua lebih realistis tetapi membutuhkan beberapa parameter masukan tambahan serta membutuhkan waktu yang lebih lama.

9. Konfigurasi geometri Awal

Untuk melanjutkan ke modus konfigurasi geometri dari modus tekanan air klik tombol sebelah kanan dari “switch” pada toolbar. Modus konfigurasi geometri digunakan untuk mengatur konfigurasi geometri awal dan memungkinkan pengguna untuk menonaktifkan klaster-klaster pada geometri yang tidak aktif pada situasi awal. Selain itu regangan awal dapat dibentuk dengan menggunakan prosedur Ko (tombol + merah pada toolbar).

2.4.4 Program Perhitungan (*Calculations*)

Setelah penyusunan model elemen hingga, perhitungan elemen hingga dapat dilakukan. Karena itu, perlu untuk mendefinisikan jenis perhitungan yang akan dilakukan dan jenis pembebanan atau tahapan konstruksi mana saja yang akan diaktifkan dalam perhitungan. Adapun beberapa hal yang perlu diperhatikan pada saat bekerja pada sub program perhitungan (Calculate) adalah sebagai berikut :

1. Pengaturan Perhitungan Umum

Lembar tab General digunakan untuk mendefinisikan pengaturan pada tahapan perhitungan tertentu secara umum. Adapun sub menu yang perlu diperhatikan pada lembar general adalah sebagai berikut :

a. Phase

Pilihan pada kotak Phase dapat digunakan untuk memberikan identifikasi pada tahapan perhitungan dan yang terpenting adalah untuk menentukan urutan tahapan perhitungan dengan memilih tahapan perhitungan yang digunakan sebagai awal perhitungan dari perhitungan saat ini.

b. Log info and comments

Kotak Log info menampilkan pesan-pesan yang dibentuk selama perhitungan elemen hingga berlangsung dan memberikan informasi mengenai perhitungan yang telah dilakukan. Kotak Comment digunakan untuk

menyimpan informasi maupun informasi yang berhubungan dengan tahap perhitungan yang bersangkutan.

c. Calculation type

Pilihan yang digunakan untuk menentukan jenis perhitungan yang digunakan. Untuk menentukan jenis perhitungan, pengguna dapat melakukan pengaturan pada Calculation type yang terletak pada sudut kanan atas dalam lembar tab General. Jenis perhitungan dibedakan menjadi 4 jenis perhitungan utama yaitu :

➤ Perhitungan Plastik (*Plastic Calculation*)

Jenis perhitungan ini digunakan untuk melakukan analisis deformasi elastis-plastis dimana tidak diperlukan keikutsertaan proses berkurangnya tekanan air pori berlebih terhadap waktu dalam perhitungan.

➤ Analisa konsolidasi (*Consolidation Analysis*)

Analisa Konsolidasi dipilih jika diperlukan untuk menganalisis pembentukan tekanan air pori berlebih dalam tanah lempung yang jenuh air sebagai fungsi terhadap waktu. Analisis konsolidasi yang bersifat sepenuhnya elastis-plastis dapat dilakukan dalam PLAXIS.

➤ Reduksi phi-c (*phi-c reduction* / analisis keamanan)

Suatu analisis keamanan dalam PLAXIS dapat dilakukan dengan mereduksi parameter kekuatan dari tanah. Jenis perhitungan ini dapat dipilih jika diinginkan untuk menghitung faktor keamanan global untuk situasi tertentu.

➤ Analisis jaring elemen yang diperbaharui (*Update Mesh analysis*)

Ketiga jenis perhitungan sebelumnya dapat dilakukan secara opsional sebagai Update Mesh analysis yaitu dengan mengikutsetakan efek deformasi yang besar dalam perhitungan. Jenis perhitungan ini dapat dipilih dengan meng-klik tombol Advance pada kotak calculation type group pada lembar tab General.

2. Parameter pengatur Perhitungan

Lembar tab Parameter digunakan untuk mendefinisikan parameter pengatur pada tahapan perhitungan tertentu serta prosedur penyelesaiannya. Lembar tab Parameter memuat diantaranya :

a. *Additional Steps*

Parameter ini menyatakan jumlah langkah maksimum yang dikehendaki dari langkah perhitungan. Angka ini dapat diubah dari 1 hingga 1000.

b. *Reset displacement to zero*

Pilihan ini dapat digunakan untuk mengabaikan perpindahan yang tidak relevan dari langkah perhitungan sebelumnya sehingga perhitungan yang baru dimulai dari kondisi perpindahan nol.

c. *Ignore undrained behavior*

Pilihan ini digunakan untuk mengabaikan sementara efek perilaku tak terdrainase dalam situasi dimana dalam kumpulan data material yang digunakan pada Material type diatur ke Undrained. Seluruh klaster yang tak terdrainase untuk sementara waktu akan menjadi terdrainase.

d. *Delete intermediate steps*

Dengan pilihan ini maka seluruh langkah keluaran dalam tahapan perhitungan (kecuali satu langkah terakhir) akan dihapus setelah tahapan perhitungann tersebut berhasil diselesaikan.

3. Faktor Pengali Beban (Load Multipliers)

Dalam analisis deformasi, perlu untuk mengatur besarnya seluruh jenis pembebanan. Pada umumnya, beban akan diaktifkan dalam lingkup tahapan konstruksi dengan memberikan nilai masukan yang diinginkan. Menu ini dapat diakses pada lembar tab Multipliers.

4. Pemilihan titik untuk kurva

Setelah tahapan perhitungan selesai didefinisikan dan sebelum proses perhitungan dimulai, beberapa titik dapat dipilih oleh pengguna untuk penggambaran kurva beban-perpindahan maupun penggambaran lintasan tegangan. Proses ini dapat dilakukan dengan memilih tombol pada toolbar.

5. Memulai proses perhitungan

Proses perhitungan dapat dimulai dengan menekan tombol Calculate pada toolbar. Tombol tersebut akan terlihat jika pilihan berada pada suatu tahapan yang telah dipilih untuk dieksekusi dan diindikasikan dengan anak panah berwarna hijau. Setelah proses perhitungan diselesaikan, daftar perhitungan akan diperbaharui. Tahapan perhitungan yang telah berhasil diselesaikan tandai oleh 'tick mark' berwarna hijau (\checkmark), sedangkan tahapan yang tidak berhasil diselesaikan diindikasikan oleh tanda silang berwarna merah (x).

2.4.5 Program Keluaran (*Output*)

Yang harus diperhatikan pada Sub Program Keluaran (Output) yaitu :

1) Memilih langkah keluaran

Keluaran dapat dipilih dengan mengklik tombol open file pada toolbar atau dengan memilih open dari menu file. Jendela permintaan berkas akan muncul dimana berkas proyek PLAXIS (*.PLX) dapat dipilih. Setelah pengguna memilih proyek tertentu, permintaan berkas akan menampilkan daftar tahapan perhitungan dari proyek yang dipilih dimana pemilihan lebih lanjut dapat dilakukan. Setelah memilih tahapan perhitungan tertentu, sebuah jendela keluaran baru akan muncul dan menampilkan hasil dari langkah perhitungan final.

