

TUGAS AKHIR

ANALISIS STABILITAS LERENG TANAH DENGAN
PERKUATAN DINDING PENAHAN TANAH
MENGGUNAKAN APLIKASI PLAXIS

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

Dosen Pembimbing

Ir. Chandra Afriade Siregar, ST., MT

NIK. 432.200.167

Disusun Oleh :

Yusup Hermawan

2112191114



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

ABSTAK

Pembangunan infrastruktur dapat mendorong kemajuan dari segi perekonomian, sosial juga budaya. Dalam segi pertumbuhan ekonomi sendiri akan memberikan pengaruh terhadap investasi. Dalam penelitian yang dilakukan di RDMP BH-07 pada proyek yang berada di area kerja PT. Kilang Pertamina Internasional RDMP RU IV Cilacap. Untuk mempermudah efisiensi kinerja perencanaan dan perhitungan konstruksi, penggunaan perangkat lunak (Program Aplikasi) sangat dibutuhkan. Dalam penelitian ini, penulis ingin mengetahui bagaimana penggunaan program untuk menganalisis stabilitas lereng dengan menggunakan dua program aplikasi yaitu Perangkat Lunak Rekayasa Struktural Asdip Retain dan menggunakan Perangkat Lunak *Plaxis*. Analisis dilakukan dengan melakukan kontrol stabilitas lereng untuk mengetahui angka keamanannya. Diketahui data eksisting SF < 1,5 menjadikannya tidak aman. Penulis memodelkan kembali menggunakan program *Plaxis* dibagi menjadi 4 skenario namun yang digunakan adalah skenario 4.

Skenario 1 digunakan timbunan dengan kemiringan 1 : 1, tidak aman karena memiliki SF 1,36 < 1,5 sehingga jenis penanganan tidak dapat digunakan

Skenario 2 digunakan timbunan dengan kemiringan 1 : 1,5, kaki timbunan melebihi batas ROW, sehingga jenis penanganan tidak dapat digunakan

Skenario 3 digunakan timbunan dengan kemiringan 1 : 2, kaki timbunan melebihi batas ROW, sehingga jenis penanganan tidak dapat digunakan

Skenario 4 dilakukan alternatif menggunakan timbunan dengan kemiringan 1 : 2, dengan tambahan Dinding Penahan Tanah (DPT) di dapat nilai SF 1,512 > 1,5 sehingga jenis penanganan dapat digunakan (aman).

Dengan menggunakan Dinding Penahan Tanah, faktor keamanan lereng menjadi meningkat.

Kata Kunci : Dinding Penahan Tanah, Rekayasa Struktural Asdip Retain, Plaxis, Stabilitas lereng

ABSTRACT

Infrastructure development can encourage progress from an economic, social and cultural perspective. In terms of economic growth itself will have an influence on investment. In research conducted at RDMP BH-07 on a project that is in the work area of PT. Pertamina International Refinery RDMP RU IV Cilacap. To facilitate the efficiency of construction planning and calculation performance, the use of software (Application Program) is needed. In this study, the authors wanted to know how to use a program to analyze slope stability using two application programs, namely Asdip Retain Structural Engineering Software and using Plaxis Software. The analysis is carried out by controlling the stability of the slope to determine the safety factor. It is known that the existing data $SF < 1.5$ makes it unsafe. The author remodels using the Plaxis program divided into 4 scenarios but scenario 4 is used.

Scenario 1 uses a heap with a slope of 1: 1, it is not safe because it has an SF of $1.36 < 1.5$ so this type of handling cannot be used

Scenario 2 uses an embankment with a slope of 1 : 1.5, the foot of the embankment exceeds the ROW limit, so this type of handling cannot be used

Scenario 3 uses a pile with a slope of 1: 2, the foot of the embankment exceeds the ROW limit, so this type of handling cannot be used

Scenario 4 is carried out as an alternative using a heap with a slope of 1: 2, with the addition of a Retaining Wall (DPT) in which the SF value is $1.512 > 1.5$ so that the type of handling can be used (safe).

By using a retaining wall, the slope safety factor increases.

Keywords : Retaining Wall, Asdip Retain Structural Engineering, Plaxis, Slope Stability

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 Tanah Dengan Perkuatan Dinding Penahan Tanah Menggunakan Aplikasi Plaxis**”, 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, 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. Ajat Subarja serta rekan - rekan Teknik Sipil 2019 yang sama - sama berjuang menyelesaikan Tugas Akhir ini.
12. Seluruh rekan seangkatan yang selalu menyempatkan untuk membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
13. Citra Ambhara 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

Yusup Hermawan
2112191114

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	
LEMBAR PESEMBAHAN	
LEMBAR HAK CIPTA	
ABSTRAK.....	i
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Manfaat dan Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Sistematika Penulisan.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Metode Penyelidikan Tanah.....	4
2.1.1 Cone Penetration Test	4
2.1.1.1 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Data Sondir atau CPT	4
2.1.1.2 Friction Ratio	5
2.1.1.3 Kohesi	6
2.1.2 Standart Penetration Tst (SPT).....	6
2.2 Analisis Stabilitas Lereng.....	11
2.2.1 Stabilitas Lereng Menerus tanpa Rembesan	12
2.2.2 Analisis Lereng Menerus dengan Adanya Rembesan Air	14
2.3 Definisi Longsoran.....	15
2.3.1 Klasifikasi Kelongsoran	15
2.3.2 Faktor Penyebab Kelongsoran Lereng	18
2.3.3 Penanggulangan Longsoran	19
2.4 Definisi Dinding Penahan Tanah	20
2.4.1 Jenis Dinding Penahan Tanah	21
2.4.2 Fungsi Dinding Penahan Tanah	22
2.5 Analisa Stabilitas Lereng dengan Software PLAXIS	22
2.5.1 Program Masukan (<i>Input</i>)	22

2.5.2 Program Perhitungan (<i>Calculations</i>).....	25
2.5.3 Program Keluaran (<i>Output</i>).....	28
2.5.4 Program Kurva (<i>Curve</i>).....	29
BAB III METODE PENELITIAN	30
3.1 Flowchart Penelitian.....	30
3.2 Perumusan Masalah.....	31
3.3 Tinjauan Pustaka	31
3.4 Lokasi Penelitian	31
3.5 Pengumpulan Data	32
3.5.1 Data Tanah	32
3.5.2 Data DPT.....	33
3.6 Analisis.....	33
3.6.1 Analisis Stabilitas Lereng.....	33
3.6.2 Analisis Stabilitas Lereng dengan DPT	33
BAB IV ANALISI DAN PEMBAHASAN	34
4.1 Data Penyelidikan Tanah	34
4.2 Penanganan Lereng	36
4.2.1 Penanganan Lereng Skenario 1	36
4.2.2 Penanganan Lereng Skenario 2	36
4.2.3 Penanganan Lereng Skenario 3	37
4.2.4 Penanganan Lereng Skenario 4	37
4.3 Analisis Stabilitas Lereng.....	38
4.3.1 Analisis Stabilitas Lereng Tanpa Perkuatan (Skenario 1).....	38
4.3.2 Analisis Stabilitas Lereng dengan Perkuatan (Skenario 4).....	40
4.4 Daya Dukung Ijin Dinding Penahan Tanah	41
Analisis DPT Sebagai Berikut ;	44
Rekapitulasi Hasil Analisis	44
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	45
5.1 Kesimpulan.....	45
5.2 Saran.....	45
DAFTAR PUSTAKA	46

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Alat uji cone penetration test.....	4
Gambar 2.2	Skema Urutan Uji Penetrasi Standar (SPT).....	8
Gambar 2.3	Kelongsoran Lereng	11
Gambar 2.4	Analisis Lereng menerus tanpa rembesan	12
Gambar 2.5	Analisis Lereng menerus dengan rembesan	14
Gambar 2.6	Bentuk Longsor Translasi.....	16
Gambar 2.7	Bentuk Longsor Rotasi	16
Gambar 2.8	Bentuk Pergerakan Blok.....	16
Gambar 2.9	Bentuk Runtuhan Batu.....	17
Gambar 2.10	Bentuk Rayapan Tanah.....	17
Gambar 2.11	Bentuk Aliran Bahan Rombakan	18
Gambar 3.1	Flowchart penelitian	30
Gambar 3.2	Lokasi Penelitian Proyek RDMP RU IV Cilacap.....	31
Gambar 4.1	Lokasi Penyelidikan Tanah	34
Gambar 4.2	Kondisi Lapisan Tanah Berdasarkan RDMP BH-07 hingga RDMP CPT-05	34
Gambar 4.3	Penanganan Lereng Dengan Slope 1:1	36
Gambar 4.4	Penanganan Lereng Dengan Slope 1:1,5	36
Gambar 4.5	Penanganan Lereng Dengan Slope 1:2	37
Gambar 4.6	Penanganan Lereng Dengan DPT.....	37
Gambar 4.7	Pemodelan untuk Analisis Skenario 1	38
Gambar 4.8	FK Statik Skenario 1.....	38
Gambar 4.9	FK Gempa Skenario 1	39
Gambar 4.10	Skema Deformasi	39
Gambar 4.11	Pemodelan untuk Analisis Skenario 4	40
Gambar 4.12	FK Statik Skenario 4.....	40
Gambar 4.13	FK Gempa Skenario 4	40
Gambar 4.14	Skema Deformasi	41
Gambar 4.15	Perencanaan Dinding Penahanan Tanah.....	42
Gambar 4.16	Sketsa Dinding Penahan Tanah	43

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi Tanah	5
Tabel 2.2 Hubungan Nilai Friction Ratio dengan Jenis Tanah	6
Tabel 2.3 hubungan nilai N dengan kerapatan relative.....	10
Tabel 3.1 Rekapitulasi Kegiatan Sondir Kapasitas 10 Ton.....	32
Tabel 4.1 Interpretasi Lapisan Tanah	35
Tabel 4.2 Parameter Tanah	35
Tabel 4.3 Faktor daya dukung.....	44
Tabel 4.4 Rekapitulasi Hasil Analisis	44

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

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 baik (sesuai dengan syarat keamanan).

Untuk mendapatkan suatu nilai faktor keamanan minimum dari suatu analisis stabilitas lereng memerlukan suatu proses coba-coba (trial and error). Pada proses trial and error yang dilakukan secara manual akan membutuhkan waktu yang cukup lama dan diperlukan ketelitian. Proses analisis yang cukup lama dan kurang akurat inilah yang melatarbelakangi pembuatan sebuah program (software) analisis stabilitas lereng. Dengan program ini diharapkan dapat mempercepat proses analisis tersebut dan hasil perhitungan faktor keamanan yang didapatkan lebih akurat.

1.2 Rumusan Masalah

Mengingat banyaknya kerugian yang ditimbulkan oleh longsoran maka diperlukan penelitian tentang Analisis stabilitas lereng, Rumusan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Bagaimana penanganan lereng yang kondisi tanahnya tidak stabil ?
2. Bagaimana tahapan analisis stabilitas lereng dengan pemodelan plaxis 2D?
3. Bagaimana pengaruh perkuatan lereng dengan DPT terhadap faktor keamanan kestabilan lereng ?

1.3 Manfaat dan Tujuan Penelitian

Adapun maksud dan tujuan dari penelitian ini, antara lain :

1. Memahami dan dapat merancang perencanaan pembangunan infrastruktur dinding penahan tanah pada tanah yang tidak stabil.
2. Mengetahui tahapan analisis stabilitas lereng dengan pemodelan plaxis 2D
3. Menganalisis stabilitas lereng asli dan stabilitas lereng dengan perkuatan DPT.

1.4 Batasan Masalah

Pada penelitian ini, asumsi-asumsi yang digunakan dalam pembuatan program stabilitas lereng adalah sebagai berikut :

1. Penampang geoteknik yang dapat dihitung maksimal 10 layer (lapis) tanah dan horisontal.
2. Kelongsoran lereng dianggap terjadi pada permukaan bidang tertentu dengan model dua dimensi.
3. Masa tanah yang longsor dianggap masa masif.
4. Bidang longsor yang ditinjau berbentuk rotasi atau lingkaran.
5. Tidak meninjau aliran permukaan, pengaruh aliran tanah artesis maupun rembesan.
6. Tidak meninjau akibat beban luar yang terjadi.
7. Tidak meninjau adanya retakan permukaan (crack) yang terjadi.

1.5 Sistematika Penulisan

Dalam membuat penulisan Tugas Akhir ini, penulis membuat sebuah sistematika penulisan sebagai acuan untuk mempermudah dalam pembahasan pokok-pokok bahasan dalam laporan ini.

Adapun sistematika penulisan Tugas Akhir ini, yaitu sebagai berikut.

