

**ANALISA KESTABILAN LERENG DAN METODE
PENANGANANNYA PADA TANAH LEMPUNG BERPASIR**

(Studi Kasus : Sta 208+00 *Double Track* Kereta Api Martapura – Baturaja)

(Skripsi)

Oleh

FADLI IMRAN

Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Lampung



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019**

ABSTRACT

ANALYSIS OF SLOPE STABILITY AND HANDLING METHODS ON THE SANDY CLAY

(In Case : Sta 208+00 Double Track Train Martapura – Baturaja)

By

FADLI IMRAN

There are several factors that effect the level security of a slope. Such as the condition of a slope with large loads, steep slope and heavy rain condition. The landslide and slope would often occurs on some *double track* lines on Martapura – Baturaja train because of this things. Therefor, the reinforcement is needed so that the slope is more stable around the slope.

The results of physical and mechanical properties of the soil are based on the results of laboratory tests and research in the field. so the PLAXIS program was used in analyzing the stability of the existing slope based on the data. From the results of the program calculation shows that the condition of the slope is not stable. because the safety value indicates 0,89 for saturated conditions and 0,67 for dry conditions and 0,91 for partially saturated conditions. Furthermore, slope stability analysis who was reinforced by a combination of soil retaining wall and borepile. there has been an increase in safety value of 1,30 for saturated conditions, 1,66 for dry conditions and 1,65 for partially saturated conditions. This shows that the slope is stable and the reinforcement design is safe and able to withstand landslides.

The conclusions from this research of installed slope reinforcement with a combination of retaining walls and borepile as deep as 8 meters with 3 pieces is capable to withstand the slope from landslides. The analysis uses the PLAXIS program to plan an amount and length of borepile and cantilever retaining walls is best to carried out on the soil with saturated water or maximum groundwater level to get a maximum safe value. This research was conducted at Sta 208 + 00 *double track* Martapura - Baturaja train because it often occurs in the area.

Key word : Analysis of Slope On Sandy Clay

ABSTRAK

ANALISA KESTABILAN LERENG DAN METODE PENANGANANNYA PADA TANAH LEMPUNG BERPASIR

(Studi Kasus : Sta 208+00 *Doeble Track* Kereta Api Martapura - Baturaja)

Oleh

FADLI IMRAN

Tingkat keamanan lereng dipengaruhi oleh beberapa faktor. Seperti kondisi lereng dengan beban yang besar, kemiringan yang curam dan kondisi hujan yang deras. Hal ini sering mengakibatkan terjadinya kelongsoran dan kemiringan sebagian jalur *double track* kereta api Martapura - Baturaja. Sehingga di sekitar lereng diperlukan perkuatan agar lereng tersebut lebih stabil.

Berdasarkan hasil uji laboratorium dan penelitian di lapangan didapatkan hasil sifat fisik dan mekanis tanah. Dari data tersebut digunakan program PLAXIS dalam melakukan analisis stabilitas lereng eksisting. Hasil perhitungan program menunjukkan kondisi lereng tidak stabil. karena nilai angka keamanan menunjukkan 0,89 untuk kondisi jenuh dan 0,67 untuk kondisi kering dan 0,91 untuk kondisi jenuh sebagian. Selanjutnya dilakukan analisis stabilitas lereng yang diperkuat dengan kombinasi dinding penahan tanah dan bor pile. Diperoleh peningkatan nilai angka keamanan sebesar 1,30 untuk kondisi jenuh, 1,66 untuk kondisi kering dan 1,65 untuk kondisi jenuh sebagian. Ini menunjukkan lereng sudah stabil dan desain perkuatan tersebut aman dan mampu menahan kelongsoran.

Kesimpulan dari penelitian tersebut, perkuatan lereng dengan kombinasi dinding penahan tanah dan pile yang dipasang sedalam 8 meter sebanyak 3 buah dapat menahan lereng dari kelongsoran. Analisis menggunakan program PLAXIS untuk merencanakan jumlah dan panjang bor pile dan dinding penahan kantilever sebaiknya dilakukan pada tanah kondisi jenuh air atau muka air tanah maksimum untuk mendapat angka aman yang maksimal. Penelitian ini dilakukan pada Sta 208+00 *double track* kereta api Martapura – Baturaja karena pada daerah tersebut sering terjadi kelongsoran.

Kata kunci : Analisa Lereng Lempung Berpasir

**ANALISA KESTABILAN LERENG DAN METODE
PENANGANANNYA PADA TANAH LEMPUNG BERPASIR**

(Studi Kasus : Sta 208+00 *Doeble Track* Kereta Api Martapura - Baturaja)

Oleh

Fadli Imran

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019**

**Judul Skripsi : ANALISA KESTABILAN LERENG DAN
METODE PENANGANANNYA PADA
TANAH LEMPUNG BERPASIR
(Studi Kasus : Sta 208-00 Double Track
Kereta Api Martapura-Baturaja)**

Nama Mahasiswa : Fadli Imran

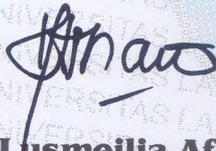
Nomor Pokok Mahasiswa : 1215011032

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

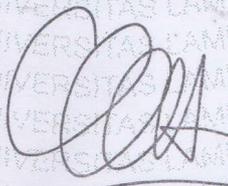


Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A.
NIP 19650510 199303 2 008



Ir. Ahmad Zakaria, M.T., Ph.D.
NIP 19670514 199303 1 002

2. Ketua Jurusan Teknik Sipil



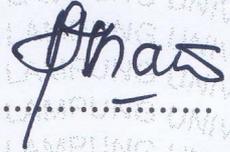
Gatot Eko Susilo, S.T., M.Sc., Ph.D.
NIP 19700915 199503 1 006

MENGESAHKAN

1. Tim Pengujji

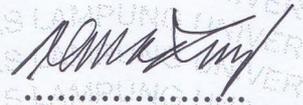
Ketua

: Dr. Ir. Lusmeillia Afriani, D.E.A.



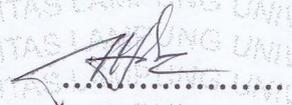
Sekretaris

: Ir. Ahmad Zakaria, M.T., Ph.D.

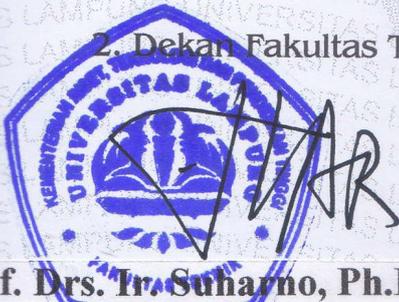


Pengujji

Bukan Pembimbing : Ir. Idharmahadi Adha, M.T.



2. Dekan Fakultas Teknik



Prof. Drs. Ir. Suharno, Ph.D., IPU., ASEAN. Eng.

NIP 19620717 198703 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 26 Desember 2019

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini menyatakan dengan sebenarnya bahwa:

1. Skripsi dengan judul analisa kestabilan lereng dan metode penanganannya pada tanah lempung berpasir adalah karya saya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan atas karya penulis lain dengan cara yang tidak sesuai tata etika ilmiah yang berlaku dalam masyarakat akademik atau yang disebut plagiarisme.
2. Hak intelektual atas karya ilmiah ini diserahkan sepenuhnya kepada Universitas Lampung.

Atas pernyataan ini, apabila dikemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidakbenaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang diberikan kepada saya dan saya sanggup dituntut sesuai hukum yang berlaku.

Bandar Lampung,

2019



at Pernyataan

Fadli Imran

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Kota Bandar Lampung, pada tanggal 6 September 1994, sebagai anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Hartawi dan Ibu R.A.Komariah

Riwayat pendidikan penulis melakukan pendidikan Sekolah Dasar (SD) pada tahun 2000 - 2006 di SD Negeri 1 Langkapura, Tanjung Karang Barat, Bandar Lampung, Sekolah Menengah Pertama (SMP) pada tahun (2006-2009) di SMP Negeri 25 Bandar Lampung, dan Sekolah Menengah Atas (SMA) pada tahun (2009-2012) di SMA Negeri 7 Bandar Lampung.

Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung pada tahun 2012 melalui jalur Seleksi Ujian Masuk Mandiri.