2) Tabel Keluaran

Untuk seluruh jenis tampilan, data numerik dapat ditampilkan juga dalam bentuk tabel dengan mengklik tombol table pada toolbar. Tabel dapat ditampilkan sesuai kebutuhan dengan mengklik submenu pada beberapa menu utama (deformations, stresses dan geometry). Jenis tabel tersebut terdiri dari :

a. Tabel perpindahan (*tables of displacements*)

Merupakan tabel perpindahan aktif yang dituliskan dalam simbol (Δ_{ux} dan Δ_{uy}). Tabel ini dapat diakses dengan memilih menu Deformations.

b. Tabel Tegangan dan Regangan (*tables of stresses and strains*)

Pada saat melihat tabel stresses atau strains dalam elemen tanah, tabel akan menunjukkan komponen-komponen Cartesius pada seluruh titik tegangan. Perhatikan bahwa tegangan tekan dianggap bernilai negatif. Kolom status pada tabel tegangan menunjukkan apakah suatu titik tegangan

merupakan titik Elastis (*Elastic*), titik Plastis (*Plastic*), titik Tarik (*Tension*), titik Puncak (*Apex*), titik Hardening atau titik Cap (titik tegangan dimana kondisi tegangan adalah sama dengan tekanan prakonsolidasi yaitu tingkat tegangan tertinggi yang pernah terjadi sebelumnya).

c. Tabel titik nodal dan titik tegangan (*tables of nodes and stress points*)

Menu ini memuat pilihan-pilihan untuk menampilkan posisi dan penomoran dari titik nodal dan titik tegangan. Pilihan Element stress points juga menunjukkan modulus kekakuan elastis aktual (E), kohesi aktual (c) dan rasio konsolidasi berlebih (OCR).

d. Tegangan dan gaya dalam interface dan struktur

Saat menampilkan tabel *interface stresses tabel* akan menunjukkan tegangan normal efektif (σ'_{n}), tegangan geser (τ), tekanan air pori aktif (*Pactive*) dan tekanan air pori berlebih (*Pexcess*) pada seluruh titik tegangan interface.

2.4.6 Program Kurva (Curve)

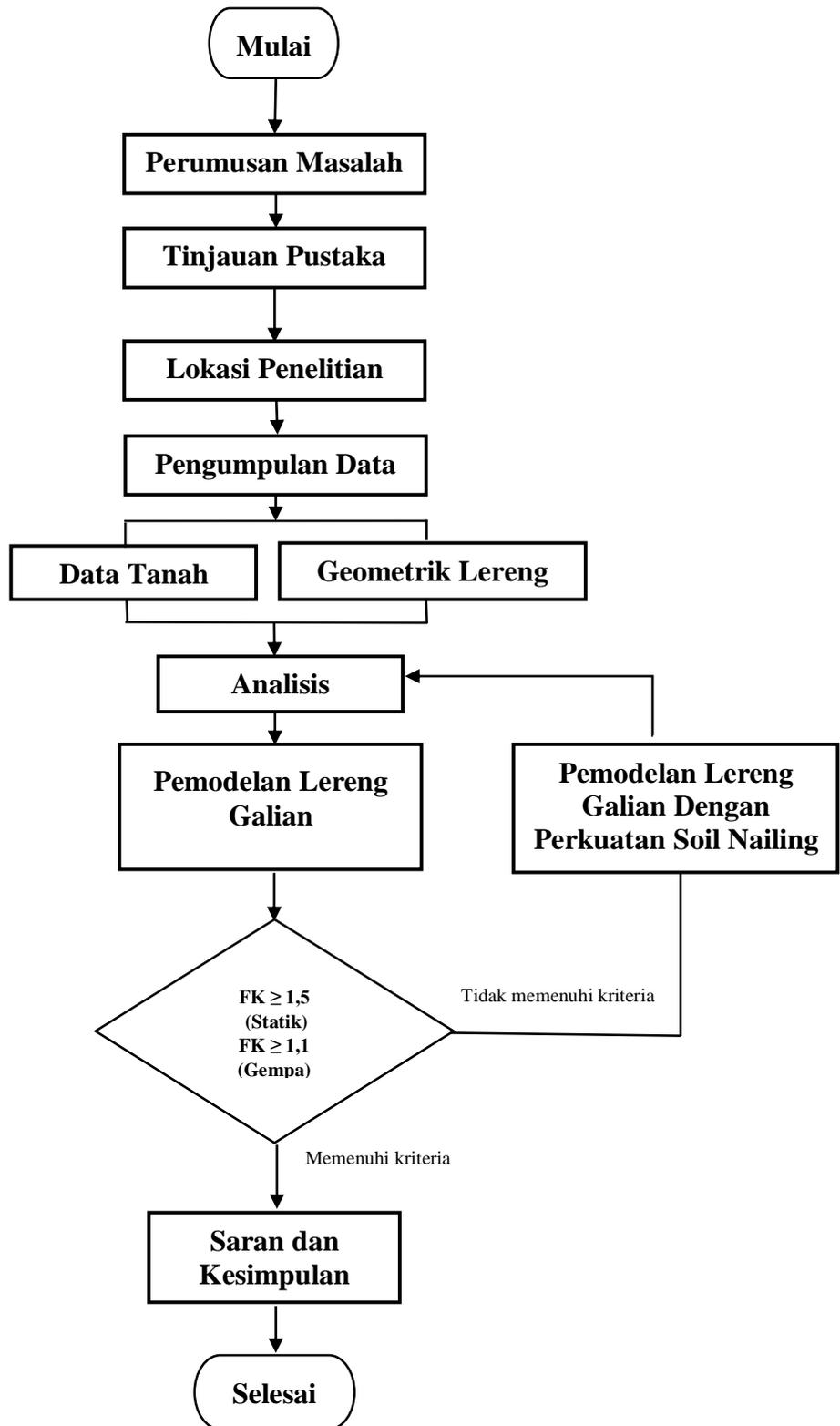
Sub program kurva memuat seluruh fasilitas untuk menggambarkan kurva beban-perpindahan (*load-displacement*), lintasan tegangan (*stress path*) dan diagram tegangan-regangan (*stress-strain*). Untuk mengakses sub program kurva dapat mengklik tombol curve pada toolbar, Setelah itu jendela permintaan berkas akan ditampilkan dimana pengguna dapat memilih berkas yang diinginkan.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Alur Program (*Flow Chart*)

Diagram alir penelitian merupakan suatu bagan yang dapat menggambarkan proses dilakukannya suatu penelitian. Bagan tersebut menyajikan tahapan penelitian yang berupa suatu masukan (input), proses, dan keluaran (output) dari penelitian. Input dalam diagram alir dapat berupa kajian-kajian yang digunakan dalam penelitian dan masukan data penelitian. Proses dalam diagram alir merupakan berbagai kegiatan penelitian yang dilakukan misalnya proses pencarian data dan pengolahan data. Output dalam diagram alir dapat berupa hasil pencarian data, hasil pengolahan data dan hasil dari suatu analisis. Apabila hasil yang diperoleh sesuai dengan yang diharapkan maka tujuan penelitian dilakukan telah terpenuhi.



Gambar 3.1 Alur penelitian (Flow Chart)

3.2 Perumusan Masalah

Kegiatan ini dilakukan dalam penelitian agar masalah dan batasan masalah yang akan dibahas dalam penelitian menjadi jelas serta tujuan dan manfaat dilakukannya penelitian dapat diketahui orang lain. Rencana penyelesaian masalah dan hipotesis penelitian juga dirumuskan dalam kegiatan ini.