BAB I : PENDAHULUAN

Pada Bab ini di bahas tentang Latar Belakang, Maksud dan Tujuan Penelitian, dan Sistematika Penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Pada Bab ini dijelaskan mengenai Stabilitas Lereng (*Slope Stability*), Metode Penyelidikan Tanah, Metode Geotextile, dan Pemodelan dengan Plaxis 2D.

BAB III : METODE PENELITIAN

Pada bab ini di jelaskan tentang Tinjauan Umum, Lokasi Penelitian, Tahapan Penelitian, Metode Pengumpulan Data, dan Bagan Alur Penelitian.

BAB IV : ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini di jelaskan tentang Penanganan Lereng, Kriteria Faktor Keamanan, Data Penyelidikan Tanah, Daya Dukung Ijin DPT, Analisis Stabilitas Lereng, serta Rekapitulasi Hasil Analisis.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini di jelaskan tentang Kesimpulan Dan Saran dari hasil penelitian ini.

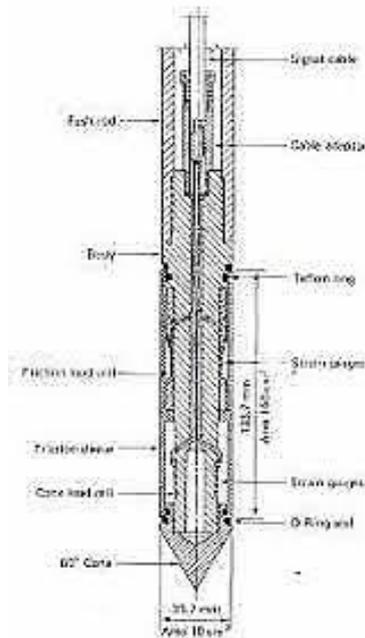
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Metode Penyelidikan Tanah

2.1.1 Cone Penetration Test

Alat kerucut penetrometer (Cone Penetration Test) adalah sebuah alat yang ujungnya berbentuk kerucut dengan sudut 60° dan dengan luasan ujung 10 cm². Alat ini digunakan dengan cara ditekan ke dalam tanah terus menerus dengan kecepatan tetap 20 mm/detik, sementara itu besarnya perlawanan tanah terhadap kerucut penetrasi (qc) juga terus menerus diukur. Dari alat penetrometer yang lazim dipakai, sebagian besar mempunyai selubung geser (biconus) yang dapat bergerak mengikuti kerucut penetrometer. Salah satu keuntungan utama dari alat ini ialah bahwa tidak perlu diadakan pemboran tanah untuk penyelidikan tanah. Tes pada umumnya dilakukan pada tanah kohesif (Braja M. Das, 2010).



Gambar 2.1 Alat uji cone penetration test

2.1.1.1 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Data Sondir atau CPT

Alat sondir atau CPT memberikan tekanan konus dengan atau tanpa hambatan pelekak (friction resistance) yang dapat dikorelasikan pada parameter tanah seperti undrained shear strength, kompresibilitas tanah dan dapat memperkirakan jenis lapisan tanah.

Data CPT dapat digunakan untuk menetapkan kapasitas dukung yang diperbolehkan dan untuk merancang tiang pancang. Data dapat digunakan untuk menguatkan metode – metode pengujian lain dan dapat digunakan untuk memperkirakan klasifikasi tanah.

Tabel 2.1 Klasifikasi Tanah

Kedalaman	Jenis Tanah	qc (kg/cm
- 0,2 sampai - 2,4	Tanah Konsisten sangat lunak sampai lunak	1,0 - 6,0
- 2,6 sampai - 6,6	tanah konsistensi lunak sampai teguh	5,0 - 12,0
- 6,8 sampai 15,6	Tanah konsistensi teguh sampai kaku	12,0 - 40,0
- 15,8 sampai 16,2	Tanah konsistensi sangat kaku sampai keras	75,0 - 250,0

2.1.1.2 Friction Ratio

Friction Ratio merupakan rasio perbandingan dari nilai tahanan selimut dengan nilai penetrasi konus. Pada percobaan sondir (ASTM D 3441,2002) rumus yang digunakan adalah:

- Local Friction (Tahanan Konus)

$$\text{Friksi} = (C+P) - C \quad (3-1)$$

$$\text{Tahanan konus (qc)} = C$$

Dimana :

$$qc = \text{Tahanan konus (kg/cm}^2 \text{)}$$

$$C = \text{Pembacaan pertama dial sondir (kg/cm}^2 \text{)}$$

$$C + F = \text{Pembacaan kedua dial sondir (kg/cm}^2 \text{)}$$

- Tahanan selimut

$$\text{Tahanan selimut (fs)} = \text{Friksi} \times \frac{10}{100} \text{ atau } \frac{15}{100}$$

- Friction Ratio

$$Fr = \frac{fs}{qc} \times 100$$

Berikut ini merupakan korelasi yang digunakan untuk mendapatkan nilai *friction ratio*

Tabel 2.2 Hubungan Nilai Friction Ratio dengan Jenis Tanah

Friction Ratio (FR)	Jenis Tanah
0,2 - 0,6	Gravel, coarse sand
0,6 - 1.2	sand
1.2 - 4,0	silt/loam
3,0 - 5,0	Clay
5,0 - 7,0	Heavy clay (incl "pot clay")
5,0 - 10,0	Peat

2.1.1.3 Kohesi

Sunggono (1984) kohesi merupakan gaya tarik menarik 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 ini berupa gerakan lateral tanah. Deformasi ini terjadi akibat kombinasi keadaan kritis pada tegangan normal dan tegangan geser yang tidak sesuai dengan faktor aman dari yang direncanakan. Nilai ini didapat dari pengujian Triaxial Test dan Direct Shear Test. Nilai kohesi secara empiris dapat ditentukan dari data sondir (q_c) yaitu sebagai berikut:

$$\text{Kohesi} = q_c/20$$

2.1.2 Standart Penetration Tst (SPT)

Standar penetration test atau lebih sering dikenal sebagai SPT merupakan suatu cara yang dilakukan dilapangan atau lokasi pekerjaan yang bertujuan untuk mengetahui atau mendapatkan daya dukung tanah secara langsung di proyek.

Selain itu test ini juga bertujuan untuk mengetahui baik perlawanan dinamik tanah maupun pengambilan contoh tanah dengan teknik penumbukan. Uji SPT ini merupakan percobaan dinamis yang dilakukan dalam suatu lubang bor dengan memasukkan tabung sampel yang berdiameter dalam 35 mm sedalam 305 mm dengan menggunakan masa pendorong (palu) seberat 63,5 kg yang jatuh bebas dari ketinggian 760 mm. Banyaknya pukulan palu tersebut untuk memasukkan tabung

smapel sedalam 305 dinyatakan sebagai nilai N. Pelaksanaan dilakukan dalam tiga tahap yang mana tahap pertama merupakan kedudukan 8 sementara Jumlah pukulan untuk memasukkan tahap kedua dan ketiga dijumlahkan untuk memperoleh nilai pukulan N atau perlawanan SPT dinyatakan dalam pukulan per 30 cm.

Secara bertahap, percobaan SPT ini dilakukan dengan cara berikut:

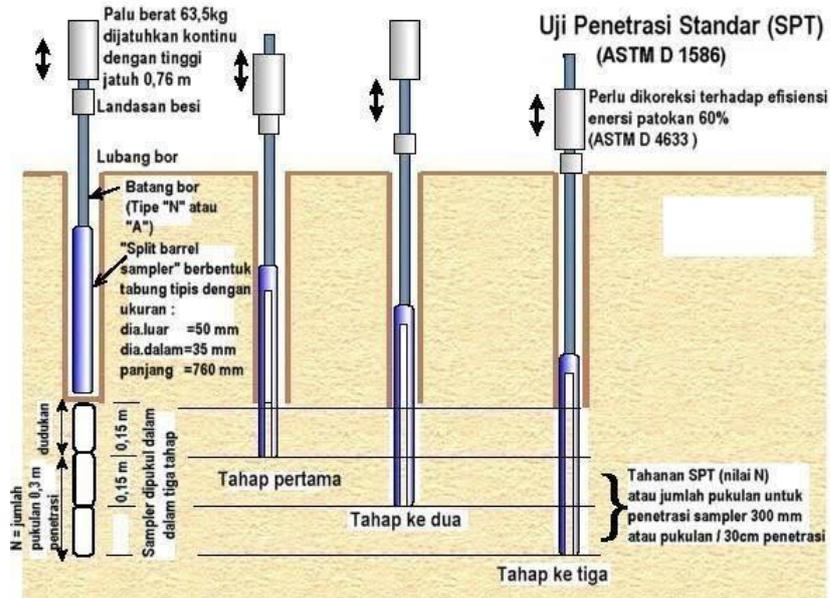
1. Siapkan peralatan SPT yang dipergunakan seperti: mesin bor, batang bor, split spoon sampler, hammer, dan lain-lain
2. Lakukan pengeboran sampai kedalaman testing, lubang dibersihkan dari kotoran hasil pengeboran dari tabung segera dipasangkan pada bagian dasar lubang bor.
3. Berikan tanda pada batang setiap 15cm dengan total 45 cm.
4. Dengan pertolongan mesin bor, tumbuklah batang bor ini dengan pukulan palu seberat 63,5 kg dan ketinggian jatuh 76 cm hingga kedalaman yang dihasilkan, dicatat jumlah pukulan untuk memasukkan penetrasi setiap 15 cm (N value)

Maka total jumlah pukulan adalah N₂ dengan N₃ yaitu 6+7=13 pukulan sama dengan nilai N. N₁ tidak diperhitungkan karena dianggap 15 cm pukulan pertama merupakan sisa kotoran pengeboran yang tertinggal pada dasar lubang bor, sehingga perlu dibersihkan untuk memperkecil efisiensi gangguan.

1. Hasil pengambilan contoh tanah dari tabung tersebut dibawa kepermukaan dan dibuka. Gambarkan contohjenis-jenis tanah yang meliputi komposisi, struktur, konsistensi, warna dan kemudian masukkan kedalam botol tanpa dipadatkan atau kedalam plastik, lalu kedalam core box.
2. Gambarkan grafik hasil percobban SPT.

Catatan: pengujian dihentikan bila nilai SPT>50 untuk 4 kali interval pengambilan dimana interval pengambilan SPT 2m

Sementara secara skematis urutan uji SPT yaitu gambar 2.1



Gambar 2.2 Skema Urutan Uji Penetrasi Standar (SPT)

Alat ini sudah populer penggunaannya di dunia karena sederhana, praktis, cepat dan dapat mengetahui jenis tanah secara langsung. Alat ini perlu distandarisasi karena hasil yang didapat berupa nilai N (jumlah pukulan) sangat bergantung pada tipe alat yang digunakan.

Adapun faktor penyebab SPT perlu distandarisasi yakni:

1. Dengan menggunakan hammer yang berbeda ternyata mentransfer energi yang berbeda juga,
2. Dengan tipe panjang tabung (rod) yang berbeda akan menyebabkan pengaruh energi yang ditransfer juga berbeda,
3. Dengan tinggi jatuh yang berbeda, akan mempengaruhi besarnya energi hammer yang berbeda yang ditransfer ke batang
4. Tali yang telah lapuk dapat mengurangi kelancaran terjadinya tinggi jatuh bebas,
5. Penggunaan tali hammer yang berbeda dapat mempengaruhi perlawanan SPT.

Dalam kasus-kasus yang umum, uji SPT dilakukan setiap penetrasi bor 1,5 – 2m atau paling sedikit pada tiap – tiap pergantian jenis lapisan tanah di sepanjang kedalaman lubang bornya. Uji SPT dapat dihentikan jika jumlah pukulan melebihi 50kali sebelum penetrasi 30 cm tercapai, namun nilai penetrasinya tetap dicatat, jika uji SPT dilakukan dibawah muka air tanah, maka harus dilakukan dengan hati – hati, karena air tanah yang masuk kedalam tabung cenderung melonggarkan pasir akibat tekanan rembesan ke atas. Dalam kejadian ini, untuk menyamakan kedudukan muka air tanah yang sama antara didalam dan diluar lubang bor (agar tekanan rembesan kecil), maka didalam lubang bisa dimasuki air.

Untuk tanah berbatu, tabung belah standar yang terbuka digunakan berbentuk tertutup dan meruncing 30° pada ujungnya. Telah dilaporkan bahwa pada umumnya nilai N yang diperoleh oleh kedua tipe alat ini mendekati sama, untuk jenis tanah dan perapatan relatif tanah yang sama.