Pada tahun 2016 penulis melakukan Kerja Praktek pada Proyek Pembangunan jembatan latang (*Fly Over*) jalan Teuku Cik Ditiro – jalan Pramuka selama 3 bulan. Dan telah mengikuti Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Gaya Baru 6, Kecamatan Seputih Surabaya, Kabupaten Lampung Tengah selama 60 hari pada periode Januari-Maret 2016. Sehingga akhirnya menyelesaikan skripsi dengan judul Analisa Kestabilan Lereng dan Metode Penanganannya pada Tanah Lempung Berpasir sebagai salah satu syarat menjadi sarjana teknik.

Persembahan

Untuk Bapak Hartawi dan Ibu R.A.Komarian tercinta yang selalu ada untuk mendoakan dan mendukungku dalam segala hal, terima kasih telah orang tua terbaik yang pernah ada bagiku.

Untuk Adikku Fadhilah Hardini S.Kom tersayang yang selalu mendoakan mendukung dalam segala hal, terimakasih telah menjadi adik dan bibi terbaik yang pernah ada bagiku.

Untuk saudara dan kerabat yang telah memberikan dukungan dan doa. Terimakasih telah menjadi saudara dan kerabat terbaik yang pernah ada bagiku.

Untuk semua guru-guru dan dosen-dosen tercinta yang telah mengajarkan banyak hal kepadaku. Terimakasih telah menjadi guru-guru dan dosen-dosen terbaik yang pernah ada bagiku.

Untuk para sahabat terdekatku yang selalu ada dari mulai mahasiswa baru hingga kini untuk selalu mendukung langkahku. Terimakasih telah menjadi sahabat terbaik yang pernah ada bagiku.

Untuk teman-teman di Teknik Sipil Universitas Lampung, terkhusus angkatan 2012 atas bantuan dan dukungannya. Terimakasih telah menjadi teman terbaik yang pernah ada bagiku.

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT karena atas berkat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Analisa kestabilan lereng dan metode penanggulangannya pada tanah lempung berpasir ”. Skripsi ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) pada Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Atas terselesainya skripsi ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Suharno, M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung;
2. Bapak Gatot Eko Susilo, S.T., M.Sc., Ph.D.,selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung;
3. Ibu Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A. selaku Dosen Pembimbing Utama atas kesediaannya untuk memberikan bimbingan dalam proses penyelesaian skripsi ini;
4. Bapak Ir. Ahmad Zakaria, M.T.,Ph.D., selaku Dosen Pembimbing 2 skripsi saya yang telah membimbing dalam proses penyusunan skripsi;
5. Bapak Ir. Idharmahadi Adha, M.T.selaku Dosen Penguji skripsi terimakasih untuk saran-saran dan masukan pada seminar terdahulu;
6. Ibu Ir. Laksmi Irianti, M.T.,selaku dosen pembimbing akademik;

7. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung atas ilmu dan pembelajaran yang telah diberikan selama masa perkuliahan;
8. Bapak Hartawi dan ibu R.A. Komariah, terima kasih atas seluruh do'a, dukungan, dan motivasi yang selalu diberikan;
9. Teman-teman seperjuanganku, Teknik Sipil Universitas Lampung Angkatan 2012 beserta seluruh Kakak-kakak, dan adik-adik yang telah mendukung dalam penyelesaian skripsi ini;

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan dan keterbatasan. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan. Akhir kata semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan semoga Allah SWT melimpahkan rahmat-Nya kepada kita semua.

Bandar Lampung, 2019

Penulis

Fadli Imran

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR GAMBAR
DAFTAR TABEL
DAFTAR LAMPIRAN
ABSTRAK

I. PENDAHULUAN

1.1	Latar Belakang Masalah.....	1
1.2	Rumusan Masalah	2
1.3	Batasan Masalah.....	3
1.4	Tujuan Penelitian.....	3
1.5	Manfaat Penelitian.....	4

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1	Stabilitas Lereng.....	5
2.2	Lereng dan Longsoran.....	7
2.3	Perbaikan Lereng.....	8
2.4	Metode Irisan	11
2.5	<i>Plaxis (Finite Elemen Code for Soil and Rock Analyses)</i>	12
2.6	Analisa Kestabilan Lereng	15
	2.6.1 Metode Elemen Hingga	15
	2.6.2 Metode Bishop.....	15
2.7	Pengertian Kereta Api	17
2.8	Turap	19
2.9	Penelitian Terdahulu	22

III. METODE PENELITIAN

3.1	Lokasi Penelitian	24
3.2	Tahapan Pengumpulan Data	25
3.3	Tahapan Analisis Stabilitas Lereng.....	26
3.3.1	Potongan Melintang Lereng	26
3.3.2	Penentuan Kondisi Analisis	27
3.3.3	Menganalisis Stabilitas Lereng Asli Menggunakan Program Plaxis v8.6	29
3.4	Memberikan Penanganan pada Lereng Asli dan Menganalisis Stabilitas Lereng yang Telah diberi Penanganan Menggunakan Program Plaxis v8.6	33
3.5	Menganalisis Lereng dengan Pengaruh Beban Merata Menggunakan Program Plaxis	34
3.6	Menganalisis Lereng dengan Perkuatan Tanah.....	34
3.7	Pembahasan.....	34
3.8	Kesimpulan dan Saran.....	35
3.9	Diagram Alir	35

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Karakteristik Lereng.....	38
4.2	Parameter Tanah Berdasarkan Uji Laboratorium.....	38
4.2.1	Sifat Fisik Tanah	38
4.3	Analisis Stabilitas Lereng dengan Aplikasi <i>Plaxis v8.6</i>	40
4.3.1	Lereng Eksisting (Lereng Kondisi Asli)	40
4.3.2	Hasil Analisis Stabilitas Lereng Eksisting (KondisiLereng Asli).....	47
4.3.3	Solusi Penanganan Stabilitas Lereng Eksisting (Kondisi Asli)	48
4.3.4	Analisis Stabilitas Lereng Dengan Salah Sudut Kemiringan Lereng yang diperkecil dari 45° Menjadi 30°	49
4.4	Analisis Stabilitas Lereng Dengan Pengaruh Beban Merata	53
4.5	Parameter yang digunakan dalam Perencanaan	55

4.5.1 Analisis Stabilitas Lereng Dengan Beban Merata dan Perkuatannya	56
--	----

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.....	59
5.2 Saran	60

DAFTAR PUSTAKA LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Tipe-tipe Kerunthan Lereng	8
2. Perbaikan Stabilitas Lereng	10
3. Perbaikan Stabilitas Lereng Metode Geometri	10
4. Perbaikan Stabilitas Lereng 2	11
5. Gaya-gaya yang Bekerja pada Irisan	12
6. Turap Kayu	20
7. Turap Beton	21
8. Turap Baja	21
9. Peta Lokasi Penelitian	24
10. Tampilan Potongan Melintang Lereng Asli	26
11. Tampilan Letak Muka Air Tanah Lereng Kondisi Jenuh	27
12. Tampilan Letak Muka Air Tanah Lereng Kondisi Jenuh Sebagian	28
13. Tampilan Letak Muka Air Tanah Lereng Kondisi Tidak Jenuh.....	28
14. <i>General Setting Project</i>	29
15. <i>General Setting Dimension</i>	30
16. Gambar Geometri.....	30
17. Gambar Input Data Tanah	31
18. Gambar Jaringan Elemen.....	31
19. Gambar Tekanan Air Pori	32