3.3 Tinjauan Pustaka

Pada tinjauan pustaka digunakan metode studi literatur yang merupakan suatu tahapan penelitian dalam mempelajari literatur dari berbagai sumber yang dapat digunakan untuk menangani masalah yang ada. Studi literatur pada penelitian ini disusun dalam sebuah kajian pustaka yang membahas mengenai stabilitas lereng, tanah longsor, metode perkuatan lereng galian yang digunakan pada penanganan lereng tersebut, dan teori mengenai pemodelan stabilitas lereng menggunakan Plaxis 2D.

3.4 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada pada ruas jalan tol Cisumdawu Seksi V yang berada di STA 40 + 825.



Gambar 3.2 Lokasi penelitian Proyek Jalan Tol Cileunyi – Sumedang – Dawuan

3.5 Pengumpulan Data

3.5.1 Data Tanah

Penentuan parameter tanah dihitung berdasarkan korelasi empiris menggunakan data hasil N-SPT lapangan yang telah dikoreksi terhadap prosedur pelaksanaan pengujian dan tekanan overburden tanah. Selain itu, data hasil uji laboratorium pada sampel tanah tak terganggu (UDS) akan memberikan tambahan informasi yang lebih akurat dalam hal pemilihan parameter tanah di lokasi rencana.

Dari hasil penyelidikan tanah di lapangan maupun di laboratorium didapatkan nilai-nilai parameter tanah. Nilai-nilai tersebut kemudian diolah dan diinterpretasikan sehingga menghasilkan parameter desain tanah yang siap pakai dan dapat dijadikan acuan dalam analisa desain. Dalam proses pengolahan dan interpretasi tersebut, juga banyak digunakan korelasi empiris antara parameter tanah. Hal ini dilakukan mengingat sering terjadi bias pada hasil uji laboratorium akibat human error saat pengambilan sampel maupun pengujian di laboratorium.

3.5.2 Geometrik Lereng

Untuk penentuan kemiringan sudut lereng peneliti menentukan kemiringan lereng sesuai dengan design yang telah dibuat oleh pihak kontraktor sebelumnya yaitu dengan sudut kemiringan 1 : 2.

3.5.3 Data Soil Nailing

Struktur soil nailing terdiri dari paku dan lapisan permukaan shotcrete. Paku ini terbuat dari tulangan baja atau logam lain yang dapat menahan tegangan tarik, tegangan geser dan momen lentur. Tulangan baja ini dimasukkan pada lubang yang disediakan (dengan drilling) kemudian digROUT dengan cairan semen. Paku tidak diprestressed dan jarak antar paku yang satu dengan yang lain sekitar 1 sampai 2 meter. Kepala paku-paku yang terdapat di atas permukaan dinding dijadikan satu oleh suatu lapisan beton tipis dengan tebal 10-20 cm yang dicor dengan sistem semprot (shotcrete) dan diperkuat dengan wiremesh. Kemudian pada paku dipasang pelat baja tipis sebelum diikat dengan sekrup baja.

1. Tahapan Pelaksanaan Pemasangan Soilnailing

Berikut adalah langkah-langkah umum dalam pelaksanaan soil nailing:

a. Persiapan Situs:

- Lakukan survei dan identifikasi kondisi lereng yang akan diperkuat dengan soil nailing.
- Persiapkan area kerja, termasuk pembersihan vegetasi, penghapusan bahan-bahan yang menghalangi akses, dan perlindungan terhadap erosi.

b. Desain Soil Nailing:

- Lakukan analisis geoteknik untuk menentukan kebutuhan soil nailing, termasuk jenis dan ukuran soil nail yang dibutuhkan.
- Rancang pola penempatan soil nail dan jarak antara soil nail berdasarkan desain yang direkomendasikan.

c. Pengeboran Lubang:

- Lakukan pengeboran lubang sesuai dengan pola penempatan soil nail yang direncanakan.
- Pastikan diameter dan kedalaman lubang sesuai dengan spesifikasi desain dan kondisi tanah di lokasi.

d. Pemasangan Soil Nail:

- Tempatkan soil nail di dalam lubang dengan hati-hati dan pastikan pasangan yang baik dengan lapisan tanah di sekitarnya.
- Gunakan alat atau peralatan yang sesuai untuk mendorong atau memasukkan soil nail ke dalam lubang dengan kekuatan yang cukup.

e. Perekatan Soil Nail:

- Setelah soil nail terpasang, lakukan perekatan dengan menggunakan bahan perekat yang sesuai, seperti adukan semen atau bahan perekat kimia.
- Pastikan perekatan mencakup area yang memadai di sekitar soil nail untuk memperkuat dan mempertahankan kekuatan soil nail.

- f. Penambahan Soil Nailing:
 - Lanjutkan langkah-langkah pemasangan dan perekatan untuk setiap soil nail berikutnya sesuai dengan pola penempatan yang direncanakan.
 - Pastikan soil nail ditempatkan pada kedalaman yang sama dan memiliki kekuatan yang seragam di seluruh area yang diperkuat.
- g. Inspeksi dan Pengujian:
 - Lakukan inspeksi visual terhadap soil nail yang terpasang untuk memastikan kekuatan, integritas, dan kualitas pemasangan.
 - Melakukan pengujian beban dan uji tarik pada soil nail jika diperlukan untuk memverifikasi kekuatan dan performa mereka.
- h. Pemantauan dan Pemeliharaan:
 - Tetap pantau dan periksa kondisi soil nail secara berkala untuk mendeteksi adanya kerusakan atau penurunan performa.
 - Jika ditemukan masalah, lakukan pemeliharaan atau perbaikan yang diperlukan sesuai dengan rekomendasi dari ahli geoteknik.

2. Persiapan Sebelum Pemasangan Soilnailing

Sebelum melaksanakan soil nailing, ada beberapa persiapan yang perlu dilakukan. Berikut adalah beberapa langkah persiapan yang penting:

- a. Studi Geoteknik:

Lakukan studi geoteknik menyeluruh untuk memahami kondisi tanah dan stabilitas lereng yang akan diperkuat. Studi ini akan membantu dalam menentukan desain soil nailing yang sesuai dan memperkirakan kekuatan dan panjang soil nail yang dibutuhkan.
- b. Desain Soil Nailing:

Berdasarkan studi geoteknik, lakukan desain soil nailing yang meliputi pola penempatan soil nail, jarak antara soil nail, dan kedalaman penanaman. Desain harus mempertimbangkan kekuatan tanah, tekanan air tanah, kondisi lingkungan, dan beban yang bekerja pada lereng.
- c. Persiapan Rencana Pelaksanaan:

Buat rencana pelaksanaan yang mencakup jadwal pekerjaan, alokasi sumber daya, dan langkah-langkah teknis yang akan dilakukan dalam pelaksanaan

soil nailing. Rencana ini harus memperhitungkan faktor-faktor keselamatan, lingkungan, dan kualitas pekerjaan.

d. Pembebasan Lahan:

Pastikan area kerja dan area sekitarnya telah dibebaskan dari halangan dan vegetasi yang mengganggu. Bersihkan area dari pohon, semak, dan bahan-bahan lain yang dapat menghambat akses atau mempengaruhi pelaksanaan soil nailing.