Dalam prakteknya, terdapat 3 tipe pemukulan untuk uji SPT, yaitu :

1. Pemukulan Donat (Donut Hammer)
2. Pemukulan Aman (Safety Hammer)
3. Pemukulan Otomatis (Automatic Hammer)

Hasil uji SPT ini sangat bergantung pada alat yang digunakan dan operator pelaksana uji. Faktor yang terpenting adalah efisiensi tenaga dari sistem yang digunakan. Secara teoritis tenaga sistem jatuh bebas dengan massa dan tinggi jatuh tertentu adalah 48 kg/m, tetapi besar tenaga sebenarnya lebih kecil karena pengaruh gesekan dan eksetrisitas, yang nilainya tergantung pada tipe pemukulnya.

Pada tanah pasir halus dan pasir kelanauan pada saat penetrasi tabung belah SPT akan timbul tegangan air pori yang cukup besar. Hal ini dapat berakibat nilai N yang diperoleh lebih tinggi dari seharusnya. Koreksi yang dianjurkan oleh Terzaghi dan peck (1948) adalah sebagai berikut:

$$N = 15 + \frac{1}{2} (N' - 15)$$

Dengan $N = N$ SPT hasil koreksi

$N' = n$ SPT lapangan; bila N'

Menurut teori terzhaghi dan peck Hubungan nilai N dengan kerapatan relatif adalah sebagai berikut:

Tabel 2.3 hubungan nilai N dengan kerapatan relative

Nilai N I	Kerapatan Relatif (Dr)
<4	Sangat Tidak Padat
4-10	Tidak Padat
10-30	Kepadatan sedang
30-50	Padat
>50	Sangat Padat

Menurut ASTM D-4333 setiap alat uji SPT yang digunakan harus dikalibrasi tingkat efisiensi tenaganya dengan menggunakan alat ukur starain gauges dan aselerometer, untuk memperoleh standar efisiensi tenaga yang lebih teliti. Di dalam praktek, efisiensi tenaga sistem balok derek dengan palu donat (donut hammer) dan palu pengaman (safety hammer) berkisar 35% sampai 85%, sementara efisiensi tenaga palu otomatis (automatic hammer) berkisar 80% sampai 100%. Jika efisiensi yang diukur (Ef) diperoleh dari kalibrasi alat, nilai N terukur harus dikoreksi terhadap efisiensi sebesar 60% dan dinyatakan dalam rumus.

$$N_{60} = \frac{E_f}{60nm}$$

Dengan:

N_{60} = efisiensi 60%

E_f = efisiensi yang terukur

N = nilai N terukur yang harus dikoreksi

Nilai N terukur harus dikoreksi pada N_{60} untuk semua jenis tanah. Besaran koreksi pengaruh efisiensi tenaga biasanya tergantung pada lining tabaung, panjang batang, dan diameter lubang bor (Skempton, 1986) dan (Kullhawy & Mayne 1990). Oleh karena itu, untuk mendapatkan koreksi yang lebih teliti dan memadai terhadap N_{60} harus dilakukan uji tenaga E_f . ([https://www.google .co.id](https://www.google.co.id)) pengujian N-SPT.

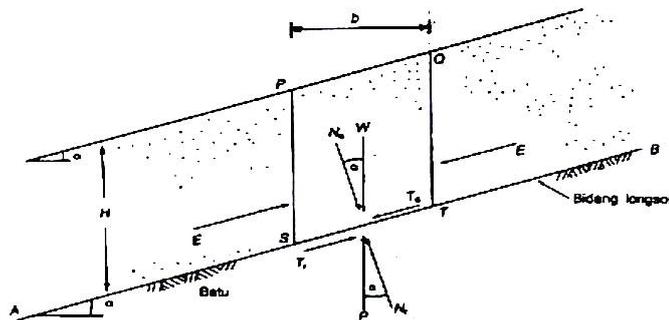
dimana :

c = kohesi

ϕ = sudut geser yang bekerja sepanjang bidang longsor.

2.2.1 Stabilitas Lereng Menerus tanpa Rembesan

Stabilitas Lereng Menerus tanpa Rembesan Dalam mempelajari masalah stabilitas lereng, pertama harus dipelajari keadaan suatu lereng menerus. seperti yang ditunjukkan pada Gambar berikut.



Gambar 2.4 Analisis Lereng menerus tanpa rembesan

Kekuatan geser tanah dapat diketahui melalui persamaan (Das 1985) :

$$\tau_f = c + \sigma \tan \phi$$

dimana :

τ_f = kekuatan tanah untuk menahan kelongsoran

c = kohesi tanah penahan

ϕ = sudut geser tanah

σ = tegangan normal rata-rata pada permukaan bidang longsor.

Dengan menganggap bahwa tekanan air pori adalah nol, maka dilakukan evaluasi angka keamanan terhadap kemungkinan kelongsoran lereng sepanjang bidang AB yang terletak pada kedalaman H dibawah permukaan tanah. Hasilnya, keruntuhan lereng dapat terjadi karena pergerakan tanah diatas bidang AB dari kanan ke kiri. Dapat diperhatikan bahwa elemen lereng abcd, mempunyai satu satuan tebal tegak lurus terhadap bidang gambar. Gaya F yang bekerja pada bidang ab dan cd adalah sama besar dan berlawanan arah oleh karena itu gaya tersebut dapat diabaikan. Berat elemen tanah yang ditinjau adalah :

$$W = (\text{volume elemen tanah}) \times (\text{berat volume tanah}) = \gamma LH$$

Berat W dapat diuraikan dalam dua komponen sebagai berikut :

- Gaya yang tegak lurus pada bidang AB = $N_a = W \cos \beta = \gamma LH \cos \beta$,
 - Gaya yang paralel terhadap bidang AB = $T_a = W \sin \beta = \gamma LH \sin \beta$.
- Perhatikan bahwa gaya T_a cenderung menyebabkan kelongsoran sepanjang bidang.

Angka keamanan dapat didefinisikan dalam persamaan :

$$F_s = \frac{c}{\gamma H \cos^2 \beta \cdot \tan \beta} + \frac{\tan \phi}{\tan \beta}$$

Keterangan :

F_s = faktor keamanan

c = kohesi

ϕ = sudut geser tanah

γ = berat volume tanah

β = kemiringan lereng terhadap bidang horisontal

H = tinggi lereng

Untuk tanah berbutir $c = 0$, angka keamanan (F_s) menjadi $\frac{\tan \phi}{\tan \beta}$. Ini menunjukkan bahwa suatu lereng menerus yang terdiri dari tanah pasir, harga F_s -nya tidak tergantung pada tinggi H , dan lereng akan tetap stabil selama $\beta < \phi$. Bila tanah mempunyai kohesi (c) dan sudut geser (ϕ), ketebalan lapisan tanah pada lereng kritis dapat ditentukan dengan memasukkan harga $F_s = 1$ dan $H = H_{cr}$ kedalam persamaan diatas dengan demikian akan didapatkan :

$$H_{cr} = \frac{c}{\gamma} \frac{1}{\cos^2 \beta (\tan \beta - \tan \phi)}$$

Keterangan :

H_{cr} = tinggi kritis lereng

c = kohesi

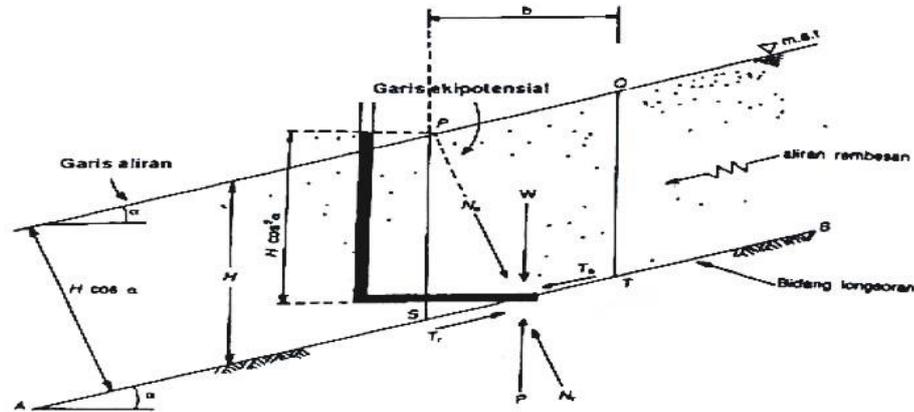
ϕ = sudut geser tanah

γ = berat volume tanah

β = kemiringan lereng terhadap bidang horisontal

2.2.2 Analisis Lereng Menerus dengan Adanya Rembesan Air

Lereng menerus dengan rembesan merupakan lereng yang dianggap ada rembesan didalam tanah yang permukaan air tanahnya sama dengan permukaan tanah.



Gambar 2.5 Analisis Lereng menerus dengan rembesan

Kekuatan geser dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\tau_f = c + \sigma' \tan \phi$$

Keterangan :

τ_f = kekuatan tanah untuk menahan kelongsoran

c = kohesi

ϕ = sudut geser tanah

σ' = tegangan normal efektif

Untuk menentukan angka keamanan terhadap kelongsoran sepanjang bidang AB, perhatikan lereng abcd pada Gambar diatas. Gaya-gaya yang bekerja pada permukaan bidang vertikal ab dan cd adalah sama besar dan berlawanan arah.

Berat total dari elemen lereng untuk satu satuan tebal adalah :

$$W = \gamma_{sat} LH$$

Keterangan :

W = berat total lereng

γ_{sat} = berat volume jenuh

L = panjang bidang

H = tinggi lereng

Angka keamanan terhadap kekuatan tanah dapat dituliskan sebagai berikut :

$$F_s = \frac{c}{\gamma_{sat} H \cos^2 \beta \cdot \tan \beta} + \frac{\gamma' \tan \phi}{\gamma_{sat} \tan \beta}$$

Keterangan :

F_s	= faktor keamanan
c	= kohesi
ϕ	= sudut geser tanah
γ'	= berat volume efektif
γ_{sat}	= berat volume jenuh
β	= kemiringan lereng terhadap bidang horisontal
H	= tinggi lereng

2.3 Definisi Longsoran

Tanah longsor adalah perpindahan material pembentuk lereng berupa batuan, bahan rombakan, tanah, atau material campuran tersebut, bergerak ke bawah atau keluar lereng. 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.

2.3.1 Klasifikasi Kelongsoran

Pengertian longsoran (*landslide*) dengan gerakan tanah (*mass movement*) mempunyai kesamaan sehingga untuk memberikan definisi longsoran perlu penjelasan keduanya. Gerakan tanah ialah perpindahan massa tanah atau batu pada arah tegak, mendatar atau miring dari kedudukan semula. Gerakan tanah mencakup gerak rayapan dan aliran maupun longsoran.

Ada beberapa jenis bentuk kelongsoran diantaranya Longsor Translasi, Longsor Rotasi, Pergerakan Blok, Runtuhan Batu, Rayapan Tanah, dan Aliran Bahan Rombakan. Di Indonesia jenis longsoran yang paling sering terjadi adalah longsor translasi dan longsor rotasi dan jenis tanah longsor yang paling banyak memakan korban jiwa adalah aliran bahan rombakan.

1. Longsor Translasi

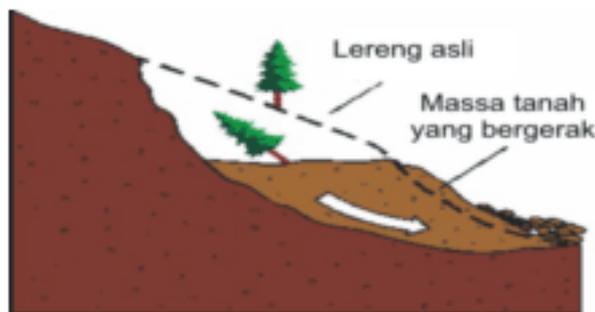
Longsor ini terjadi karena bergeraknyanya massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk rata atau menggelombang landai.



Gambar 2.6 Bentuk Longsor Translasi

2. Longsor Rotasi

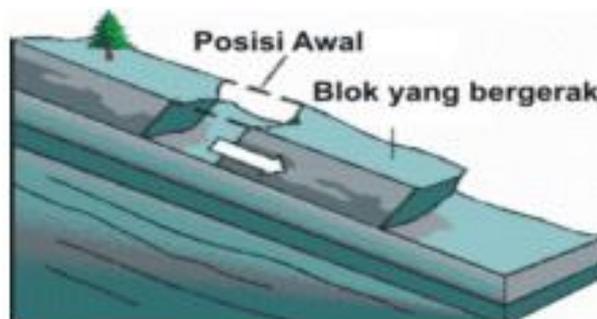
Longsoran ini muncul akibat bergeraknyanya massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk cekung.



Gambar 2.7 Bentuk Longsor Rotasi

3. Pergerakan Blok

Pergerakan blok terjadi karena perpindahan batuan yang bergerak pada bidang gelincir berbentuk rata. Longsor jenis ini disebut juga longsor translasi blok batu.