20. Gambar Nilai Tekanan Air Pori	32
21. Diagram Alir Penelitian	36
22. Geometri Lereng yang Ditinjau	41
23. Geometri Lereng dengan Data Tanah yang Telah di Masukkan	42
24. Lereng dengan Pengaruh Muka Air Tanah Kondisi Jenuh.....	43
25. Lereng dengan Pengaruh Muka Air Tanah Kondisi Jenuh Sebagian ..	43
26. Lereng dengan Pengaruh Muka Air Tanah Kondisi Tidak Jenuh.....	44
27. Tampilan Garis Batasan Kelongsoran	44
28. Bidang Longsor Lereng Eksisting dengan Kondisi Tanah Jenuh.....	45
29. Bidang Longsor Lereng Eksisting dengan Kondisi Tanah Jenuh Sebagian	46
30. Bidang Longsor Lereng Eksisting dengan Kondisi Tanah Tidak Jenuh	46
31. Penanganan Pada Lereng Eksisting Dengan Timbunan Tanah	49
32. Potongan Melintang Lereng Dengan Perubahan Salah Satu Sudut Kemiringan Menjadi 30°	50
33. Bidang Longsor Lereng dengan Kondisi Tanah Jenuh.....	51
34. Bidang Longsor Lereng dengan Kondisi Tanah Tidak Jenuh	51
35. Bidang Longsor dengan Kondisi Tanah Jenuh Sebagian	52
36. Parameter Input Beban Merata yang Digunakan	54
37. Lereng dengan Beban Merata	54
38. Konstruksi Lereng setelah Diperkuat dengan <i>Pile</i> , Dinding Penahan Tanah dan Beban Merata.....	57

DAFTAR TABEL

Tabel		Halaman
1.	Data Tanah Hasil Uji Laboratorium	25
2.	Data Uji Laboratorium Borehole-01	39
3.	Rekapitulasi Angka Keamanan Stabilitas Lereng Eksisting	47
4.	Intensitas Longsor Berdasarkan Faktor Keamanan	49
5.	Rekapitulasi Angka Keamanan Stabilitas Lereng Setelah Perubahan Salah Satu Sudut Kemiringan	53
6.	Rekapitulasi Angka Keamanan Stabilitas Lereng Dengan Beban Merata	55
7.	Rekapitulasi Angka Keamanan Stabilitas Lereng Setelah Diperkuat dengan <i>pile</i> , Dinding Penahan Tanah dan Tanah Timbunan	58

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kereta api merupakan alat transportasi yang banyak diminati di Indonesia, dengan perkembangan ekonomi yang sangat pesat, faktor keamanan, efisien waktu dan harga tiket yang terjangkau bagi semua kalangan masyarakat, mendorong manusia untuk memanfaatkan kereta api sebagai alat transportasi darat. Untuk mewujudkan transportasi yang aman, nyaman, dan memiliki konstruksi yang tahan lama terutama jalur kereta yang berada pada daerah lereng, diperlukan sebuah analisis terhadap tingkat keamanan lereng dalam perencanaannya.

Tingkat keamanan suatu lereng dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya adalah faktor kemiringan dan beban yang bekerja di atasnya. Kondisi lereng dengan beban yang besar dan kemiringan yang curam dapat menyebabkan terjadinya kelongsoran.

Pengaruh hujan deras yang mengguyur sebagian besar wilayah Martapura - Baturaja mengakibatkan kelongsoran dan kemiringan sebagian jalur *double track* kereta api sepanjang 50 m. Yang memiliki kondisi geografis terdiri dari tanah timbunan yang cukup tinggi curam, sehingga rawan mengalami kelongsoran. Hal ini tentunya sangat membahayakan kereta api, dan di sekitar

lereng diperlukan solusi yang bisa menjadi alternatif untuk menjadikan lereng tersebut aman dari bahaya longsor.

Ada beberapa metode dalam melakukan analisis stabilitas lereng, salah satunya yaitu metode elemen hingga untuk analisis deformasi atau perubahan bentuk. Analisis stabilitas lereng dengan metode ini sangat membutuhkan ketelitian dan ketekunan untuk mendapatkan hasil yang akurat, sehingga analisis dapat dilakukan dengan menggunakan program komputer. Dari banyak program analisis kestabilan lereng yang ada, ada salah satu program komputer yang menggunakan prinsip metode elemen hingga dalam analisis stabilitas lereng contohnya program *Plaxis*. Kelebihan dari program ini yaitu dapat menghasilkan output yang lebih banyak dari program lain selain dapat menghasilkan nilai faktor aman, dapat juga menghasilkan deformasi, tegangan efektif, regangan, nilai air pori dan arah pergerakan tanah. Akurasi dari keadaan sebenarnya yang diperkirakan sangat bergantung dari keahlian pengguna terhadap pemodelan permasalahan, pemahaman terhadap model-model tanah serta keterbatasannya, penentuan parameter-parameter model, dan kemampuan untuk melakukan interpretasi dari hasil komputer. Program ini banyak digunakan dalam menganalisa stabilitas lereng dan baik untuk pemula.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas permasalahan yang muncul adalah untuk mengetahui nilai faktor keamanan lereng tersebut dan penanggulangan kelongsoran lereng yang dapat digunakan disepanjang jalur ganda kereta api

Martapura – Baturaja. Dilakukan analisis stabilitas lereng dengan bantuan program komputer (*Plaxis*), dan perkuatan turap.

1.3. Batasan Masalah

Untuk memberikan hasil yang baik dan terarah dalam penelitian ini, maka permasalahan dibatasi pada :

1. Data tanah yang digunakan adalah data tanah yang di ambil sampelnya hanya di ruas jalur ganda yang berlokasi di Martapura – Baturaja.
2. Lereng digambarkan dengan menggunakan pemodelan dua dimensi.
3. Tanah urugan kembali (*backfill*) didalam zona tanah perkuatan menggunakan tanah timbunan.
4. Analisis stabilitas lereng dilakukan dengan menggunakan bantuan perangkat lunak yaitu program *Plaxis*.
5. Dinding penahan tanah dengan menggunakan turap.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk :

1. Mendapatkan nilai faktor keamanan lereng di jalur ganda kereta api Martapura-Baturaja.
2. Dapat menganalisis stabilitas lereng yang diberi beban merata dan perkuatan tanah menggunakan bantuan perangkat lunak.
3. Mengetahui solusi dan penanganan yang bisa digunakan untuk meningkatkan faktor keamanan pada lereng di jalur ganda kereta api Martapura-Baturaja

1.5. Manfaat penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat antara lain :

1. Dapat menganalisis stabilitas kelongsoran lereng dan mengetahui angka keamanannya dengan menggunakan bantuan perangkat lunak.
2. Dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dan referensi untuk perancangan ulang struktur lereng dan perkuatan pada lereng yang ada atau untuk kasus yang sama pada tempat berbeda.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Stabilitas Lereng

Stabilitas lereng merupakan suatu faktor yang sangat penting dalam pekerjaan yang berhubungan dengan galian dan penimbunan tanah, batuan dan bahan galian, karena menyangkut persoalan keselamatan manusia (pekerja), keamanan peralatan serta kelancaran produksi. Keadaan ini berhubungan dengan terdapat dalam bermacam-macam jenis pekerjaan, misalnya pada pembuatan jalan, bendungan, penggalian kanal, penggalian untuk konstruksi, penambangan dan lain-lain.

Dalam operasi penambangan masalah stabilitas lereng ini akan ditemukan pada penggalian tambang terbuka, bendungan untuk cadangan air kerja, tempat penimbunan limbah buangan (tailing disposal) dan penimbunan bijih (stockyard). Apabila lereng-lereng yang terbentuk sebagai akibat dari proses penambangan (pit slope) maupun yang merupakan sarana penunjang operasi penambangan (seperti bendungan dan jalan) tidak stabil, maka akan mengganggu kegiatan produksi.

Pada permukaan tanah yang tidak horisontal, komponen gravitasi cenderung untuk menggerakkan tanah ke bawah. Jika komponen gravitasi sedemikian besar sehingga perlawanan terhadap geseran yang dapat dikerahkan oleh tanah pada bidang longsornya terlampaui, maka akan

terjadi kelongsoran lereng. Analisis stabilitas pada permukaan tanah yang miring ini, disebut analisis stabilitas lereng. Analisis ini sering digunakan dalam perancangan-perancangan bangunan seperti jalan kereta api, jalan raya, bandara, bendungan urugan tanah, saluran, dan lain-lainnya.

Umumnya, analisis stabilitas dilakukan untuk mengecek keamanan dari lereng alam, lereng galian, dan lereng urugan tanah. (Hariyatmo 2003:326), Indrawahjuni (2011:93) menambahkan apabila komponen gravitasi sedemikian besar sehingga perlawanan terhadap geseran yang dapat dikembangkan oleh tanah pada bidang longsornya terlampaui, maka akan terjadi kelongsoran. Dengan kata lain, suatu lereng akan longsor apabila keseimbangan gaya yang bekerja terganggu yaitu gaya pendorong melampaui gaya penahan.