Pengaturan Lalu Lintas:

Jika proyek soil nailing dilakukan di dekat jalan atau daerah dengan lalu lintas kendaraan, sediakan pengaturan lalu lintas yang sesuai untuk memastikan keselamatan pekerja dan pengguna jalan. Ini mungkin melibatkan penutupan sebagian atau seluruh area jalan, pengalihan lalu lintas, atau pemberian tanda peringatan.

e. Pemantauan Lingkungan:

Identifikasi dan lakukan pemantauan lingkungan sebelum dan selama pelaksanaan soil nailing. Periksa dan pantau keberadaan sumber air tanah, pola aliran air, dan faktor lingkungan lainnya yang dapat mempengaruhi stabilitas lereng dan pelaksanaan pekerjaan.

f. Peralatan dan Bahan:

Persiapkan peralatan dan bahan yang diperlukan untuk melaksanakan soil nailing. Ini mungkin termasuk mesin bor, peralatan pengeboran, soil nail, bahan perekat, adukan semen, alat pengukur, dan perlindungan keamanan.

g. Tim Pelaksana:

Bentuk tim pelaksana yang terdiri dari pekerja terlatih dan berpengalaman dalam soil nailing. Pastikan mereka memahami metode dan prosedur yang akan dilakukan, serta memperhatikan faktor keselamatan dan kualitas pekerjaan.

h. Perizinan dan Izin:

Pastikan Anda telah memperoleh semua perizinan dan izin yang diperlukan dari pihak berwenang sebelum memulai pekerjaan soil nailing. Ini mungkin termasuk izin konstruksi

3.6 Analisis

Pemodelan stabilitas lereng menggunakan PLAXIS memerlukan input data yang sesuai agar dapat memberikan output yang benar. Tahapan input data pada PLAXIS untuk penelitian ini sebagai berikut:

1. Penggambaran model berupa stratigrafi lereng dan bidang gelincir lereng. Posisi soil nailing juga turut digambar ketika menganalisis lereng dengan perkuatan soil nailing.
2. Kondisi batas dari lereng ditentukan dengan tool standard fixities.
3. Parameter tanah dan soil nailing dibuat dengan tool material sets. Data yang telah dibuat dimasukkan pada model yang telah digambarkan.
4. Jaring elemen dibuat dengan tool generate mesh.
5. Kondisi awal berupa tekanan air pori dibuat dengan memasukkan muka air tanah, sedangkan kondisi awal berupa tegangan tanah dibuat dengan tool generate initial stresses.

Tahap kalkulasi data pada PLAXIS memiliki pengaturan utama yaitu sebagai berikut:

1. Pengaturan pemilihan tahapan yang dilakukan sebelum tahapan yang dianalisis.
2. Pengaturan pemilihan tipe kalkulasi yang berupa analisis plastis, analisis konsolidasi atau analisis ϕ/c reduction.
3. Pengaturan analisis kondisi undrained atau drained serta selang waktu dan juga pengaturan model seperti pengaktifan soil nailing dan pengaktifan bidang gelincir.

Tahap output kalkulasi data pada PLAXIS pada penelitian ini sebagai berikut:

2. Tegangan tanah total dan tegangan tanah efektif lereng,
3. Nilai perpindahan pada lereng beserta pola keruntuhan lereng,
4. Nilai faktor keamanan lereng,
5. Gaya yang terjadi pada jangkar (soil nailing) berupa gaya aksial, gaya geser dan momen.

3.6.1 Analisis Stabilitas Lereng tanpa Perkuatan

Pemodelan dan analisis stabilitas lereng dilakukan menggunakan aplikasi PLAXIS. Pemodelan dibuat dengan 2 kondisi yaitu lereng dengan kondisi asli dan lereng dengan perkuatan soil nailing. Pembuatan model lereng dengan kondisi asli untuk mengetahui bagaimana stabilitas lereng. Analisis kestabilan lereng galian tanpa perkuatan dilakukan untuk menentukan faktor aman dari bidang longsor yang potensial, juga sebagai pembanding terhadap nilai faktor keamanan lereng setelah dilakukan analisis kestabilan lereng dengan perkuatan soil nailing.

3.6.2 Analisis Stabilitas Lereng dengan Perkuatan Soil Nailing

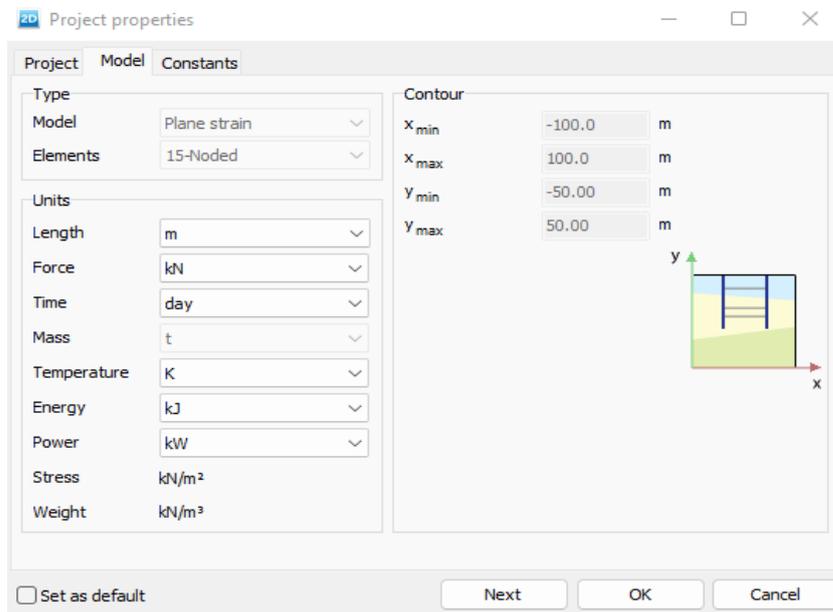
Jika dalam analisis stabilitas lereng dengan pemodelan Plaxis belum memenuhi kriteria nilai faktor keamanan yang di isyaratkan, selanjutnya memberikan perkuatan lereng dengan metode soil nailing dan selanjutnya melakukan proses analisis ulang sehingga didapatkan nilai faktor keamanan yang memenuhi kriteria.

Pembuatan model lereng dengan perkuatan soil nailing untuk mengetahui bagaimana stabilitas lereng apabila kelongsorannya diatasi menggunakan soil nailing. Soil nailing dipilih sebagai perkuatan lereng yang akan dimodelkan pada penelitian ini karena berdasarkan pengujian lapangan yang ada diketahui bahwa tanah berjenis lempung, selain itu lereng yang ditinjau tidak terlalu tinggi dan pekerjaan konstruksi soil nailing tidak perlu melakukan penutupan akses jalan sehingga mobilitas warga sekitar tidak terganggu.