Gambar 2.8 Bentuk Pergerakan Blok

4. Runtuhan Batu

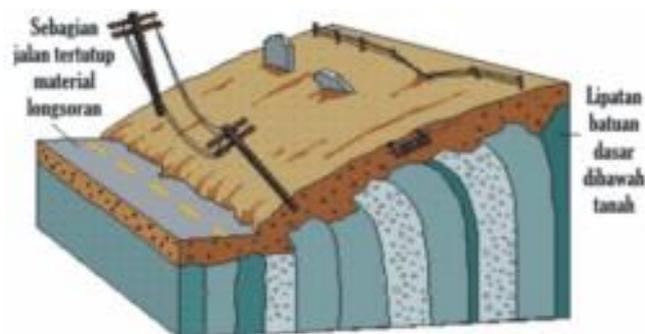
Runtuhan batu terjadi saat sejumlah besar batuan atau material lain bergerak ke bawah dengan cara jatuh bebas. Biasanya longsor ini terjadi pada lereng yang terjal sampai menggantung, terutama di daerah pantai, runtuhan batu-batu besar dapat menyebabkan kerusakan parah.



Gambar 2.9 Bentuk Runtuhan Batu

5. Rayapan Tanah

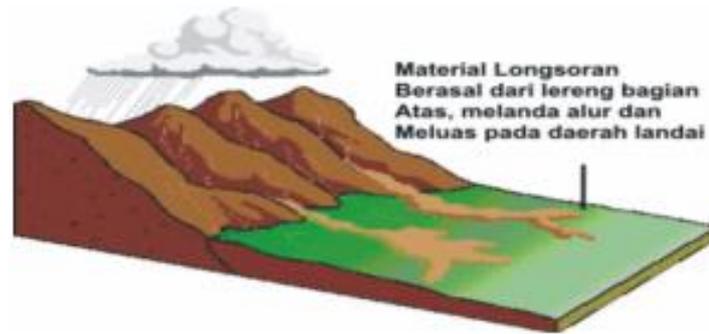
Longsor ini bergerak lambat serta jenis tanahnya berupa butiran kasar dan halus, longsor ini hampir tidak dapat dikenali, setelah beberapa lama terjadi longoran jenis rayapan tanah posisi tiang-tiang listrik, pohon-pohon, dan rumah akan miring ke bawah.



Gambar 2.10 Bentuk Rayapan Tanah

6. Aliran Bahan Rombakan

Longsor ini terjadi ketika massa tanah bergerak didorong oleh air dan terjadi disepanjang lembah yang mencapai ratusan meter jauhnya, kecepatan bergantung pada kemiringan lereng, volume air, tekanan air, dan jenis materialnya.



Gambar 2.11 Bentuk Aliran Bahan Rombakan

2.3.2 Faktor Penyebab Kelongsoran Lereng

Faktor penyebab kelongsoran lereng diantaranya adalah (Highway Research Board 1987) :

1. Berkurangnya kekuatan tanah untuk menahan kelongsoran akibat :

- a. Erosi, baik yang disebabkan oleh aliran air sungai, hujan maupun perbedaan suhu yang sangat drastis
- b. Pergerakan alami dari lereng akibat pergeseran bidang longsor maupun akibat penurunan (settlement)
- c. Aktivitas manusia, antara lain :
 - Penggalian dasar lereng yang dapat mempertajam sudut kemiringan lereng
 - Pergeseran/perusakan terhadap struktur penahan tanah yang ada
 - Penurunan seketika muka air diluar bendungan
 - Penggundulan tanaman pada muka lereng

2. Bertambahnya kekuatan dorong pada lereng akibat :

- a. Kondisi alam, seperti :
 - Peningkatan berat volume tanah akibat pengaruh air hujan
 - Akumulasi sedimen diatas lereng
- b. Aktivitas manusia, seperti :
 - Pengurugan tanah diatas lereng
 - Pembangunan gedung dan sejenisnya disekitar lereng
- c. Gempa atau sumber getaran yang lain
- d. Pemindahan material disekeliling dasar akibat :
 - Aliran sungai maupun gelombang laut
 - Terjadinya peristiwa piping

- Aktivitas manusia seperti penggalian dan penebangan
 - Hilangnya kekuatan geser tanah disekeliling dasar lereng
- e. Timbulnya tekanan tanah lateral akibat :
- Retakan-retakan tanah
 - Beban yang bekerja disekitar muka lereng
 - Mengembangnya tanah lempung

2.3.3 Penanggulangan Longsoran

Penanggulangan longsoran lereng yang dilakukan bersifat pencegahan sebelum longsor terjadi pada daerah potensial dan stabilisasi, setelah longsor terjadi jika belum runtuh total. Penanggulangan yang tepat pada kedua kondisi diatas dengan memperhatikan penyebab utama longsor, kondisi pelapisan tanah dan juga aspek geologinya.

Langkah yang umum dalam menangani longsor antara lain: pemetaan geologi topografi daerah yang longsor, pemboran untuk mengetahui bentuk pelapisan tanah/batuan dan bidang gelincirnya, pemasangan piezometer untuk mengetahui muka air atau tekanan air porinya, dan pemasangan slope indicator untuk mencari bidang geser yang terjadi. Selain itu dilakukan pula pengambilan tanah tidak terganggu, terutama pada bidang geser untuk dipelajari besar kekuatan tahanan gesernya. Ada beberapa cara untuk menstabilkan lereng yang berpotensi terjadi kelongsoran.

Pada prinsipnya ada dua cara yang dapat digunakan untuk menstabilkan suatu lereng, yaitu:

1. Memperkecil gaya penggerak atau momen penyebab longsor. Gaya atau momen penyebab longsor dapat diperkecil dengan cara merubah bentuk lereng, yaitu dengan cara :
 - a. Merubah lereng lebih datar atau memperkecil sudut kemiringan
 - b. Memperkecil ketinggian lereng
 - c. Merubah lereng menjadi lereng bertingkat (multi slope)
2. Memperbesar gaya lawan atau momen penahan longsor. Gaya lawan atau momen penahan longsor dapat diperbesar dengan beberapa cara yaitu :

- a. Menggunakan counter weight yaitu tanah timbunan pada kaki lereng. Cara ini mudah dilaksanakan asalkan terdapat tempat dikaki lereng untuk tanah timbunan tersebut.
- b. Mengurangi air pori didalam lereng
- c. Cara mekanis yaitu dengan memasang tiang pancang atau dinding penahan tanah.

Menurut Hardiyatmo (2003) metode perbaikan stabilitas lereng dibagi menjadi tiga kategori yaitu sebagai berikut :

1. Metode kimia dan mekanis yaitu dengan cara grouting semen untuk menambah kuas geser tanah pada metode mekanis atau menambahkan bahan tertentu ke dalam tanah pada metode kimia.
2. Metode geometri merupakan metode dengan cara geometri lereng menjadi lebih landai.
3. Metode hidrologi merupakan metode dengan tujuan menurunkan muka air tanah atau menurunkan kadar air tanah pada.

2.4 Definisi Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan tanah adalah suatu konstruksi yang berfungsi untuk menahan tanah lepas atau alami dan mencegah keruntuhan tanah yang miring atau lereng yang kemantapannya tidak dapat dijamin oleh lereng tanah itu sendiri. Tanah yang tertahan memberikan dorongan secara aktif pada struktur dinding sehingga struktur cenderung akan terguling atau akan tergeser.

Dinding penahan tanah juga merupakan suatu struktur yang direncanakan dan dibangun untuk menahan tekanan tanah lateral yang ditimbulkan oleh tanah urug atau tanah asli yang labil, sehingga dinding penahan tanah aman terhadap pergeseran, penggulingan dan keruntuhan kapasitas dukung tanah. Fungsi utama dari konstruksi dinding penahan tanah ialah menahan tanah yang berada di belakangnya dari bahaya longsor akibat :

1. Benda-benda yang berada di atas tanah (perkerasan dan konstruksi jalan, jembatan, kendaraan dan lain-lain).
2. Berat tanah.
3. Berat air (tanah).

Dinding penahan tanah berfungsi untuk menyokong tanah serta mencegahnya dari bahaya kelongsoran. Baik akibat beban air hujan, berat tanah itu sendiri maupun akibat beban yang bekerja di atasnya.

2.4.1 Jenis Dinding Penahan Tanah

Jenis dinding penahan tanah berdasarkan cara untuk mencapai stabilitasnya, maka dinding penahan tanah dapat digolongkan dalam beberapa jenis yaitu dinding gravitasi, dinding kantilever, dinding counterfort, dinding buttress. Beberapa jenis dinding penahan tanah antara lain :

1. Dinding Penahan Tanah Tipe Gravitasi (*gravity wall*)

Dinding ini dibuat dari beton tidak bertulang atau pasangan batu, terkadang pada dinding jenis ini dipasang tulangan pada permukaan dinding untuk mencegah retakan permukaan akibat perubahan temperature (Tanjung, 2016).

2. Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever (*cantilever retaining wall*)

Dinding ini terdiri dari kombinasi dinding dengan beton bertulang yang berbentuk huruf T. Stabilitas konstruksinya diperoleh dari berat sendiri dinding penahan dan berat tanah di atas tumit tapak (heel). Terdapat 3 bagian struktur yang berfungsi sebagai kantiliver, yaitu bagian dinding vertikal (stem), tumit tapak dan ujung kaki tapak (toe). Biasanya ketinggian dinding ini tidak lebih dari 6 – 7 meter (Tanjung, 2016).

3. Dinding Penahan Tanah Tipe Counterfort

Dinding ini terdiri dari dinding beton bertulang tipis yang di bagian dalam dinding pada jarak tertentu didukung oleh pelat/dinding vertikal yang disebut counterfort (dinding penguat). Ruang di atas pelat pondasi diisi dengan tanah urug. Apabila tekanan tanah aktif pada dinding vertikal cukup besar, maka bagian dinding vertikal dan tumit perlu disatukan. Counterfort berfungsi sebagai pengikat tarik dinding vertikal dan ditempatkan pada bagian timbunan dengan interval jarak tertentu. Dinding counterfort akan lebih ekonomis digunakan bila ketinggian dinding lebih dari 7 meter (Tanjung, 2016).

4. Dinding Penahan Tanah Tipe Buttress

Dinding buttress hampir sama dengan dinding counterfort, hanya bedanya bagian counterfort diletakkan di depan dinding. Dalam hal ini, struktur counterfort berfungsi memikul tegangan tekan. Pada dinding ini, bagian tumit 10 lebih pendek dari pada bagian kaki. Stabilitas konstruksinya diperoleh dari berat sendiri dinding penahan dan berat tanah di atas tumit tapak.

Dinding ini dibangun 8 pada sisi dinding di bawah tertekan untuk memperkecil gaya irisan yang bekerja pada dinding memanjang dan pelat lantai. Dinding ini lebih ekonomis untuk ketinggian lebih dari 7 meter. Kelemahan dari dinding ini adalah penahannya yang lebih sulit daripada jenis lainnya dan pemadatan dengan cara rolling pada tanah di bagian belakang adalah jauh lebih sulit (Tanjung, 2016).

2.4.2 Fungsi Dinding Penahan Tanah

Fungsi dinding penahan tanah adalah sebagai tembok yang menyangga pergerakan tanah. Namun jika ingin meninjaunya lebih lanjut, berikut ini penjelasan lengkap tentang tiga fungsi dinding penahan tanah, yaitu:

1. *Active Lateral Force Soil* yaitu fungsi mencegah runtuhnya lateral tanah, misalnya longsor atau landslide.
2. *Lateral Force Water* yaitu fungsi mencegah keruntuhan tanah lateral yang diakibatkan oleh tekanan air berlebih.
3. *Flow net cut off* yaitu fungsi memotong aliran air pada tanah.

2.5 Analisa Stabilitas Lereng dengan Software PLAXIS

PLAXIS adalah program komputer berdasarkan metode elemen hingga dua dimensi yang digunakan secara khusus untuk melakukan analisis deformasi dan stabilitas untuk berbagai aplikasi dalam bidang geoteknik. Program ini terdiri dari empat buah sub program yaitu Masukan, Perhitungan, Keluaran dan Kurva. Adapun penjelasan keempat sub program tersebut adalah sebagai berikut :

2.5.1 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 keseluruhan 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 kN/m³ atau 0,062 klb/ft³.

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 dibentuk 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).

2.5.2 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 perhitungannya 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).

2.5.3 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 (Δu_x dan Δu_y). 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).