Hariyatmo (2003:326) menambahkan analisis stabilitas lereng tidak mudah, karena terdapat banyak faktor yang sangat mempengaruhi hasil hitungan. Faktor-faktor tersebut misalnya, kondisi tanah yang berlapis-lapis, kuat geser tanah yang anisotropis, aliran rembesan air dalam tanah dan lain-lainnya. Terzaghi (1950) membagi penyebab longsoran lereng terdiri dari akibat pengaruh dalam (*internal effect*) dan pengaruh luar (*external effect*). Pengaruh luar yaitu pengaruh yang menyebabkan bertambahnya gaya geser dengan tanpa adanya perubahan kuat geser tanah. Contohnya, akibat perbuatan manusia mempertajam kemiringan tebing atau memperdalam galian tanah dan erosi sungai. Pengaruh dalam, yaitu longsoran yang terjadi dengan tanpa adanya perubahan kondisi luar atau gempa bumi. Contoh yang umum untuk kondisi ini adalah pengaruh

bertambahnya tekanan air pori di dalam lereng.

Studi kasus *Doeble Track* Kereta Api Martapura - Baturaja dengan menggunakan program *Plaxis* diperoleh hasil berupa angka aman dan bentuk bidang longsor yang dimungkinkan terjadi pada badan jalan tersebut.

2.2. Lereng dan Longsoran

Lereng adalah suatu permukaan tanah yang miring dan membentuk sudut tertentu terhadap suatu bidang horizontal. Pada tempat dimana terdapat dua permukaan tanah yang berbeda ketinggian, maka akan ada gaya-gaya yang mendorong sehingga tanah yang lebih tinggi kedudukannya cenderung bergerak ke arah bawah yang disebut dengan gaya potensial gravitasi yang menyebabkan terjadinya longsor (Tjokorda, dkk, 2010). Kelongsoran dapat terjadi pada setiap macam lereng, akibat berat tanah sendiri, ditambah dengan pengaruh yang besar dari rembesan air tanah, serta gaya beban kereta api.

Wesley (1977 : 461) membagi lereng menjadi 3 macam ditinjau dari segi terbentuknya, yaitu :

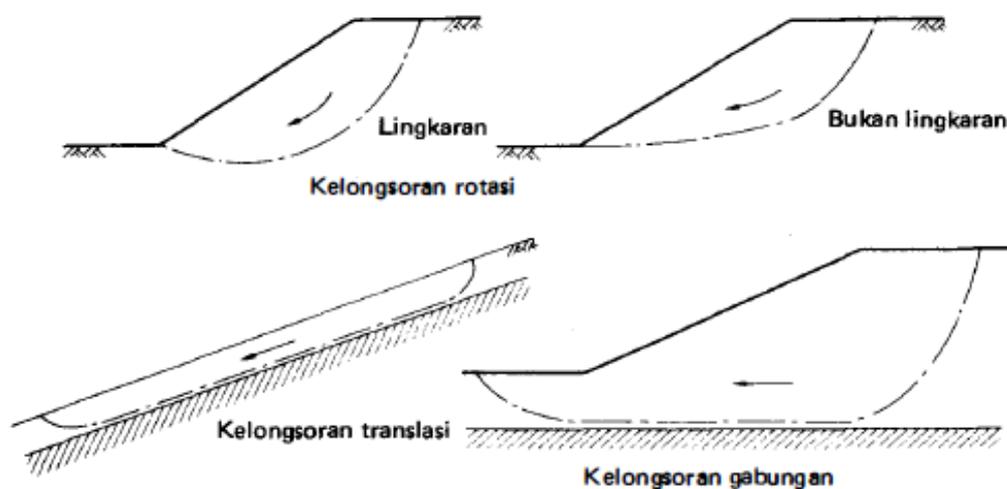
- 1) Lereng alam, yaitu lereng yang terbentuk akibat kegiatan alam, seperti erosi, gerakan tektonik dan sebagainya.
- 2) Lereng yang dibuat manusia, akibat penggalian atau pemotongan pada tanah asli.
- 3) Lereng timbunan tanah, seperti urugan untuk jalan raya.

Longsoran lereng adalah pergerakan massa tanah batuan dalam arah tegak, mendatar, atau miring dari kedudukan semula sebagai akibat ketidakmampuan lereng menahan gaya geser yang bekerja pada batas antara massa yang bergerak dan massa yang stabil (*Skempton and Hutchinson, 1969 dalam Wicaksono, 2003*).

Ada 3 tipe utama dari kelongsoran tanah seperti pada Gambar 2, yaitu sebagai berikut

- 1) Kelongsoran rotasi (*rotational slips*), yaitu kelongsoran yang bentuk permukaan runtuh pada potongannya dapat berupa busur lingkaran atau kurva bukan lingkaran.
- 2) Kelongsoran translasi (*translational slips*), cenderung terjadi bila lapisan tanah yang berbatasan berada pada kedalaman yang relatif dangkal di bawah permukaan lereng.

Kelongsoran gabungan (*compound slips*), terjadi bila lapisan tanah yang berbatasan berada pada kedalaman yang lebih dalam. Hal ini umumnya terjadi karena runtuhnya terdiri dari potongan kurva dan bidang.



Gambar 1. Tipe-Tipe Keruntuhan Lereng(Sumber: Santoso, Budi. 1998. Mekanika Tanah Lanjutan)

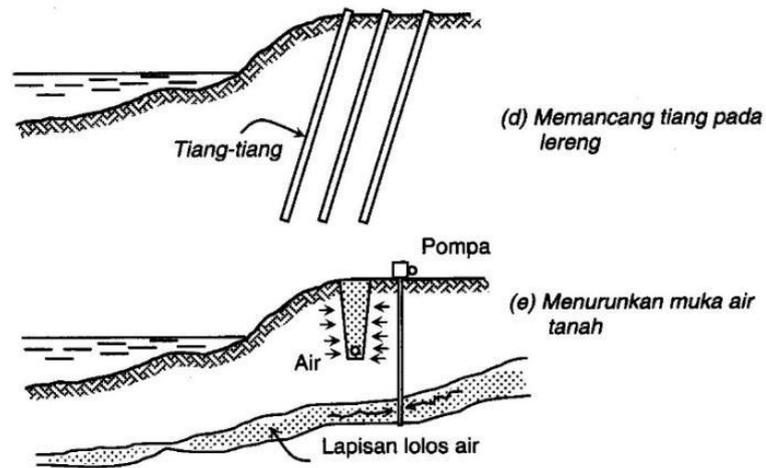
2.3. Perbaikan Lereng

Metode untuk menangani lereng-lereng yang tak stabil terutama bergantung kepada sifat tanah yang dijumpai. Jenis tanah dan jenis formasi tanah yang berbahaya di atas merupakan lapisan-lapisan yang tersusun atas *schist* yang lapuk atau lempung lunak yang berupa serpihan, lempung kaku yang retak, lempung yang mengandung pasir atau lanau, dan massa tanah kohesif yang mengandung lapisan-lapisan atau kantung-kantung lanau atau pasir yang berair.(Terzaghi dan Peck.1967:340)

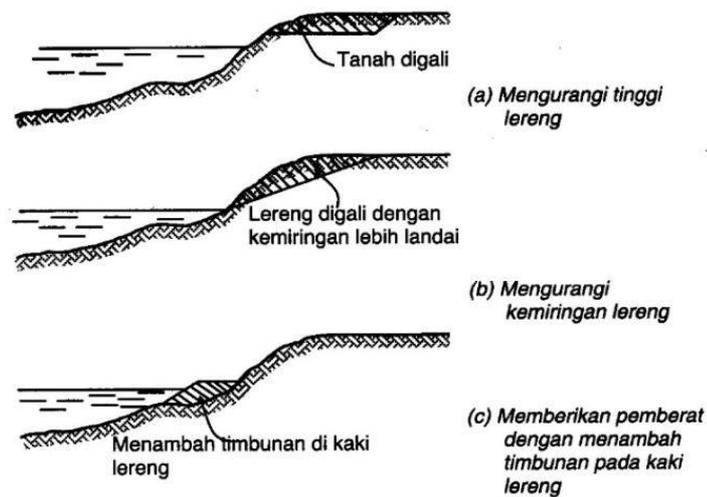
Banyak cara dapat dilakukan untuk menambah stabilitas lereng, antara lain: pemotongan lereng, pembuatan berm, menurunkan muka air tanah, pemasangan tiang-tiang dan lain-lainnya (Hardiyatmo, 2003:391).