3.6.3 Analisis Menggunakan PLAXIS 2D

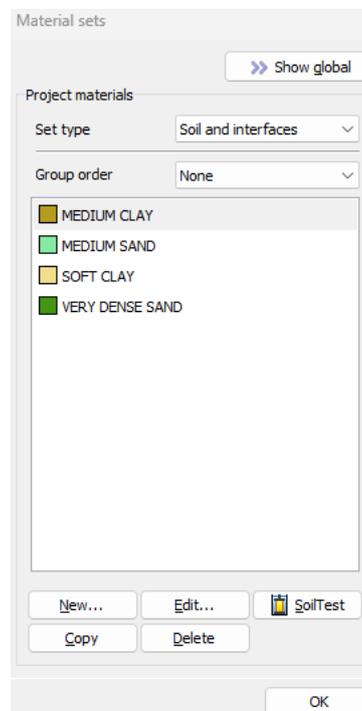
Dalam melakukan analisis lereng menggunakan software Plaxis 2D, berikut langkah – langkah yang bisa diikuti :

1. Buka aplikasi 2D input, lalu masukkan batas – batas pemodelan yang diinginkan.

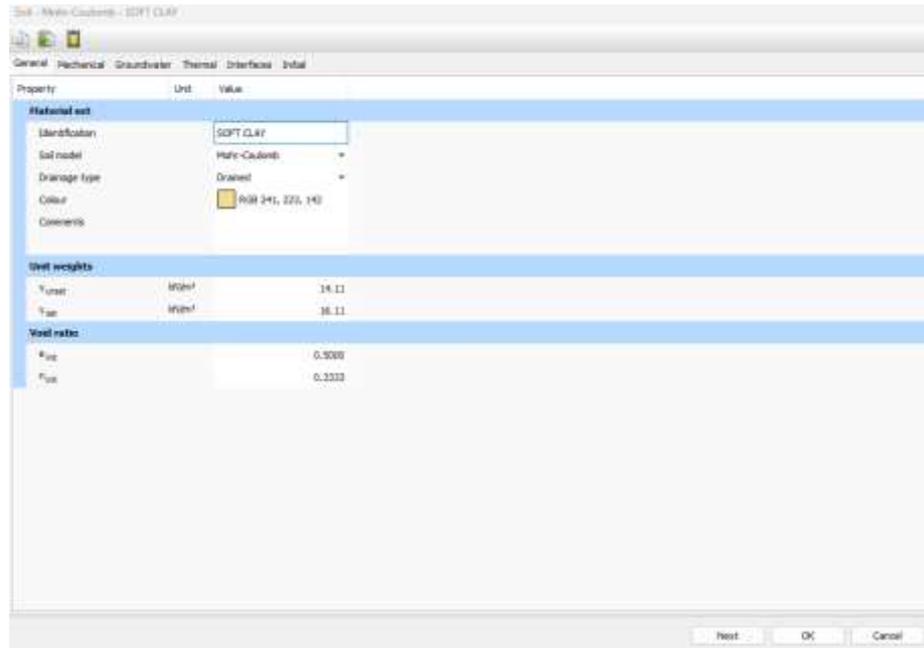


Gambar 3.3 Input Batas Pemodelan

2. Masukkan data parameter tanah dan material berdasarkan data yang sudah diketahui dan masukan hitungan parameter tanah pada bagan material sets.

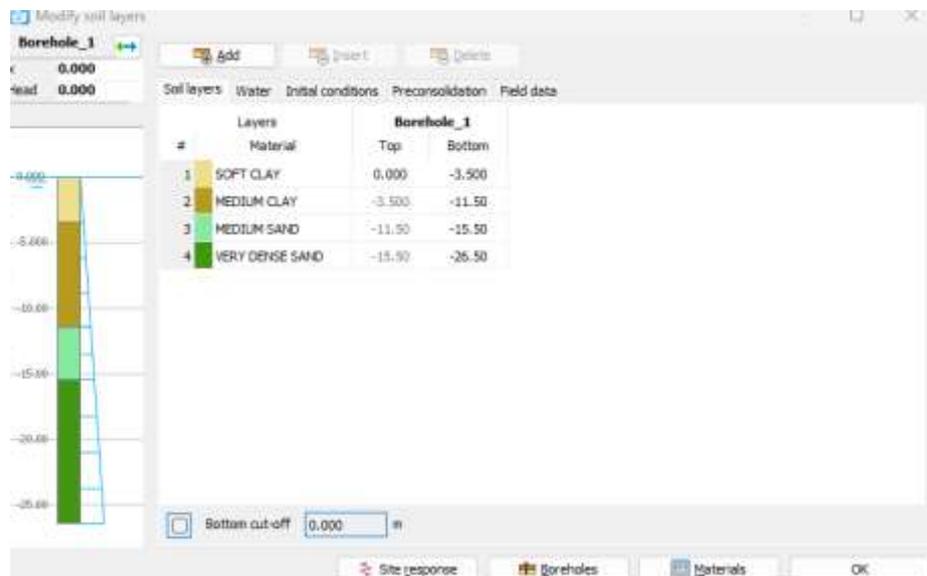


Gambar 3.4 Input Jenis Klasifikasi Tanah



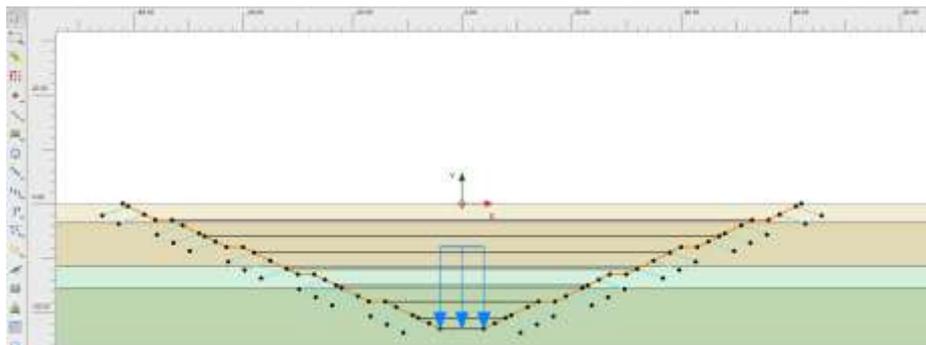
Gambar 3.5 Input Parameter Hitungan

3. Masuk ke “create borehole” lalu masukkan kedalaman per layer lapisan tanah yang sudah dibuat tadi sesuai dengan kedalaman hasil bor.



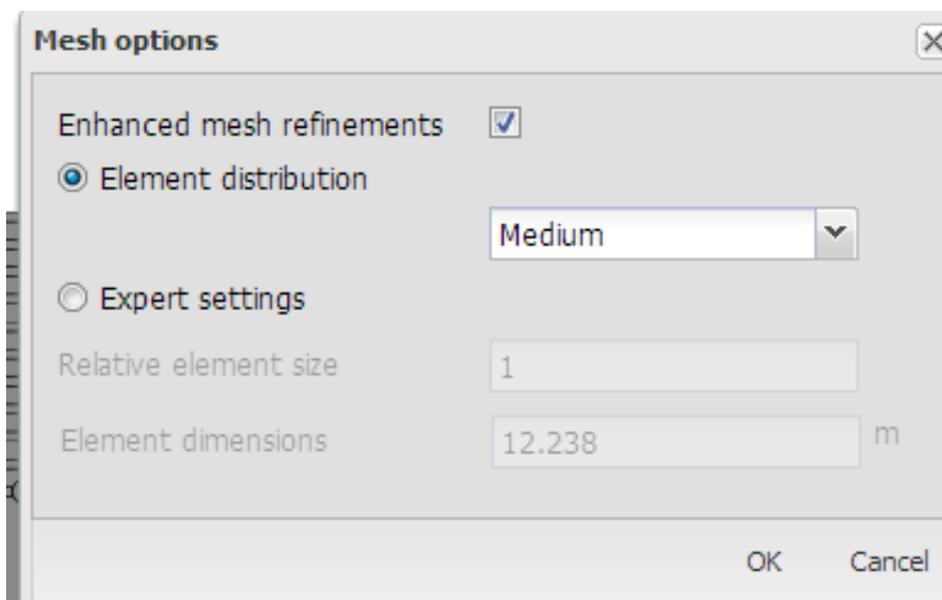
Gambar 3.6 Input Kedalaman Bor Beserta Klasifikasi Tanah

4. Setelah memasukkan semua parameter tanah serta lapisan tanah bor hole maka langkah selanjutnya ialah memodelkan analisis lereng galian menggunakan penanganan soil nailing di bagian step “structures”.