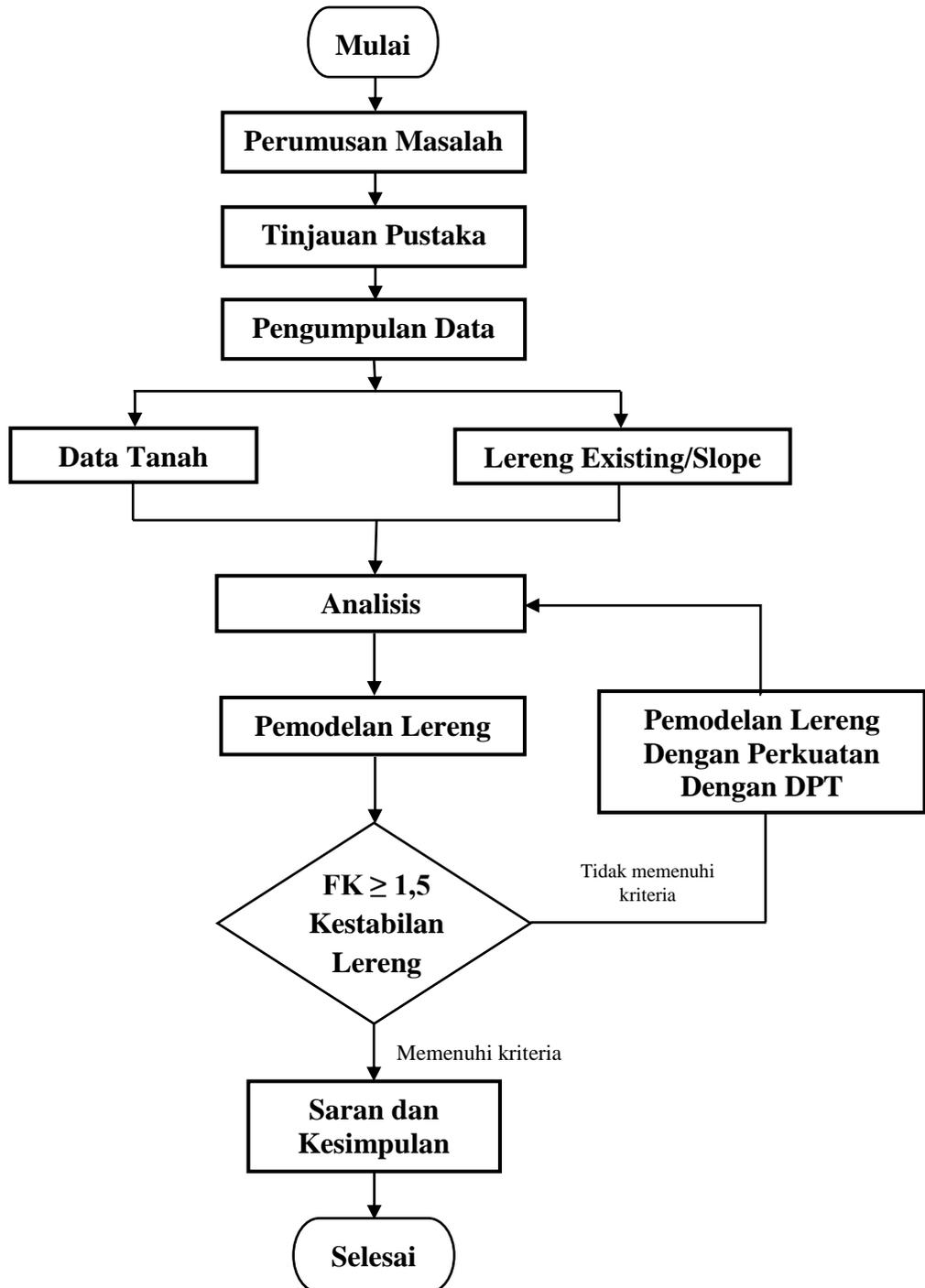
d. Tegangan dan gaya dalam interface dan struktur

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.

2.5.4 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



Gambar 3.1 Flowchart penelitian

3.1 Perumusan Masalah

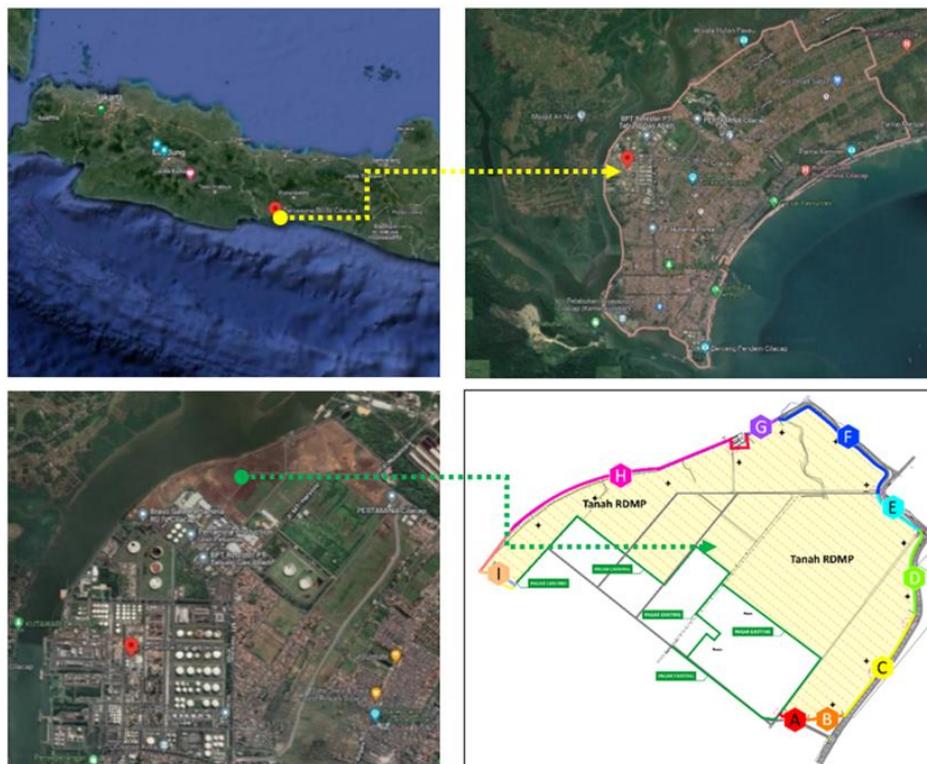
Kegiatan ini dilakukan dalam penelitian agar masalah yang akan dibahas dalam penelitian menjadi jelas serta tujuan dan manfaat dilakukannya penelitian dapat diketahui oleh pembaca.

3.2 Tinjauan Pustaka

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 penyelidikan tanah, analisis stabilitas lereng, longsor, metode perkuatan lereng dengan DPT yang digunakan pada penanganan lereng tersebut, dan teori mengenai pemodelan stabilitas lereng menggunakan Plaxis 2D.

3.3 Lokasi Penelitian

Lokasi Proyek berada di Area kerja PT Kilang Pertamina Internasional RDMP RU IV Cilacap, Cilacap, Jawa Tengah dengan titik kordinat - 7.699497193484337, 108.9985414420767



Gambar 3.2 Lokasi Penelitian Proyek RDMP RU IV Cilacap

3.4 Pengumpulan Data

Kegiatan pengumpulan data ini merupakan suatu proses yang penting dalam penelitian ini diawali dengan penyelidikan tanah untuk mengetahui parameter design dari tanah dilokasi penelitian tersebut, stabilitas lereng dan daya dukung tanah, Kegiatan ini juga dilakukan untuk menentukan perkuatan yang tepat pada penelitian ini serta pengumpulan data mengenai deskripsi DPT yang digunakan.

3.4.1 Data Tanah

Data Penyelidikan tanah diambil dari data penyelidikan tanah yang dilakukan pada proyek sebelumnya dengan lokasi yang tidak jauh dengan lokasi Pekerjaan yang akan di kerjakan,

Tabel 3.1 Rekapitulasi Kegiatan Sondir Kapasitas 10 Ton

Titik Sondir	Tanggal Pelaksanaan (DD/MM/YYYY)	Koordinat Global		Elevasi Muka Tanah (m)	Kedalaman Penetrasi (m)	Tahanan Ujung, $q_c^{(1)}$ (MPa)
		Easting	Northing			
RDMP CPT-01	10/1/2020	279,370.350	9,149,471.980	+3.00	21.4	>100
RDMP CPT-02	13/1/2020	280,696.560	9,150,211.590	+5.00	24.4	>100
RDMP CPT-03	13/1/2020	280,761.420	9,150,242.060	+4.00	10.0	3
RDMP CPT-04	12/1/2020	280,951.890	9,150,121.550	+6.00	10.0	2
RDMP CPT-05	17/1/2020	281,160.020	9,149,851.930	+7.00	31.8	>100
RDMP CPT-06	21/1/2020	280,396.080	9,147,639.660	+6.00	38.4	>100
RDMP CPT-07	31/1/2020	280,884.600	9,148,620.790	+7.00	32.0	>100
RDMP CPT-08	02/2/2020	201,250.470	9,149,132.920	+8.00	30.6	>100

Dari data penyelidikan tanah pada table 3.1 diambil data RDMP BH 07, Karena data tersebut adalah data yang paling dekat dengan lokasi peninjauan perhitungan stabilitas tanah pada titik kritis.

3.4.2 Data DPT

Dinding penahan tanah dibuat untuk dapat menahan gaya tanah lateral dari tanah isian dibelakang dinding, hal yang harus diketahui adalah sifat-sifat tanah berupa berat satuan volume (J_s), sudut geser dalam (I) dan kohesi (C). Ada beberapa type yang biasa dibangun yang disesuaikan dengan kebutuhan proyek.

Ada 2 (dua) tahap dalam desain dinding penahan tanah, yaitu :

1. Analisa perhitungan tekanan tanah lateral, selanjutnya periksa stabilitas terhadap guling (*overturning stability*), geser (*sliding stability*) dan keruntuhan daya dukung (*bearing capacity failure*).
2. Periksa setiap komponen konstruksi untuk kekuatan struktur, periksa tegangan geser dan tegangan tekan yang diinginkan.

3.5 Analisis

Selanjutnya setelah semua data yang dibutuhkan lengkap yaitu melakukan pemodelan dengan menggunakan plaxis 2D. Pemodelan dilakukan pada timbunan dengan geometrik yang telah kita tentukan, terlebih dahulu pemodelan lereng dianalisis tanpa perkuatan apapun untuk mengetahui faktor keamanan pada lereng asli selanjutnya melakukan pemodelan dengan perkuatan DPT yang sebelumnya telah menetapkan spesifikasi dan dimensi dari DPT.

3.5.1 Analisis Stabilitas Lereng

Analisis kestabilan lereng asli 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 DPT.

3.5.2 Analisis Stabilitas Lereng dengan DPT

Jika dalam analisis stabilitas lereng dengan pemodelan Plaxis belum memenuhi kriteria nilai faktor keamanan yang di isyaratkan, peneliti harus melakukan proses analisis ulang yaitu dengan merubah atau menambah spesifikasi dari DPT tersebut dan juga memperlebar Pemasangan DPT tersebut sehingga didapatkan nilai faktor keamanan yang memenuhi kriteria.

Tabel 4.1 Interpretasi Lapisan Tanah

Nama BH	RDMP BH-07
GWL	3
Depth	NSPT
0	0
2	4
4	11
6	9
8	2
10	2
12	0
14	2
16	3
18	5
20	15
22	18
24	19
26	18
28	30
30	41
32	50
34	47
36	45
38	47
40	31
42	42
44	40
46	43
48	44
50	46

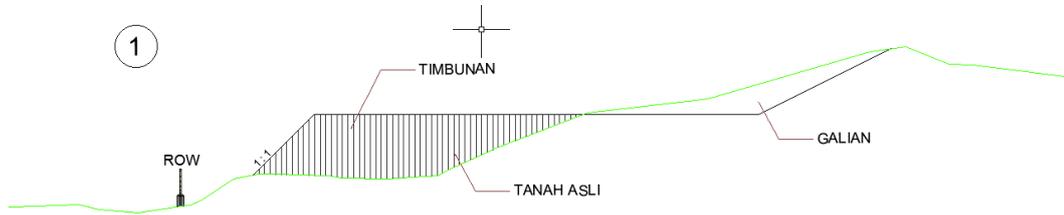
CLAY			WARNA	SAND			WARNA
Deskripsi	NSPT	Y _{sat}		Deskripsi	NSPT	Y _{sat}	
Very Soft	0-2	16		Very Loose	0-5	16	
Soft	3-4	16.5		Loose	5-10	16	
Medium	5-8	17		Medium	11-30	17	
stiff	9-15	17.5		Dense	31-50	17.5	
Very Stiff	16-30	18		Very Dense	>50	18	
Batuan		18		Timbunan		18	
Beton		24					

Tabel 4.2 Parameter Tanah

Data Tanah	Kedalaman		Tebal Lapisan (m)	Jenis Tanah		N-SPT Rata Rata	Material Model	Drainage Type	γ _{unsat} (kN/m ³)	γ _{sat} (kN/m ³)	E' (kN/m ²)	μ	Long Term	
	(m)	(m)											c' (kN/m ²)	φ' (°)
	BH-07	0	- 6	6	Loose	Sand	8	Mohr Coloumb	Drained	15	16	6128	0.33	0
6		- 18	12	Soft Clay	Clay	2	Mohr Coloumb	Undrained A	15	16	2000	0.33	3	22
18		- 26	8	Stiff	Clay	17	Mohr Coloumb	Undrained A	16	17	17000	0.33	5	25
26		- 50	24	Hard	Clay	42	Mohr Coloumb	Undrained A	17	18	42000	0.33	7	30

4.2 Penanganan Lereng

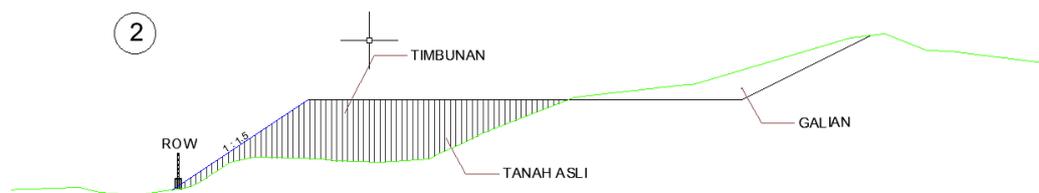
4.2.1 Penanganan Lereng Skenario 1



Gambar 4.3 Penanganan Lereng Dengan Slope 1:1

Pada penanganan lereng dengan skenario pertama ini yaitu dengan timbunan biasa tanpa adanya perkuatan. Timbunan dengan kemiringan lereng 1:1, tetapi terlalu beresiko untuk dijadikan opsi penanganan .