Menurut Hardiyatmo metode perbaikan stabilitas lereng dibagi tiga kelompok, yaitu:

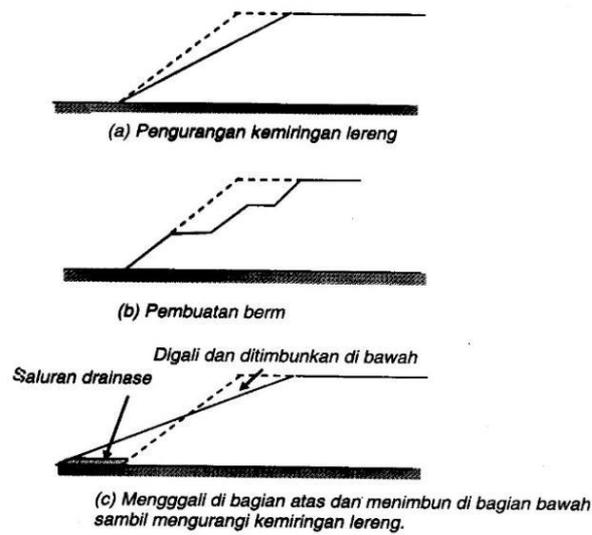
1. Metode geometri yaitu perbaikan lereng dengan cara mengubah geometri lereng. Contoh dari aplikasi metode tersebut bisa dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5.
2. Metode hidrologi yaitu dengan cara menurunkan muka air tanah atau menurunkan kadar air tanah pada lereng. Contohnya bisa dilihat pada Gambar 3 (e).
3. Metode-metode kimia dan mekanis yaitu dengan cara *grouting* semen untuk menambah kuat geser tanah atau memasang bahan tertentu (tiang) di dalam tanah. Contohnya pada Gambar 3 (d).



Gambar 2. Perbaikan Stabilitas Lereng (Sumber: Hardiyatmo, HC. 2003. Mekanika Tanah II)



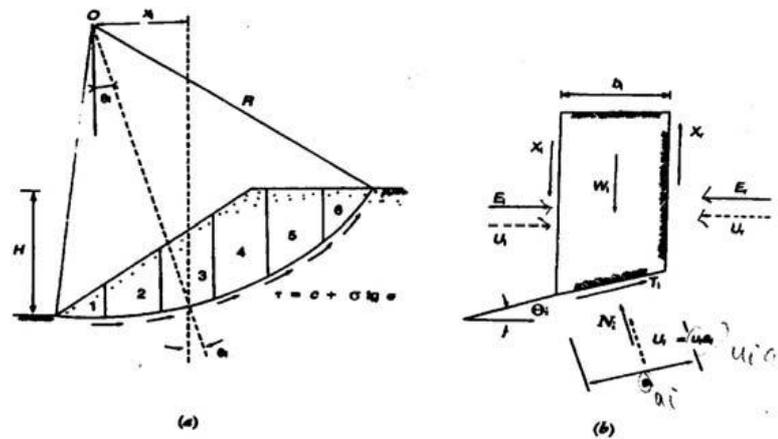
Gambar 3. Perbaikan Stabilitas Lereng Metode Geometri (Sumber: Hardiyatmo, HC. 2003. Mekanika Tanah II)



Gambar 4. Perbaikan Stabilitas Lereng 2 (Sumber: Hardiyatmo, HC. 2003. Mekanika Tanah II)

2.4. Metode Irisan

Jika tanah tidak homogen dan aliran rembesan terjadi di dalam tanah tidak menentu, cara yang lebih sesuai digunakan adalah dengan metode irisan. Menurut Hardiyatmo (2010:444), gaya normal yang bekerja pada suatu titik di lingkaran bidang longsor, terutama dipengaruhi oleh berat tanah yang longsor dipecah-pecah menjadi beberapa irisan vertikal. Kemudian, keseimbangan dari tiap-tiap irisan diperhatikan. Ilustrasi dari metode irisan ini dapat dilihat pada Gambar 19.



Gambar 5. Gaya - Gaya yang Bekerja pada Irisan (Sumber: Hardiyatmo, HC. 2010. Mekanika Tanah II)
Keterangan gambar:

X_1 dan X_r = gaya geser efektif disepanjang sisi irisan

E_1 dan E_r = gaya normal efektif disepanjang sisi irisan

T_i = resultan gaya geser efektif yang bekerja sepanjang dasar irisan

N_i = resultan gaya normal efektif yang bekerja sepanjang dasar irisan

U_1, U_r = tekanan air pori yang bekerja dikedua sisi irisan

U_i = tekanan air pori didasar irisan

2.5. *Plaxis (Finite Elemen Code for Soil and Rock Analyses)*

merupakan suatu rangkuman program elemen hingga yang telah dikembangkan untuk menganalisis deformasi dan stabilisasi geoteknik dalam perencanaan-perencanaan sipil. Grafik prosedur-prosedur input data (*soil properties*) yang sederhana mampu menciptakan model-model elemen hingga yang kompleks dan menyediakan *output* tampilan secara detail berupa hasil-hasil perhitungan. Perhitungan program ini seluruhnya secara otomatis dan berdasarkan pada prosedur-prosedur penulisan angka yang tepat. (*Plaxis, 1998*).

Pada penelitian ini program yang digunakan adalah program *Plaxis V.8.6* dan data-data yang di pergunakan untuk melakukan analisis yaitu mengenai nilai-nilai parameter pada tanah yang didapat dari hasil penyelidikan tanah dalam hal ini adalah tanah di ruas jalur ganda yang berlokasi di Martapura – Baturaja.. Data-data yang diperloeh dari hasil uji lab digunakan sebagai input untuk menjalankan program *Plaxis*, beberapa parameter utama dalam perhitungan program *plaxis* adalah sebagai berikut:

1. Berat isi jenuh dan berat isi tak jenuh ($\gamma_{sat}, \gamma_{unsat}$)

berat isi jenuh dan tak jenuh mengacu pada berat isi total dari tanah termasuk air yang berada dalam pori-pori. Berat tak isi jenuh γ_{unsat} diterapkan pada seluruh material diatas garis *freatik* (batas permukaan air tanah), dan berat isi jenuh γ_{sat} diaplikasikan pada seluruh material yang berada dibawah garis *freatik* (batas permukaan air tanah).

2. Permeabilitas (K_x dan K_y)

Permeabilitas mempunyai satuan kecepatan (satuan panjang persatuan waktu) permeabilitas hanya dibutuhkan untuk analisis konsolidasi dan perhitungan aliran air dalam tanah. Penerapan permeabilitas untuk klaster perlu dilakukan termasuk lapisan yang hampir kedap air yang dianggap seluruhnya kedap air.

3. Modulus Young (E)

Modulus Young sebagai modulus kekakuan dasar dalam model elastis dan model *Mohr Cloumb*, modulus kekakuan mempunyai satuan

tegangan (satuan gaya per satuan luas). Nilai dari parameter kekakuan yang digunakan dalam perhitungan diperlukan perhatian khusus karena banyak material tanah yang telah menunjukkan perilaku *non-linier* dari awal pembebanan.

4. Angka poisson (ν)

Angka poisson didapatkan dari uji triaksial, uji triaksial terdrainase standar dapat menyebabkan tingkat pemampatan volume yang signifikan pada awal pemberian beban aksial sehingga juga dapat menghasilkan nilai angka poisson awal (ν_0) yang rendah. Penggunaan angka poisson yang lebih tinggi akan berarti bahwa air tidak cukup kaku dibandingkan dengan butiran tanah dalam memodelkan perilaku tak terdrainase.