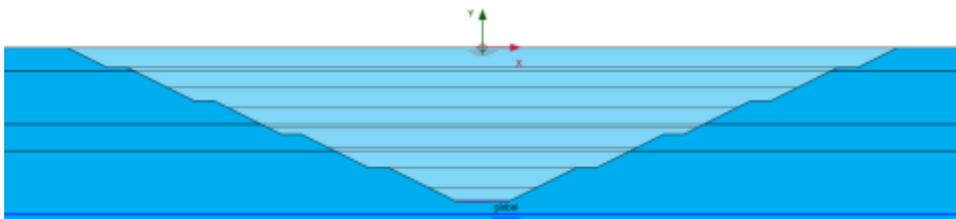
Gambar 3.7 Membuat Model Desain Galian Penanganan

5. Masuk pada bagian “Mesh” untuk mengunci pemodelan desain lereng galian sudah selesai.



Gambar 3.8 Penguncian Pemodelan

6. Masuk pada bagian “Flow Condition” untuk memasukkan muka air tanah pada model desain timbunan sesuai dengan data bor, klik bagian “ create water level “ untuk memodelkan bagian muka air tanah.



Gambar 3.9 Masukan Muka Air Tanah

7. Masuk pada bagian “*Staged Construction*” lalu masukkan tahapan analisis sesuai dengan pelaksanaan lapangan dengan menekan tombol “ Add phase”.
8. Setelah semua tahapan pelaksanaan sudah dilakukan maka klik bagian “ Calculate” untuk menghitung hasil analisis faktor keamanan statik dan gempa, untuk hasil faktor keamanan statik yang harus mencapai nilai >1.5 sedangkan untuk faktor keamanan gempa yang harus mencapai >1.1

3.7 Saran dan Kesimpulan

Analisis hasil pemodelan lereng galian dilakukan terhadap nilai faktor keamanan dan deformasi dari lereng galian asli dan lereng galian yang sudah diberi perkuatan dengan soil nailing baik untuk jangka pendek maupun jangka panjang.

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

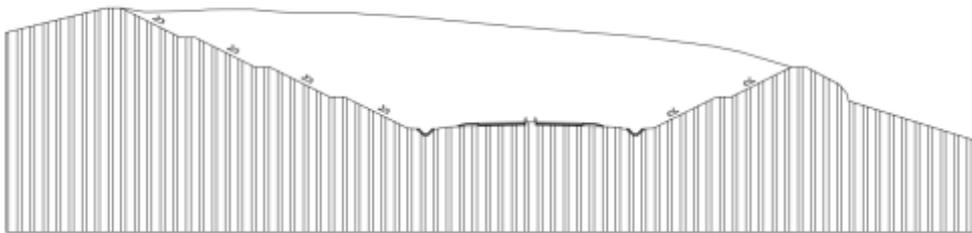
4.1 Data Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada pada ruas jalan tol Cisumdawu Seksi V yang berada di STA 40 + 825.



Gambar 4.1 Lokasi penelitian Proyek Jalan Tol Cileunyi – Sumedang – Dawuan STA 40+825

4.2 Data Geometrik Lereng



Gambar 4.2 Geometrik lereng

Pada pemodelan ini galian terdalam diketahui 23.47 meter pada STA 40+825, dan dibagi menjadi 4 tahapan galian dengan kemiringan lereng 27° atau 2 : 1.

4.3 Data Parameter Tanah dan Beban

4.3.1 Data Parameter Tanah STA 40 + 825

Berdasarkan pengolahan data uji lapangan serta korelasi empiris didapatkan parameter desain tanah pada titik penyelidikan adalah sebagai berikut.

Tabel 4.1 Data Parameter Tanah

PARAMETER DESIGN DB-12 SR (STA 40+825)								
Depth (m)	N-SPT (blow/ft)	Soil Type	γ_{sat} (kN/m ³)	Su (kPa)	c' (kPa)	ϕ' (deg)	Eu (kPa)	E' (kPa)
0.0 - 3.5	3	Sandy Silt	16.11	10.00	3.99	30.53	8,485	5,685
3.5 - 11.5	5 - 8	Clay	17.29	26.26	9.36	30.53	22,274	14,923
11.5 - 15.5	18 - 25	Silty Sand	18.70	-	-	32.63	30,416	30,416
15.5 - 26.5	44 - 50	Silty Sand	22.71	-	-	39.52	46,676	46,676

Tabel 4.2 Korelasi N-SPT Terhadap Kekerasan Tanah

SILT < 10 M (CLAY)			SILT > 10 M (SAND)		
CLAY		WARNA	SAND		WARNA
Deskripsi	NSPT		Deskripsi	NSPT	
Sangat Lunak	0-2		Sangat Urai	0-5	
Lunak	3-4		Urai	5-10	
Teguh	5-8		Agak Padat	11-30	
Sangat Teguh	9-15		Padat	31-50	
Keras	16-30		Sangat Padat	>50	
Sangat keras	>30				

4.3.2 Data Beban Lalu Lintas dan Struktur

Pembebanan yang dihitung dalam analisa galian lereng berupa beban lalu lintas dan beban perkerasan dimana beban lalu lintas sudah ditetapkan dalam Standar Nasional Indonesia untuk jalan kelas 1 sebesar 15kPa. Sementara untuk beban perkerasan ditentukan berdasarkan jenis perkerasan yang akan digunakan. Berikut ini analisa pembebanan di atas timbunan.

Jenis Perkerasan yang dipakai : Rigid

Tebal Lapisan Drainage Layer (Agregat A) : 15 cm

Drainage Layer : 20 kN/m³

Tebal Lapisan Lean Concrete : 15 cm

Lean Concrete : 25 kN/m³

Tebal Lapisan Rigid Pavement : 30.5 cm

Rigid Pavement : 25 kN/m³

$$P = Y \times H$$

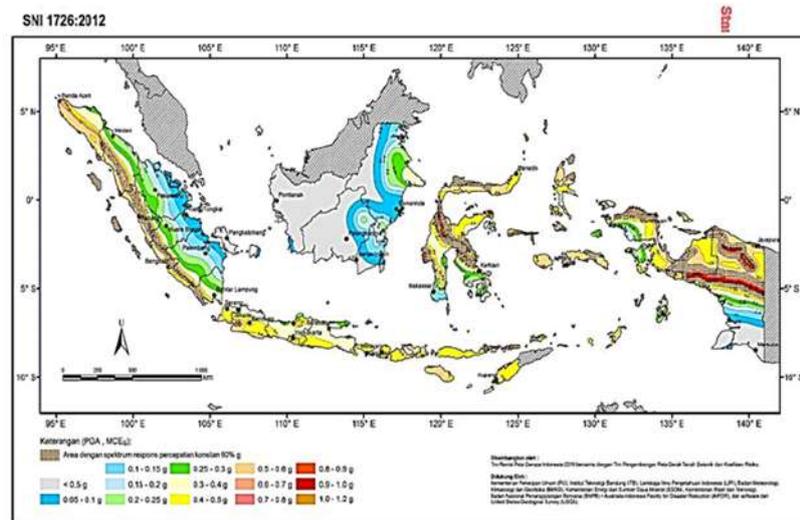
$$P = (0.15 \times 20) + (0.15 \times 25) + (0.30 \times 25)$$

$$P = 3 + 3.75 + 7.5 \quad P = 14.25 \text{ kPa} \sim 15 \text{ kPa}$$

Sehingga didapatkan total beban lalu lintas dan perkerasan sebesar 30kPa.