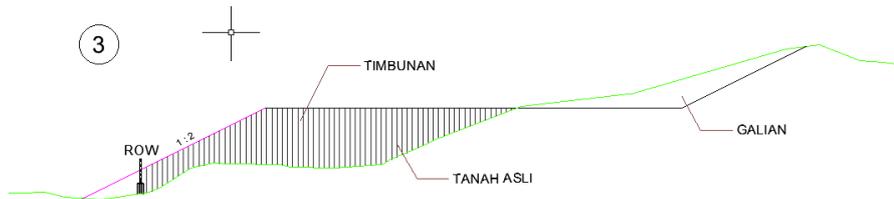
4.2.2 Penanganan Lereng Skenario 2



Gambar 4.4 Penanganan Lereng Dengan Slope 1:1,5

Pada penanganan lereng dengan skenario kedua ini yaitu dengan timbunan biasa tanpa adanya perkuatan. Timbunan dengan kemiringan lereng 1:1.5 kebutuhan kaki timbunan melebihi batas tanah (ROW) dan tidak dapat dijadikan opsi penanganan.

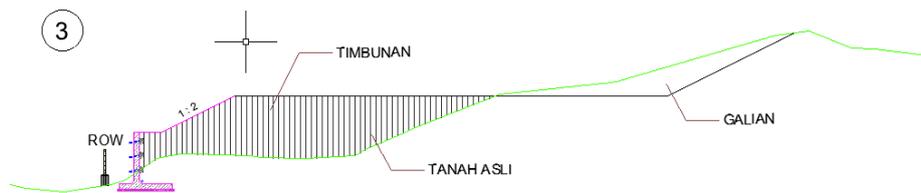
4.2.3 Penanganan Lereng Skenario 3



Gambar 4.5 Penanganan Lereng Dengan Slope 1:2

Pada penanganan lereng dengan skenario ketiga ini yaitu dengan timbunan biasa tanpa adanya perkuatan. Timbunan dengan kemirngn lereng 1:2 kebutuhan kaki timbunan melebihi batas tanah (ROW) dan tidak dapat dijadikan opsi penangan .

4.2.4 Penanganan Lereng Skenario 4



Gambar 4.6 Penanganan Lereng Dengan DPT

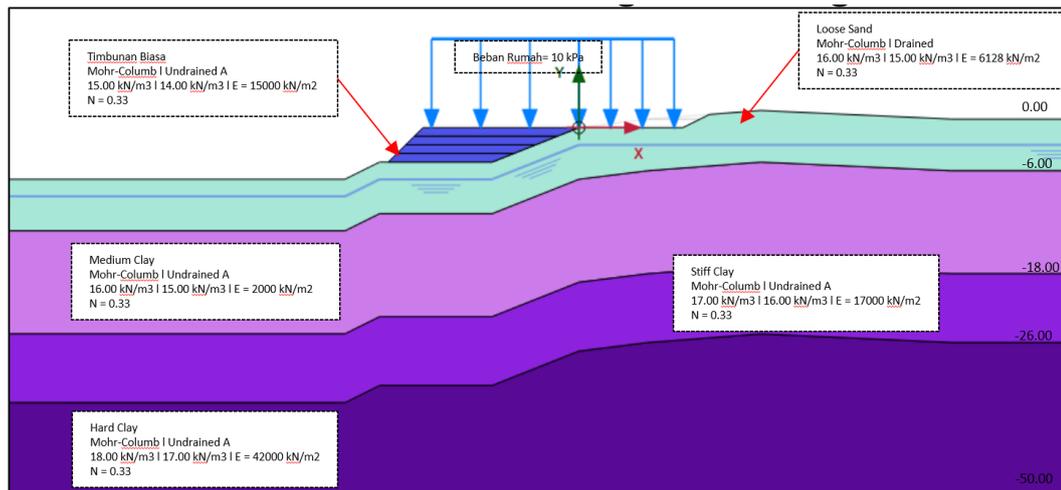
Pada penanganan lereng dengan skenario keempat ini yaitu dengan timbunan menggunakan perkuatan dinding penahan tanah jenis kantilever dan digunakan timbunan dengan kemiringan 1:2 agar menambah luas area untuk proyek tersebut.

Pada penanganan skenario keempat ini dimulai dengan menghitung daya dukung ijin DPT yang akan digunakan pada kondisi tanah disekitar area penelitian, dan selanjutnya melakukan analisis stabilitas lereng dengan Plaxis 2D dengan kondisi geometrik lereng dan kemiringan lereng seperti pada kondisi lereng skenario kedua, sehingga diketahui nilai faktor keamanan lereng tersebut apakah sudah sesuai dengan kriteria faktor keamanan yang telah ditentukan dan perbangdingannya dengan nilai faktor keamanan untuk lereng pada skenario pertama atau skenario penanganan lereng tanpa perkuatan.

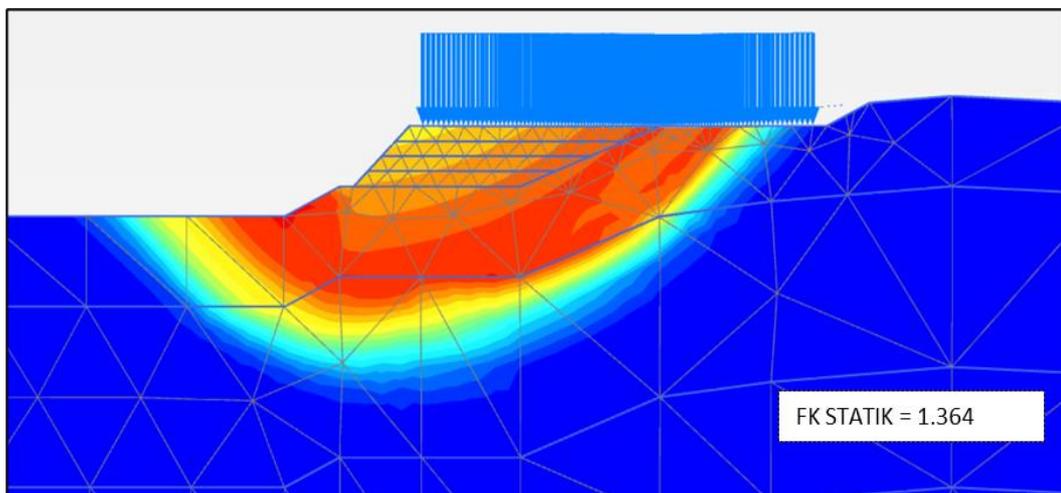
4.3 Analisis Stabilitas Lereng

Analisis stabilitas lereng dihitung menggunakan software PLAXIS 2D, data parameter tanah yang diinput kedalam PLAXIS dan setiap perbedaan warna pada pemodelan geometri memiliki parameter yang berbeda.

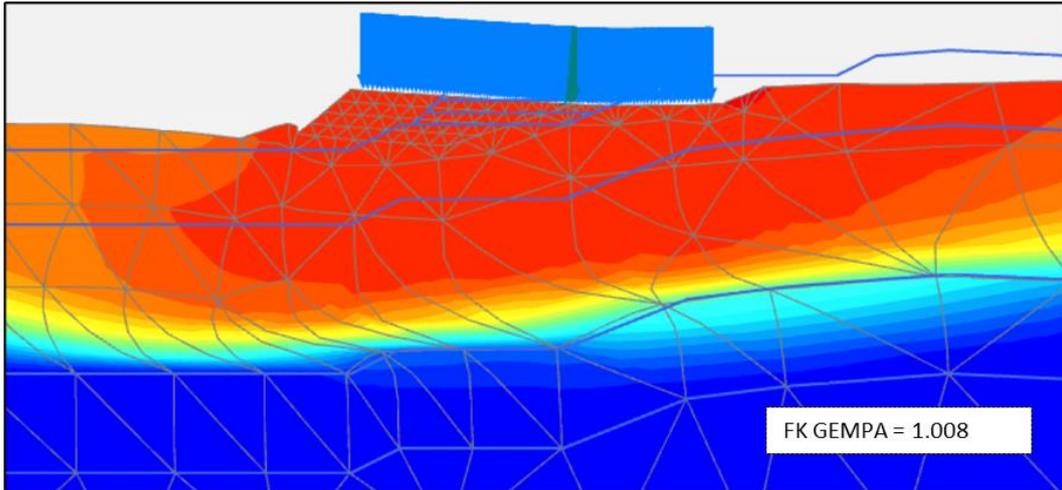
4.3.1 Analisis Stabilitas Lereng Tanpa Perkuatan (Skenario 1)



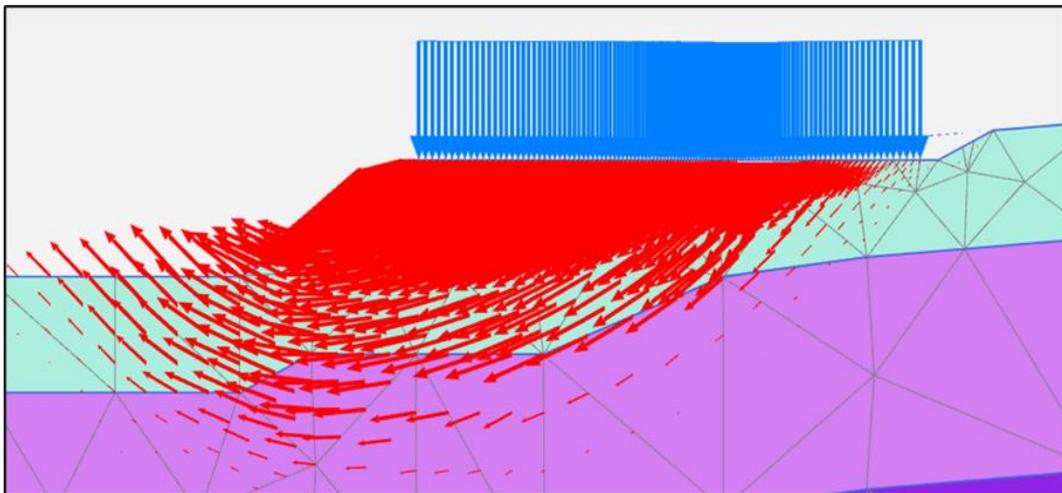
Gambar 4.7 Pemodelan untuk Analisis Skenario 1