5. Kohesi (c)

Kohesi adalah gaya tarik menarik antar molekul yang sama, salah satu yang mempengaruhi nilai kohesi adalah kerapatan dan jarak antar molekul dalam suatu benda, kohesi dinyatakan dalam satuan berat per satuan luas.

6. Sudut geser dalam (ϕ)

Sudut geser dalam adalah sudut yang dibentuk dari hubungan antara tegangan normal dan tegangan geser didalam material tanah atau batuan, sudut geser dalam adalah sudut rekahan yang dibentuk jika suatu material dikenai tegangan atau gaya terhadapnya yang melebihi

tegangan gesernya, semakin besar sudut geser dalam suatu material maka material tersebut akan lebih tahan menerima tegangan luar yang dikenakan terhadapnya.

Adapun langkah-langkah dari program *plaxis* antara lain sebagai berikut :

- a. Membuat judul, model, dan elemen yang akan digunakan pada program *plaxis*.
- b. Membuat batas dari mistar atau dimensi Menuliskan dimensi, yaitu sepanjang ke kiri, ke kanan, ke atas, dan ke bawah.
- c. Membuat klaster atau batas-batas dari jenis-jenis tanah sesuai dengan jenis materialnya, dan kemudian diberi beban.
- d. Menentukan nilai parameter tanah dengan menekan tombol *Maerial Sets* antara lain γ_{sat} , γ_{unsat} , kohesi, poisson ratio, modulus young, sudut geser dalam, permeabilitas dan lain sebagainya.

Prosedur selanjutnya dapat dipahami lebih lanjut dan lebih jelas lagi pada literatur yang diperoleh dari program *plaxis*.

2.6. Analisa Kestabilan Lereng

Pada penelitian ini metode analisis yang digunakan yaitu Metode Elemen Hingga dengan beberapa pengertian sebagai berikut:

2.6.1. Metode Elemen Hingga

Plaxis (Finite Elemen Code for Soil and Rock Analysis) merupakan suatu rangkuman program elemen hingga yang telah dikembangkan

untuk menganalisis deformasi dan stabilisasi geoteknik dalam perencanaan- perencanaan sipil. Grafik prosedur-prosedur input data (*soil properties*) yang sederhana mampu menciptakan model-model elemen hingga yang kompleks dan menyediakan output tampilan secara detail berupa hasil-hasil perhitungan. Perhitungan program ini seluruhnya secara otomatis dan berdasarkan pada prosedur- prosedur penulisan angka yang tepat. Konsep ini dapat dikuasai oleh pengguna baru dalam waktu yang relatif singkat setelah melakukan beberapa latihan (*Plaxis*, 2012). Program *Plaxis* lebih baik dibandingkan dengan metode perhitungan manual atau metode Bishop yang disederhanakan, dikarenakan *Plaxis* menghasilkan Output yang lebih lengkap seperti deformasi, tegangan efektif, tekanan air pori, faktor aman, dan lainnya.

2.6.2. Metode Bishop

Metode ini pada dasarnya sama dengan metode *Fellenius*, tetapi dengan memperhitungkan gaya-gaya antar irisan yang ada. Metode *Bishop* mengasumsikan bidang longsor berbentuk busur lingkaran. Pertama yang harus diketahui adalah geometri dari lereng dan juga titik pusat busur lingkaran bidang lurus, serta letak rekahan. Untuk menentukan titik pusat busur lingkaran bidang lurus dan letak rekahan pada longsor busur dipergunakan grafik. Metode *Bishop* yang disederhanakan merupakan metode sangat populer dalam analisis kestabilan lereng dikarenakan perhitungannya yang sederhana, cepat dan memberikan hasil perhitungan faktor keamanan yang cukup teliti. Kesalahan metode ini apabila dibandingkan dengan metode lainnya

yang memenuhi semua kondisi kesetimbangan seperti Metode *Spencer* atau Metode *Kesetimbangan Batas Umum*, jarang lebih besar dari 5%. Metode ini sangat cocok digunakan untuk pencarian secara otomatis bidang runtuh kritis yang berbentuk busur lingkaran untuk mencari faktor keamanan minimum. Metode Bishop sendiri memperhitungkan komponen gaya-gaya (horizontal dan vertikal) dengan memperhatikan keseimbangan momen dari masing-masing potongan. Metode ini dapat digunakan untuk menganalisa tegangan efektif. Zakaria (2009)

$$3. FK = \frac{\sum(c + (W - u) \tan \phi) M(\alpha)}{\sum(W \sin \alpha)} \dots \dots \dots (2.6)$$

4. Dimana :

5. c = Kohesi tanah pada bidang gelincir (ton/m^2)

6. ϕ = Sudut geser dalam (derajat)

7. B = Lebar horizontal semen (m)

8. W = Berat segmen tanah (ton)

9. u = Tegangan air pori = $\gamma_w Z_w$

10. γ_w = Berat isi air (1 t/m^3)

11. Z_w = Tinggi muka air didukung dari bidang gelincir

2.7. Pengertian Kereta Api

Kereta api adalah sarana transportasi berupa kendaraan dengan tenaga gerak, baik berjalan sendiri maupun dirangkaikan dengan kendaraan lainnya, yang akan ataupun sedang bergerak di rel. Kereta api merupakan alat transportasi massal yang umumnya terdiri

dari lokomotif (kendaraan dengan tenaga gerak yang berjalan sendiri) dan rangkaian kereta atau gerbong (dirangkaikan dengan kendaraan lainnya). Rangkaian kereta atau gerbong tersebut berukuran relatif luas sehingga mampu memuat penumpang maupun barang dalam skala besar. Karena sifatnya sebagai angkutan massal efektif, beberapa negara berusaha memanfaatkannya secara maksimal sebagai alat transportasi utama angkutan darat baik di dalam kota, antarkota, maupun antarnegara.

Jenis-Jenis Transportasi Kereta Api

Dari segi propulsi (tenaga penggerak) jenis transportasi kereta api dibagi atas :

a. Kereta Api Uap

Kereta api uap adalah kereta api yang digerakkan dengan uap air yang dibangkitkan/dihasilkan dari ketel uap yang dipanaskan dengan kayu bakar, batubara ataupun minyak bakar, oleh karena itu kendaraan ini dikatakan sebagai kereta api dan terbawa sampai sekarang. Sejak pertama kereta api dibangun di Indonesia tahun 1867 di Semarang memakai kereta api uap, pada umumnya dengan lokomotif buatan Inggris dan Belanda. Untuk menggerakkan roda kereta api uap air dari ketel uap dialirkan ke ruang dimana piston diletakkan, uap air masuk akan menekan piston untuk bergerak dan disisi lain diruang piston uap air yang berada diruang tersebut didorong keluar demikian seterusnya. Uap air diatur masuk kedalam ruang piston oleh suatu mekanime

langsung seperti ditunjukkan dalam gambar. Selanjutnya piston akan menggerakkan roda melalui mekanisme gerakan maju mundur menjadi gerak putar.

b. Kereta Api diesel

Kereta api diesel adalah jenis kereta api yang bermesin diesel dan umumnya menggunakan bahan bakar mesin dari solar. Ada dua jenis utama kereta api diesel ini yaitu kereta api diesel hidrolik dan kereta api diesel elektrik.

c. Kereta Rel Listrik

Kereta Rel Listrik, disingkat KRL, merupakan kereta yang bergerak dengan sistem propulsi motor listrik.

2.8. Turap

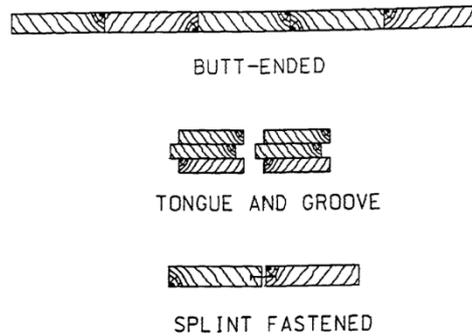
A. Tipe pondasi Turap

Menurut bahan yang digunakan dalam hal perancangan pondasi turap, pondasi ini terdiri dari kayu, beton bertulang, dan baja. Adapun dimakalah ini penulis hanya menjabarkan tentang pondasi turap beton.