4.3.3 Data Beban Gempa

Dari peta pemetaan percepatan batuan dasar pada SNI 1726:2012, parameter gempa pada lokasi Cisumdawu adalah sebagai berikut.



Gambar 4.3 PGA, Gempa Maksimum Yang Dipertimbangkan Rata-Rata Geometrik (MCEG)

Location	Cisumdawu
Site Class	SD
PGA at bedrock for $T_n = 0.0$ sec	PGA (MCEg) = 0.500 g
PGA at bedrock for $T_n = 0.2$ sec	SS (MCEr) = 1.000 g
PGA at bedrock for $T_n = 1.0$ sec	S1 (MCEr) = 0.500 g
Amplification factor for $T_n = 0.0$ sec	FPGA = 1.000 g
Amplification factor for $T_n = 0.2$ sec	Fa = 1.100
Amplification factor for $T_n = 1.0$ sec	Fv = 1.500
PGA maximum at surface	PGAM = 0.500 g

Didapatkan bahwa percepatan gempa maksimum pada permukaan tanah adalah sebesar $PGA = 0.5 \text{ g}$.

4.4 Data Soil Nailing

Data soil nailing meliputi dimensi, mutu, modulus elastisitas, sudut pemasangan, dan jarak pemasangan. Soil nailing yang dimodelkan dalam PLAXIS menggunakan tool plate perlu dilakukan input parameter soil nailing. Parameter soil nailing yang berupa kekakuan aksial (EA), kekakuan lentur (EI), berat dan Angka Poisson soil nailing diperoleh dengan mengasumsikan terlebih dahulu dimensi, modulus elastisitas, serta jarak pemasangan soil nailing.

Pada penelitian ini penulis menggunakan data soilnailing sebagai berikut untuk diuji menggunakan plaxis. hasil dari penelitian data tersebut mengacu pada faktor keamanan. Tabel 4.3 menunjukkan data soil nailing yang digunakan pada penelitian ini.

Tabel 4.3 Data Soilnailing I

Data Rencana Soil Nailing	Nilai
Panjang (m)	5
Diameter lubang, DDH (mm)	100
Diameter nail, d (mm)	25
Kuat leleh nail, fy (MPa)	390
Sudut inklinasi (o)	20
Jarak antar nail horisontal (m)	1,5
Jarak antar nail vertikal (m)	1,5
Data Parameter Soil Nailing	Nilai
Luas soil nailing, A (mm ²)	7853,98
Luas nail, An (mm ²)	490,87
Luas grout, Ag (mm ²)	7363,11
Modulus elastisitas nail, En (GPa)	200
Modulus elastisitas grout, Eg (GPa)	22
Modulus elastisitas grouted soil nail, Eeq (GPa)	33,12
Axial stiffness nail, EA (kN/m)	130.061
Bending stiffness nail, EI (kNm ² /m)	81,29
Berat soil nailing (kN/m/m)	0,094
Angka Poisson soil nailing	0,2

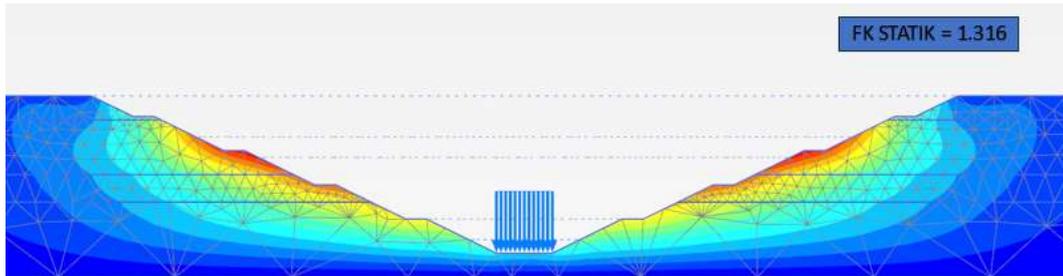
4.5 Analisis Stabilitas Lereng

Analisis stabilitas lereng asli dilakukan untuk mengetahui bagaimana kelongsoran lereng asli. Nilai faktor keamanan dan pola keruntuhan dari lereng asli ditunjukkan melalui analisis stabilitas lereng ini. Besarnya perpindahan material

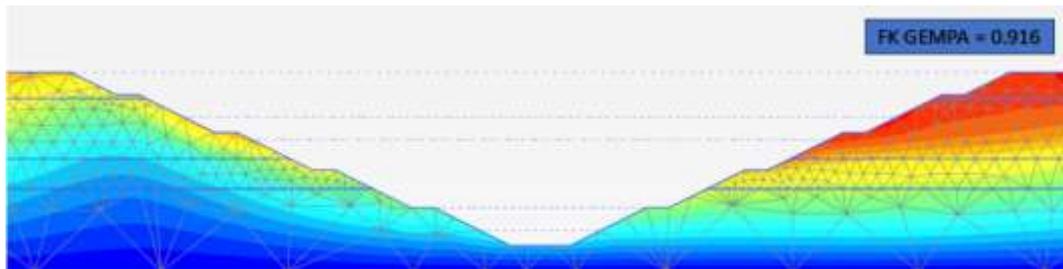
tanah yang terjadi akan menentukan pola keruntuhan lereng. Pola keruntuhan yang terjadi akan ditunjukkan dengan warna beserta nilai perpindahan materialnya.