Gambar 4.8 FK Statik Skenario 1

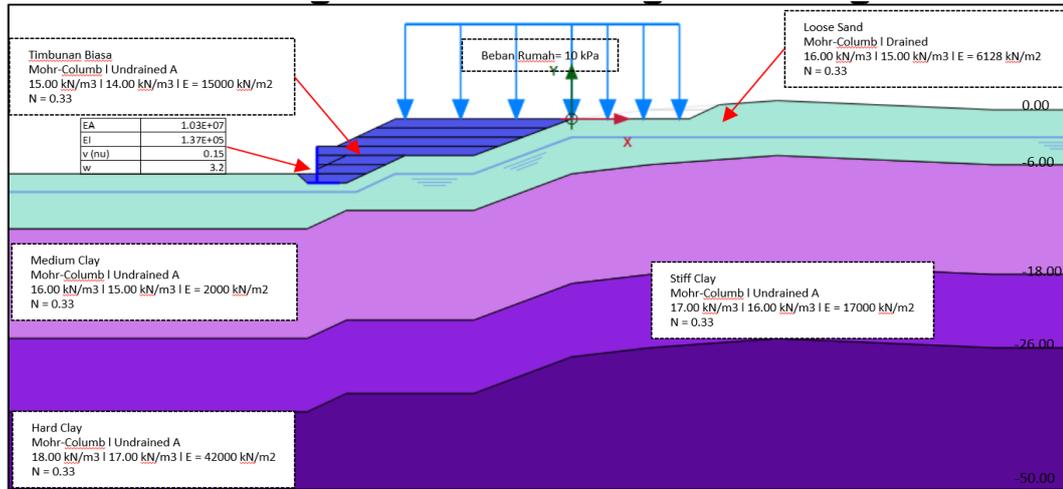


Gambar 4.9 FK Gempa Skenario 1

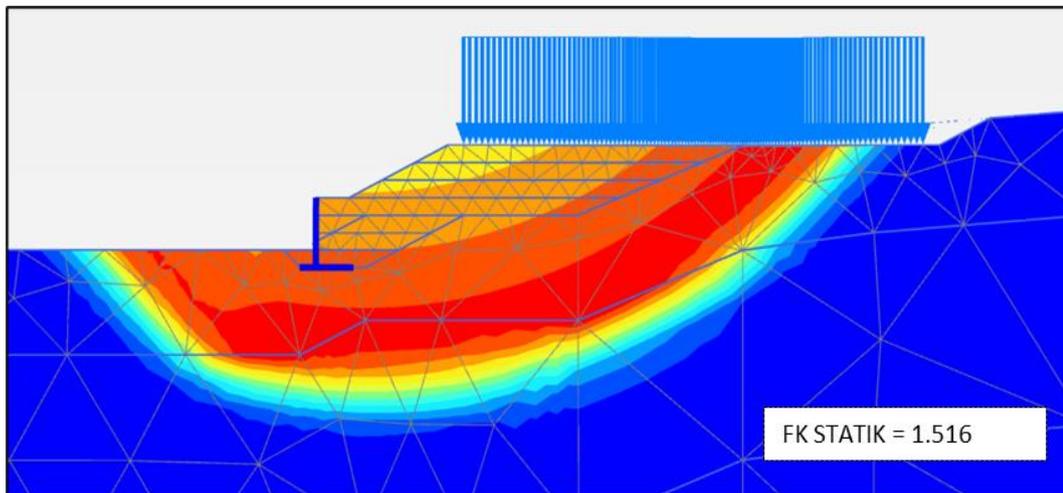


Gambar 4.10 Skema Deformasi

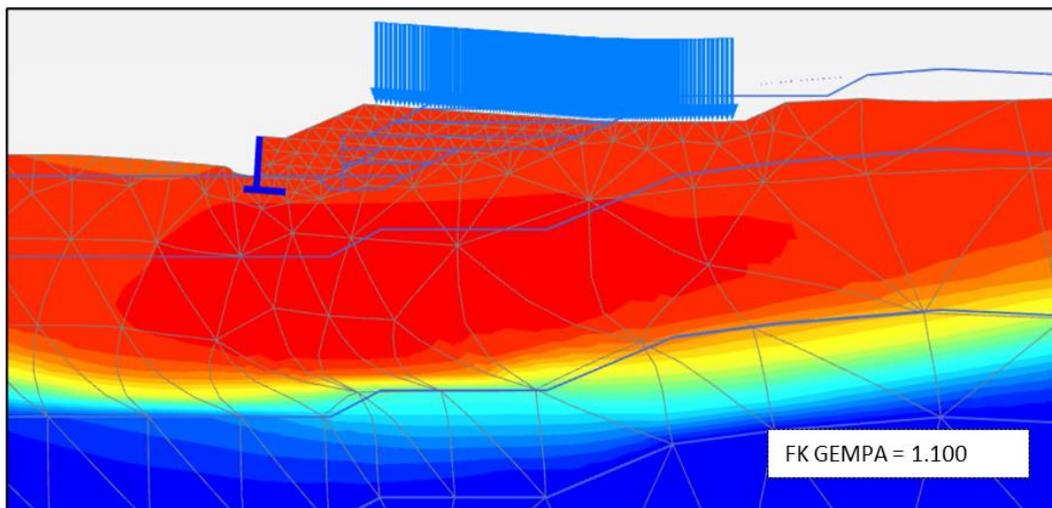
4.3.2 Analisis Stabilitas Lereng dengan Perkuatan (Skenario 4)



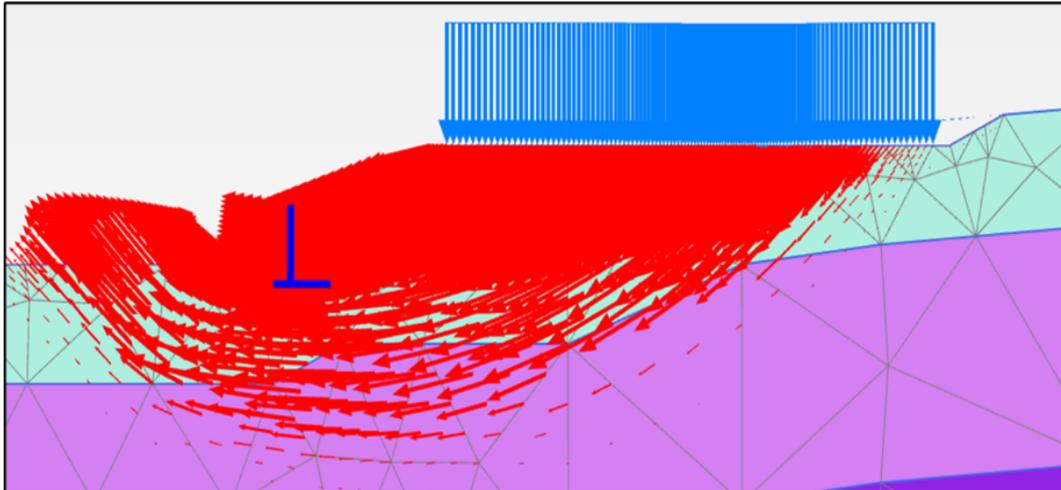
Gambar 4.11 Pemodelan untuk Analisis Skenario 4



Gambar 4.12 FK Statik Skenario 4



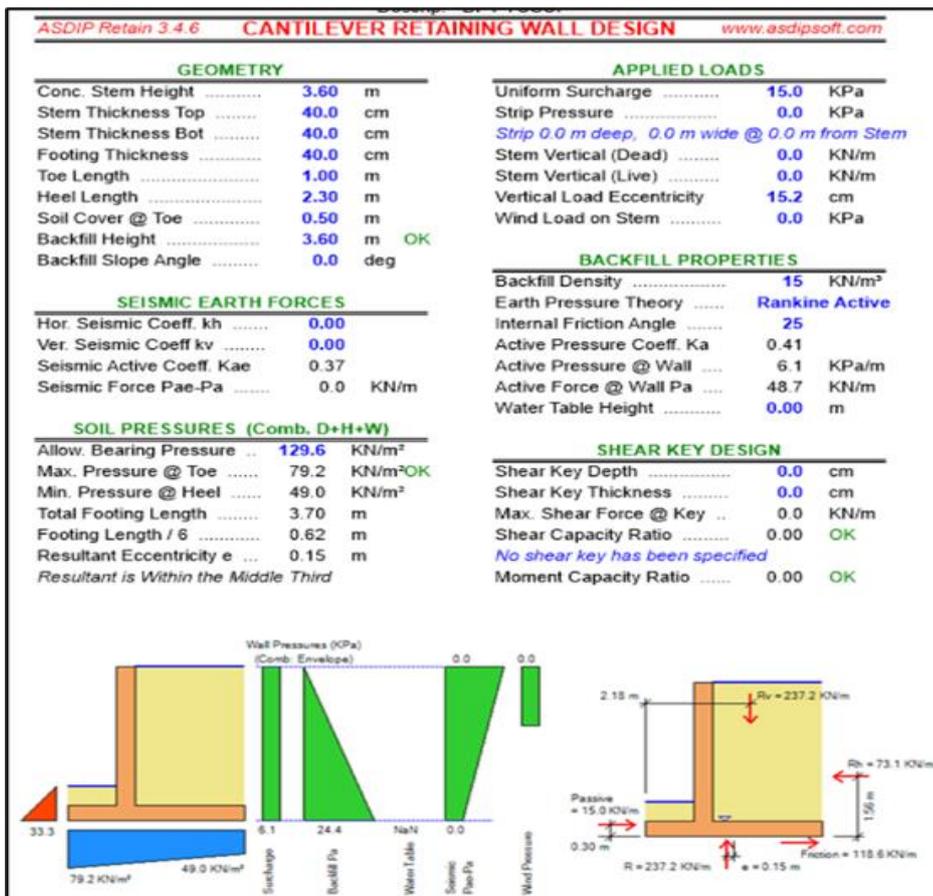
Gambar 4.13 FK Gempa Skenario 4



Gambar 4.14 Skema Deformasi

4.4 Daya Dukung Ijin Dinding Penahan Tanah

Pada perencanaan dinding penahan tanah yang akan digunakan pada penangan lereng untuk penelitian ini yaitu dengan menggunakan aplikasi perangkat lunak rekayasa struktural Asdip Retain.

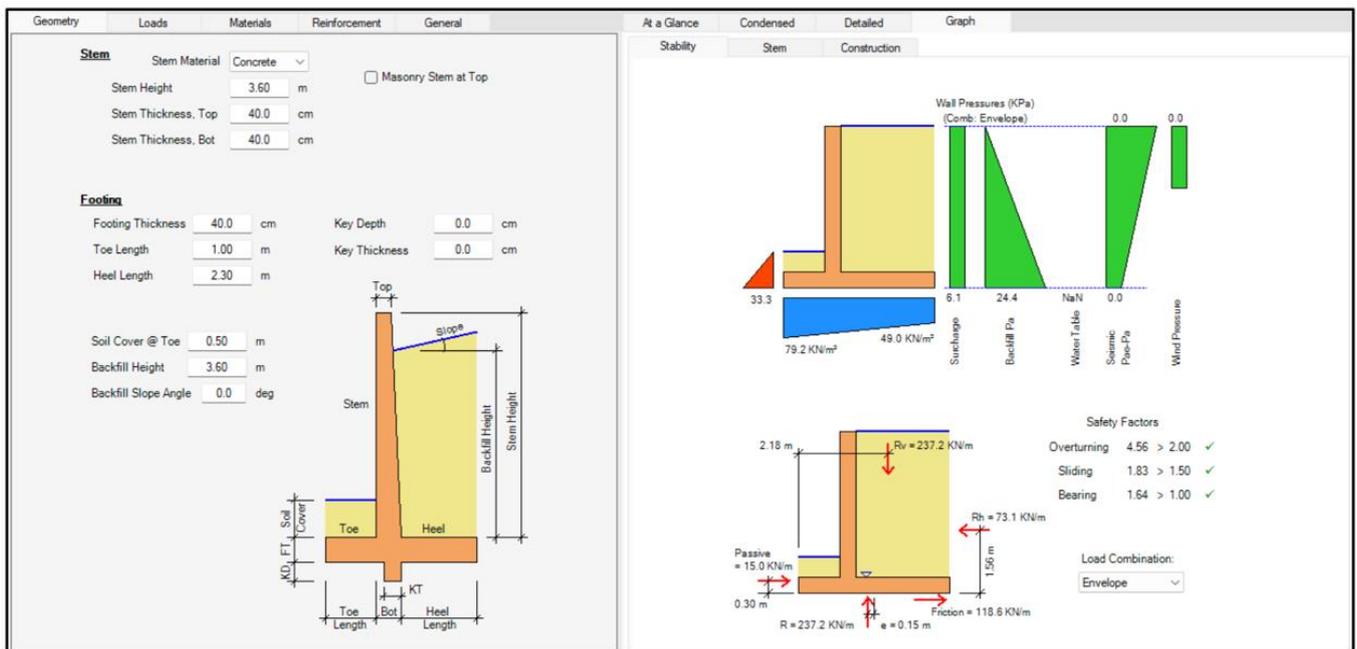


OVERTURNING CALCULATIONS (Comb. D+H+W)				RESISTING			
	Force	Arm	Moment	Force	Arm	Moment	
	KN/m	m	KN-m/m	KN/m	m	KN-m/m	
Backfill Pa	48.7	1.33	64.9	Stem Top	34.6	1.20	41.5
Water Table	0.0	0.00	0.0	Stem Taper	0.0	1.40	0.0
Surcharge Hor	24.4	2.00	48.7	CMU Stem at Top	0.0	0.00	0.0
Strip Load Hor	0.0	1.80	0.0	Footing Weight	35.5	1.85	65.7
Wind Load	0.0	3.24	0.0	Shear Key	0.0	1.00	0.0
Seismic Pae-Pa	0.0	2.40	0.0	Soil Cover @ Toe	7.5	0.50	3.8
Seismic Water	0.0	0.00	0.0	Stem Wedge	0.0	1.40	0.0
Seismic Selfweight	0.0	0.00	0.0	Backfill Weight	124.2	2.55	316.7
Rh = 73.1			OTM = 113.6	Backfill Slope	0.0	2.93	0.0
Arm of Horizontal Resultant = $\frac{113.6}{73.1} = 1.56$ m				Water Weight	0.9	2.55	2.3
Arm of Vertical Resultant = $\frac{518.0}{237.2} = 2.18$ m				Seismic Pae-Pa	0.0	3.70	0.0
Overturning Safety Factor = $\frac{518.0}{113.6} = 4.56 > 2$				Pa Vert @ Heel	0.0	3.70	0.0
				Vertical Load	0.0	1.25	0.0
				Surcharge Ver	34.5	2.55	88.0
				Strip Load Ver	0.0	2.55	0.0
				Water Buoyancy	0.0	1.85	0.0
				Rv = 237.2		RM = 518.0	