B. Turap Kayu

Turap kayu digunakan untuk penahan tanah yang tidak begitu tinggi, karena tidak kuat menahan beban-beban lateral yang besar. Turap ini tidak cocok digunakan pada tanah berkerikil, karena turap cenderung pecah bila dipancang. Pada penggunaan turap kayu yang difungsikan untuk bangunan permanen yang berada di atas muka air,

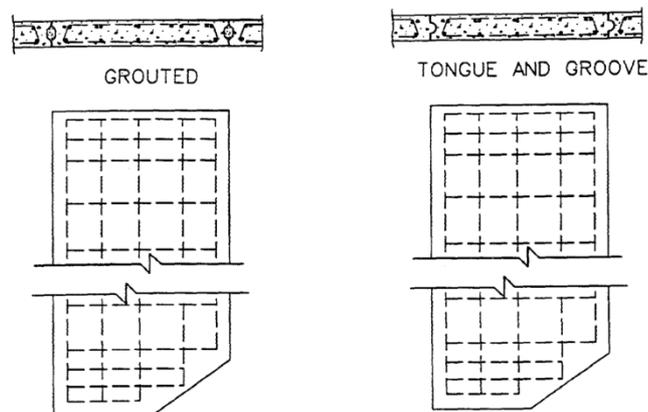
maka perlu diberikan lapisan pelindung agar tidak mudah lapuk. Turap ini biasa digunakan untuk pekerjaan sementara, seperti halnya untuk menahan tebing galian sementara. Bentuk susunan turap kayu dapat dilihat pada



Gambar 6. Turap kayu

C. Turap beton

Turap ini terdiri dari balok-balok beton yang telah dicetak sebelum dipasang dengan bentuk tertentu. Balok-balok turap dibuat saling mengkait antara satu balok dengan balok yang lain. Masing-masing balok, kecuali dirancang kuat menahan beban –beban yang bekerja pada turap, juga terhadap beban-beban yang akan bekerja pada waktu pengangkatannya, ujung bawah turap biasanya dibuat runcing karena untuk mempermudah pemancangan.

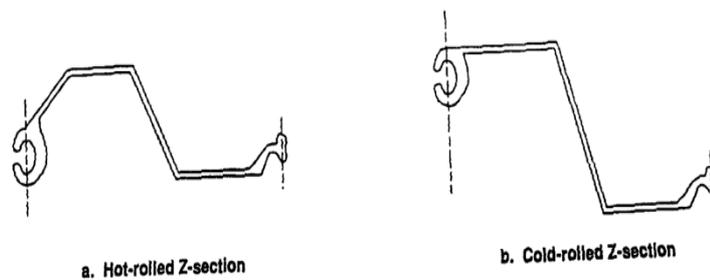


Gambar 7. Turap Beton

D. Turap Baja

Turap ini sangat banyak digunakan, karena turap ini memiliki banyak kelebihan diantaranya :

- a. Mudah dalam penanganan
- b. Kuat menahan gaya-gaya benturan pada saat pemancangan
- c. Bahan ini relative ringan
- d. Turap ini dapat digunakan berulang kali
- e. Memiliki keawetan yang tinggi.



Gambar 8. turap baja

Perancangan Dinding Turap Beton

Secara umum konstruksi turap dilapangan dapat dilihat pada gambar berikut ini :

Gambar 4 konstruksi turap beton yang runtuh / gagal

1. Gaya-gaya yang bekerja pada turap

Pada sebuah konstruksi turap, gaya-gaya yang bekerja dapat digolongkan menjadi dua, yaitu :

- Tekanan tanah aktif (P_a)

Yang dimaksud dengan tekanan tanah aktif adalah tekanan tanah lateral minimum yang mengakibatkan keruntuhan geser tanah akibat gerakan dinding menjauhi tanah dibelakangnya (Hary Christady, 1996)

- Tekanan tanah pasif (Pp)

Yang dimaksud dengan tekanan tanah pasif adalah tekanan tanah lateral maksimum yang mengakibatkan keruntuhan geser tanah akibat gerakan dinding menekan tanah urug (Hary Christady, 1996).

2.9. Penelitian Terdahulu

Arga (2017), Perencanaan Dinding Penahan Tanah Concrete Cantilever dengan Menggunakan Program Plaxis (Studi Kasus : Jalan Liwa – Simpang Gunung Kemala Krui KM.264+600).

Dari hasil analisis dapat disimpulkan stabilitas lereng dengan perkuatan dinding kantilever dengan program *Plaxis* adalah sebagai berikut :

1. Berdasarkan analisis program *plaxis* sebelum dilakukan penanganan dengan dinding penahan tanah kantilever, kondisi lereng KM.264+600 secara umum mengalami kelongsoran disebabkan karena kondisi tanah yang tergolong memiliki sifat mekanis tanah yang rendah.
2. Pada kondisi A, dengan perletakan dinding penahan tanah kantilever setinggi 6 meter berada di dasar lereng setinggi 10 meter, diperoleh nilai faktor aman (Fs) adalah sebesar 2,0503 dengan nilai *displacment* sebesar $79,95 \times 10^{-3}$ meter, besarnya nilai faktor aman disebabkan

karena luas lereng yang mengalami *displacement* relatif kecil dan hanya terjadi di lereng utama.

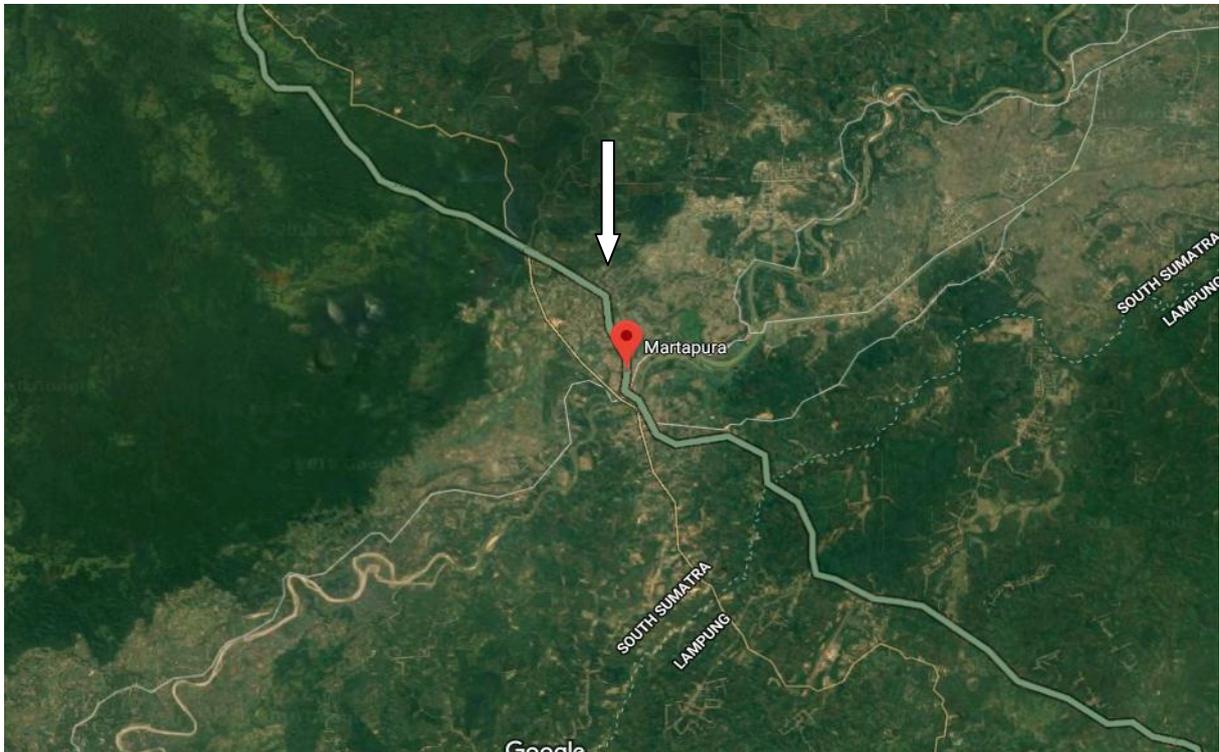
3. Pada kondisi B, dinding penahan tanah kantilever setinggi 6 meter diletakkan 2,4 meter dari dasar lereng, lereng utama dan tanah timbunan cenderung mengalami *displacement*, dengan nilai maksimum sebesar $56,25 \times 10^{-3}$ meter, hal ini mengakibatkan nilai faktor aman (F_s) menurun, yaitu sebesar 1,4953.
4. Pada kondisi C, permukaan dinding penahan tanah setinggi 6 meter diletakkan sejajar dengan permukaan lereng, tingginya perletakan dinding penahan tanah menimbulkan tekanan pada tanah didasar lereng dan mengakibatkan tanah timbunan pada dasar lereng juga mengalami *displacement*, sehingga didapat faktor aman (F_s) sebesar 1,4380 dan nilai *displacement* maksimum adalah sebesar $86,73 \times 10^{-3}$ meter.
5. Lereng dengan perkuatan dinding kantilever kondisi B dianggap lebih aman karena memiliki nilai *displacement* dan *settlement* yang terkecil serta memenuhi semua syarat stabilitas lereng yaitu stabilitas geser adalah $2,8200 > 2$ (Aman), terhadap guling adalah $3,9631 > 2$ (Aman) dan terhadap daya dukung tanah adalah $2,2782 > 2$ (Aman).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini berada di PUSLATPUR, PT KERETA API INDONESIA Km 208 Martapura, Sumatra Selatan. Pada daerah tersebut terdapat banyak lereng buatan yang dibuat untuk kepentingan transportasi KAI sehingga dibutuhkan analisis kestabilan lereng demi mengantisipasi bencana longsor yang akan timbul.