4.5.1 Analisis Stabilitas Lereng Galian Tanpa Perkuatan Dengan Plaxis 2D

Dari hasil penyelidikan tanah dan geometrik lereng secara dan kemudian dianalisa dengan menggunakan program PLAXIS. berikut pemodelan desain dengan software PLAXIS 2D :



Gambar 4.4 Analisis Tanpa Perkuatan Dengan Beban Struktur dan Kendaraan



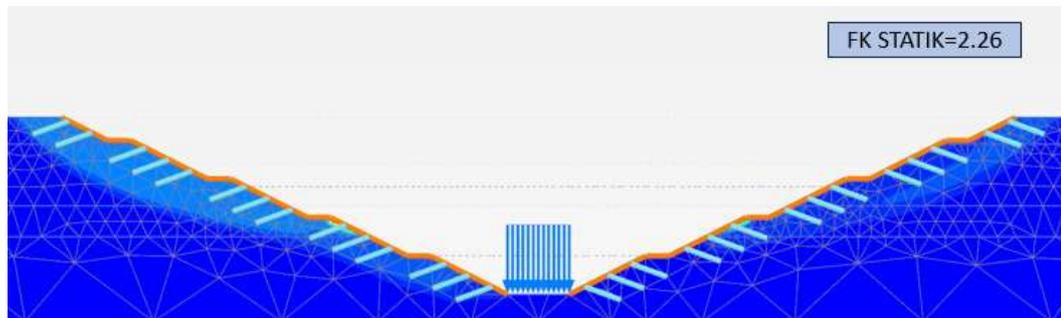
Gambar 4.5 Analisis Tanpa Perkuatan Dengan Beban Gempa

setelah memodelkan desain galian tanpa penanganan menggunakan software PLAXIS 2D di dapat nilai FK statik dan nilai FK gempa. Nilai FK Statik yang di dapat ialah $1.316 > 1.5$ dan nilai FK Gempa yang di dapat ialah $0.916 > 1.1$. dari keterangan hasil diatas maka dibutuhkan lah penanganan lereng di galian berupa soil nailling agar bisa memenuhi nilai FK Statik dan FK Gempa.

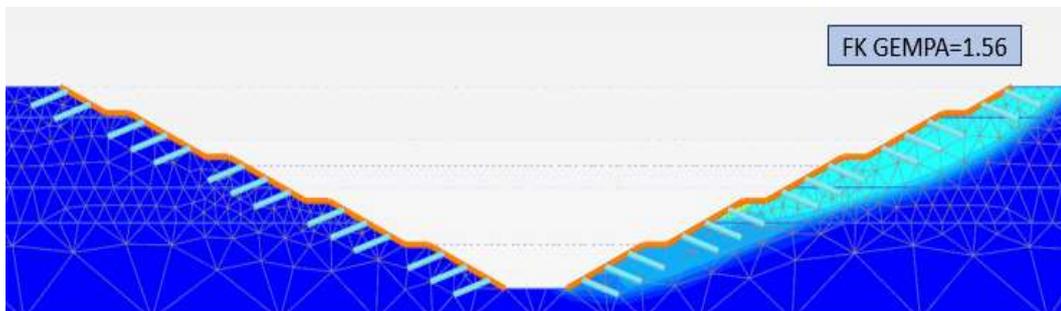
4.5.2 Analisis Stabilitas Lereng Galian Dengan Perkuatan Soil Nailing

Dari hasil penyelidikan tanah dan geometrik lereng, kemudian dianalisa dengan menggunakan program PLAXIS dengan kadalaman lereng 23.47 meter, beban lalu lintas ditambah dengan beban perkerasan sebesar 30 kPa, serta pemodelan dengan penanganan tanah berupa soil nailing dengan panjang 5

meter, dan jarak masing-masing 1,5 meter. Hasil pemodelan timbunan dapat dilihat pada gambar berikut ini:



**Gambar 4.6 Output Faktor Keamanan Pada Saat Operasional Jalan Tol
Kondisi Statik**



**Gambar 4.7 Output Faktor Keamanan Pada Saat Operasional Jalan Tol
Kondisi Gempa**

Dari hasil analisis diatas dapat disimpulkan faktor keamanan jalan tol memenuhi kriteria yang disyaratkan yaitu >1.5 dalam keadaan statik serta dalam kondisi gempa yaitu >1.1 .

4.6 Rekapitulasi Hasil Penanganan

Berdasarkan pada analisis dari metode penanganan di atas, maka didapatkan rekapitulasi analisis sebagai berikut :

No	Stage Construction	Kriteria Analisis	Hasil Analisis		Status
			Lereng Asli	Soil nailing	
1	Beban Statik	1,5	1,316	2,26	AMAN
2	Gempa	1,1	0,916	1,56	AMAN

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Perkuatan lereng dengan metode soil nailing dengan panjang 5m, telah memenuhi kriteria kestabilan lereng.
2. Setelah dilakukan analisis menggunakan plaxis, Nilai faktor keamanan lereng yang diperkuat soil nailing mendapatkan angka kenaikan yang cukup tinggi yaitu dari 1,316 menjadi 2,26.
3. Besar nilai angka keamanan statik konstruksi galian yaitu sebesar 2,26 dan pada nilai angka keamanan saat gempa yaitu 1,56. Dimana angka tersebut sudah memenuhi syarat kriteria desain.
4. Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan pemasangan soil nailing pada lereng galian yang berada di jalan tol Cisumdawu STA 40 + 825 dapat mencegah terjadinya longsor.

5.2 Saran

Setelah dilakukan analisis dalam pembahasan pada Metode perkuatan lereng dengan rumput soil nailing peneliti memberikan beberapa saran yaitu :

1. Parameter tanah yang digunakan untuk analisis sebaiknya menggunakan hasil pengujian laboratorium sehingga hasil yang didapat lebih sesuai dengan kondisi lapangan.
2. Penyelidikan tanah di lokasi sebaiknya ditambah dengan metode lain misalnya dengan uji geolistrik untuk cross check terhadap data yang sudah ada sehingga data yang digunakan untuk analisis menjadi lebih akurat.
3. Analisis stabilitas lereng dapat dicoba dengan perkuatan lainnya serta memperhitungkan drainase lereng, kondisi tanah ekspansif, dan beban luar seperti beban konstruksi dan beban lalu lintas agar hasilnya dapat dibandingkan.
4. Analisis stabilitas lereng dengan metode soil nailing sebaiknya dilakukan dengan menggunakan lebih dari 1 data parameter soil nailing agar dapat mengetahui nilai perbedaannya.

5. Dianjurkan untuk memperhitungkan perubahan muka air yang terjadi pada lereng.
6. Kekuatan soil nailing perlu dianalisis lebih mendalam menggunakan aplikasi lain misalnya menggunakan aplikasi ALLPILE.

DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pekerjaan Umum. (1987). Petunjuk Perencanaan Penganggulan Longsoran, SKBI – 2.3.06., Yayasan Badan Penerbit PU.
- Hermawan, Reza Bagus, Surjandari, Niken Silmi, dan Dananjaya, R. Harya, (2017): Analisis Stabilitas Lereng dengan Perkuatan Soil nailing Menggunakan Program Komputer, e-Jurnal Matriks Teknik Sipil, 395-401.
- Hinawan T. Santoso, ST, MT. Stabilitas Lereng (Slope Stability) #part1, Mekanika Tanah. Youtube : masdosen, Educate Future Engineers.
- Hinawan T. Santoso, ST, MT. Stabilitas Lereng (Slope Stability) #part2, Mekanika Tanah. Youtube : masdosen, Educate Future Engineers.
- Das, Braja M., (1995): Mekanika Tanah: Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis, Erlangga, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, (2005): Pd T-09-2005-B: Rekayasa penanganan keruntuhan lereng pada tanah residual dan batuan, Bandung.
- Rencana Teknik Akhir Jalan Tol CISUMDAWU (Cileunyi – Sumedang – Dawuan) Seksi V, Laporan Aspek Geoteknik. (April, 2021). PT Citra Karya Jabar Tol, PT Yodya Karya (Persero)
- Rencana Teknik Akhir Jalan Tol CISUMDAWU (Cileunyi – Sumedang – Dawuan) Seksi V, Laporan Penyelidikan Geoteknik. (April, 2021). PT Citra Karya Jabar Tol, PT Yodya Karya (Persero).