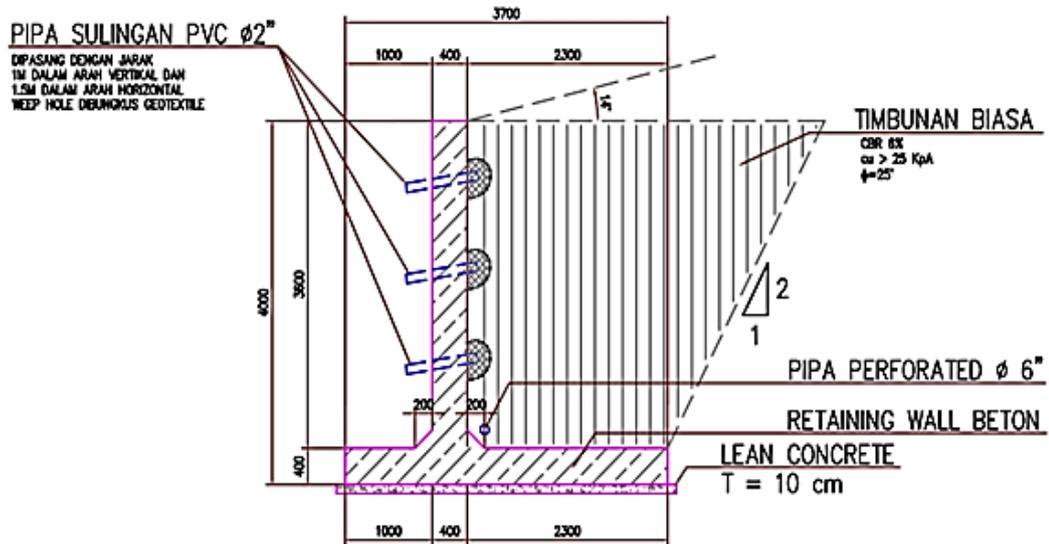
STEM DESIGN (Comb. 0.9D+1.6H+E)				
Height	d	Mu	φMn	Ratio
m	cm	KN-m/m	KN-m/m	
3.60	33.6	0.0	0.0	0.00
3.24	33.6	0.7	73.0	0.01
2.88	33.6	3.1	102.3	0.03
2.52	33.6	7.7	102.3	0.08
2.16	33.6	14.9	102.3	0.15
1.80	33.6	25.2	166.2	0.15
1.44	33.6	39.1	200.0	0.20
1.08	33.6	56.9	200.0	0.28
0.72	33.6	79.2	200.0	0.40
0.36	33.6	106.3	200.0	0.53
0.00	33.6	138.9	200.0	0.69

SLIDING CALCS (Comb. D+H+W)			
Item	Value	Unit	Status
Footing-Soil Friction Coeff.	0.50		
Friction Force at Base	118.6	KN/m	
Passive Pressure Coeff. Kp	2.46		
Depth to Neglect Passive	0.00	m	
Passive Pressure @ Wall	33.3	KPa	
Passive Force @ Wall Pp	15.0	KN/m	
Horiz. Resisting Force	133.6	KN/m	
Horiz. Sliding Force	73.1	KN/m	
Sliding Safety Factor	$\frac{133.6}{73.1} = 1.83$		OK

Shear Force @ Crit. Height	89.0	KN/m	OK
Resisting Shear φVc	220.0	KN/m	OK
Use vertical bars #8 @ 30.5 cm at backfill side			
Cut off alternate bars. Cut off length = 2.13 m			
Vert. Bars Embed. Ldh Reqd	23.3	cm	OK
Vert. Bars Splice Length Ld	50.5	cm	OK
Minimum Steel Area Ratio	0.68		OK



Gambar 4.15 Perencanaan Dinding Penahanan Tanah



Gambar 4.16 Sketsa Dinding Penahan Tanah

Untuk penelitian ini fondasi dinding penahan tanah yang digunakan yaitu fondasi dinding penahan tanah strip.

$$q_u = cN_c + qN_q + 1/2 \gamma B N_\gamma \quad (\text{pondasi strip})$$

$$q_u = 1.3cN_c + qN_q + 0.4\gamma B N_\gamma \quad (\text{pondasi bujur sangkar})$$

$$q_u = 1.3cN_c + qN_q + 0.4\gamma B N_\gamma \quad (\text{pondasi lingkaran})$$

Dimana:

c = Kohesi tanah

γ = Berat unit tanah

q = γD_f

N_c, N_q, N_γ = Faktor daya dukung, bersifat non dimensional dan merupakan fungsi dari sudut geser tanah ϕ .

$$\begin{aligned} Q_u &= cN_c + qN_q + 0.5 \gamma B N_\gamma \\ &= (0 \times 25.13) + ((16 \times 0.5) \times 12.72) + (0.5 \times 16 \times 3.7 \times 8.34) \\ &= 348.464 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$Q_{all} = 348.464 \text{ k} : 3 = 116.155 \text{ kN}$$

Tabel 4.3 Faktor daya dukung

ϕ	N_c	N_q	N_r^*	ϕ	N_c	N_q	N_r^*
0	5.70	1.00	0.00	26	27.09	14.21	9.84
1	6.00	1.1	0.01	27	29.24	15.90	11.60
2	6.30	1.22	0.04	28	31.61	17.81	13.70
3	6.62	1.35	0.06	29	34.24	19.98	16.18
4	6.97	1.49	0.10	30	37.16	22.46	19.13
5	7.34	1.64	0.14	31	40.41	25.28	22.65
6	7.73	1.81	0.20	32	44.04	28.52	26.87
7	8.15	2.00	0.27	33	48.09	32.23	31.94
8	8.60	2.21	0.35	34	52.64	36.50	38.04
9	9.09	2.44	0.44	35	57.75	41.44	45.41
10	9.61	2.69	0.56	36	63.53	47.16	54.36
11	10.16	2.98	0.69	37	70.01	53.80	65.27
12	10.76	3.29	0.85	38	77.50	61.55	78.61
13	11.41	3.63	1.04	39	85.97	70.61	95.03
14	12.11	4.02	1.26	40	95.66	81.27	115.31
15	12.86	4.45	1.52	41	106.81	93.85	140.51
16	13.68	4.92	1.82	42	119.67	108.75	171.99
17	14.60	5.45	2.18	43	134.58	126.50	211.56
18	15.12	6.04	2.59	44	151.95	147.74	261.60
19	16.56	6.70	3.07	45	172.28	173.28	325.34
20	17.69	7.44	3.64	46	196.22	204.19	407.11
21	18.92	8.26	4.31	47	224.55	241.80	512.84
22	20.27	9.19	5.09	48	258.28	287.85	650.67
23	21.75	10.23	6.00	49	298.71	344.63	831.99
24	23.36	11.40	7.08	50	347.50	415.14	1072.80
25	25.13	12.72	8.34				

* From Kumbhojkar (1993)

Analisis DPT Sebagai Berikut ;

Rekapitulasi Hasil Analisis

Pada penelitian ini kriteria nilai faktor keamanan yang digunakan adalah 1,5, dan didapat hasil dari analisis dari keempat kondisi penelitian.

Tabel 4.4 Rekapitulasi Hasil Analisis

No	Skenario	Kaki Timbunan	Faktor Keamanan				Keterangan
			Kriteria		Hasil Analisis		
			Statik	Gempa	Statik	Gempa	
1	1	1 : 1	1,5	1,1	1,36	1,01	TIDAK AMAN
2	2	1 : 1.5	1,5	1,1	-	-	Di luar ROW
3	3	1 : 2	1,5	1,1	-	-	Di luar ROW
4	4	1 : 2 dengan DPT	1,5	1,1	1,52	1,10	AMAN

catatan :

1. pada skenario 1 angka keamanan belum memenuhi kriteria yang disyaratkan sehingga skenario 1 tidak dapat digunakan
2. skenario 2 tidak dimodelkan karena kaki timbunan melebihi batas ROW sehingga skenario 2 tidak dapat digunakan
3. skenario 3 tidak dimodelkan karena kaki timbunan melebihi batas ROW sehingga skenario 3 tidak dapat digunakan
4. pada skenario 4 angka keamanan sudah memenuhi kriteria yang disyaratkan sehingga jenis penanganan pada lokasi analisis adalah penanganan DPT dengan kemiringan kaki timbunan 1 : 2

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Lereng existing tidak aman karena memiliki $SF < 1,5$
2. Pada skenario 1 digunakan timbunan dengan kemiringan 1 : 1 tidak aman Karena memiliki $SF 1,36$ atau $< 1,5$ sehingga jenis penanganan tidak dapat digunakan
3. Pada skenario 2 digunakan timbunan dengan kemiringan 1 : 1,5 kaki timbunan melebihi batas ROW, sehingga jenis penanganan tidak dapat digunakan
4. Pada skenario 3 digunakan timbunan dengan kemiringan 1 : 2 kaki timbunan melebihi batas ROW, sehingga jenis penanganan tidak dapat digunakan
5. Pada skenario 4 digunakan timbunan dengan kemiringan 1 : 2 dengan tambahan Dinding Penahan Tanah didapat $SF 1,512$
6. Nilai Faktor keamanan stabilitas internal Dinding Penahan Tanah sebesar 1.64 untuk aksial, 1.83 untuk geser, serta 4.56 untuk guling. Nilai faktor keamanan sudah memenuhi kriteria yang disyaratkan sehingga dimensi DPT dapat digunakan;
7. Nilai Faktor keamanan stabilitas global kondisi statik sebesar 1.516 dan 1.100 pada kondisi gempa dimana besar angka keamanan sudah memenuhi kriteria yang disyaratkan sehingga jenis penanganan tanah dapat digunakan.

5.2 Saran

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

1. Dapat dilakukan penelitian stabilitas lereng dengan menggunakan aplikasi geostudio
2. Dapat dicoba Analisis lain, seperti turap atau retaining wall dan juga shotcrete soilnailing

DAFTAR PUSTAKA

Susi Hidayah, Yohan Roy Gratia. (2007). Program Analisis Stabilitas Lereng, laporan Tugas Akhir., Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang

Departemen Pekerjaan Umum 2005. Rekayasa Penanganan Keruntuhan lereng Pada Tanah. Jakarta. Indonesia

Winda, R. A. 2017 Perencanaan Dinding Penahan Tanah Cantilever Dengan Menggunakan Program Plaxis. Bandar Lampung. Universitas Lampung

Fajar, Ramadhani, 2016, Analisis Stabilitas Lereng Dengan Dinding Penahan Tanah Kantilever Menggunakan Program Plaxi, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Indrawahjuni, Herlien. 2011. Mekanika Tanah II. Malang: Penerbit Bargie Media.

Hardiyatmo, H. C, 2003, "Mekanika Tanah II", Edisi Ketiga, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

Putra, T. G. S., Ardana, M. D. W., dan Aryati, M., 2010, Analisis Stabilitas Lereng Pada Badan Jalan dan Perencanaan Perkuatan Dinding Penahan Tanah (Studi Kasus Jalan Raya Selemadeg, Desa Brantas, Kecamatan Selemadeg Timur, Kabupaten Tabanan), Jurnal Ilmiah Teknik Sipil, 14(1), 36-42.

Kalalo, M., Ticoh, J. H., dan Mandagi, A. T., 2017, Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah (Studi Kasus: Sekitar Areal PT. Trakindo, Desa Maumbi, Kabupaten Minahasa Utara), Jurnal Sipil Statik, 5(5), 285-294.