Gambar 9. Peta Lokasi Penelitian.



3.2 Tahapan Pengumpulan Data

Data yang digunakan pada penelitian ini menggunakan data sekunder.

A. Data Sekunder

Data sekunder yang digunakan berupa data hasil uji tanah pada lokasi penelitian di laboratorium mekanika tanah. Sampel tanah diambil menggunakan bor mesin.

1. Indeks Properti tanah yang didapatkan dari hasil lab pada proyek rel kereta tersebut. Pada Tabel 1 berikut ini merupakan data-data yang dibutuhkan untuk analisis kestabilan lereng dengan menggunakan Program *Plaxis v8.6*, antara lain kohesi tanah (c), sudut geser tanah (ϕ), berat tanah jenuh (γ_{sat}), dan berat tanah kering (γ_d).

Tabel 1. Data yang Diperoleh dari Uji Laboratorium

Tinggi Lapisan Tanah (m)	c (kg/cm ³)	ϕ (°)	γ_{sat} (g/cm ³)	γ_d (g/cm ³)
0 – 7	0,001	40	1,631	1,427
7– 11	0,090	32,6	1,657	1,453
11 – 15	0,173	30,7	1,597	1,393
15 – 17	0,084	27,7	1,559	1,355

Sumber: HasilUjiLaboratorium

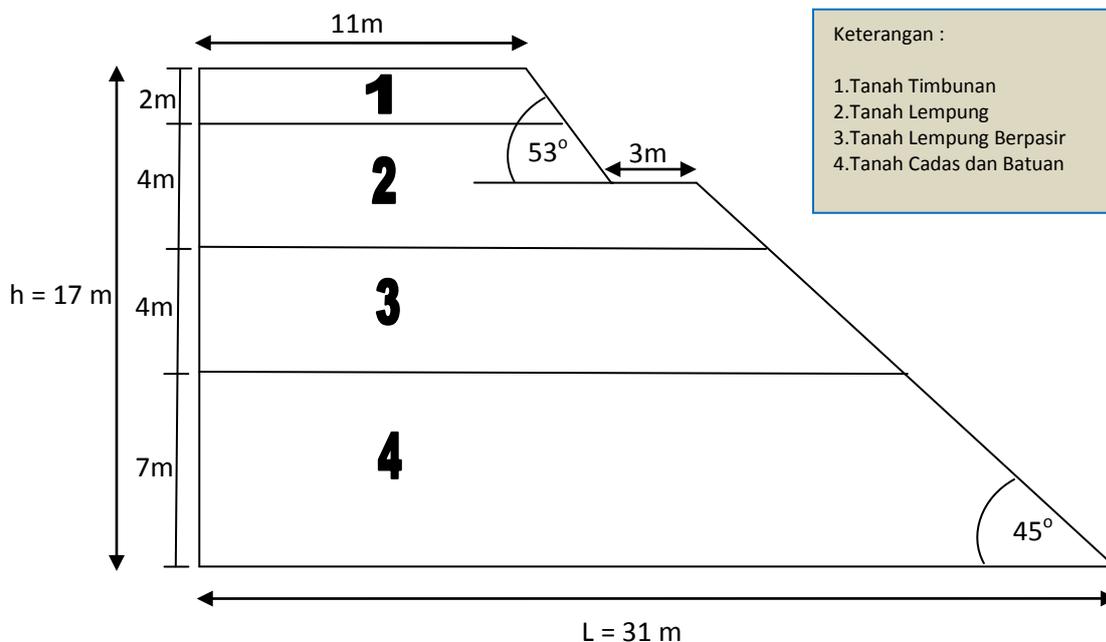
2. Mensimulasikan potongan melintang pada kondisi jenuh, kondisi setengah jenuh, dan kondisi tidak jenuh pada lereng yang ditinjau. Simulasi disesuaikan dengan kondisi asli dilapangan yang selanjutnya akan dianalisis menggunakan program *Plaxis v8.6*.

3. Pengumpulan data tambahan dilakukan dengan mencari referensi-referensi dari buku-buku mekanika tanah, juga media lainnya. Serta melakukan pengumpulan informasi dalam menunjang kelengkapan analisis input program, agar hasil yang didapat dapat maksimal.

3.3 Tahapan Analisis Stabilitas Lereng

3.3.1 Potongan Melintang Lereng

Langkah awal pada penelitian ini adalah menentukan bentuk dari potongan melintang lereng yang akan dianalisis. Pada penelitian ini kemiringan lereng dibuat dengan sudut 53° dan 45° dan dengan 4 lapisan tanah, di buat demikian agar menyerupai bentuk lereng asli dan mendapatkan bentuk lereng yang ideal. Berikut adalah tampilan potongan melintang lereng :

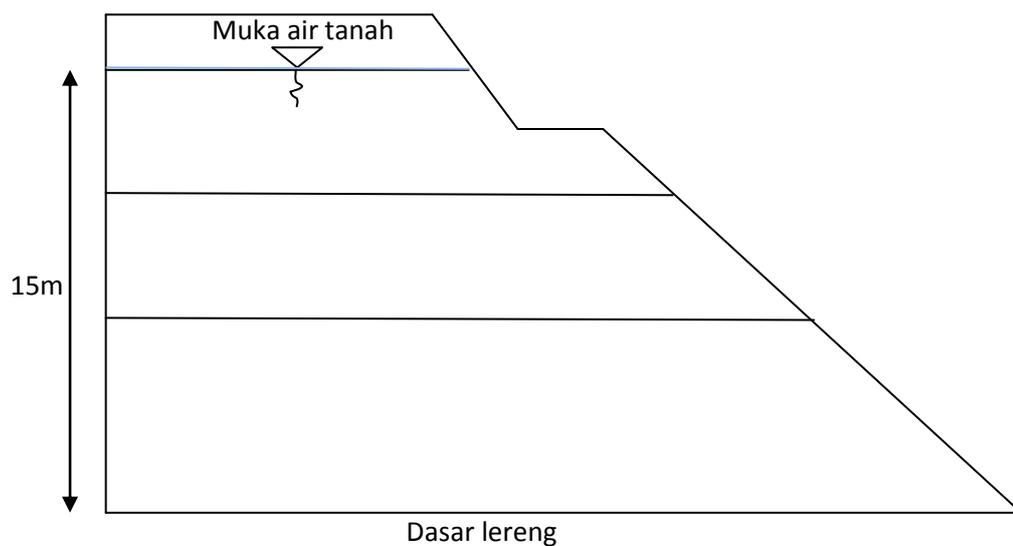


Gambar 10. Tampilan Potongan Melintang Lereng Asli

3.3.2 Penentuan Kondisi Analisis

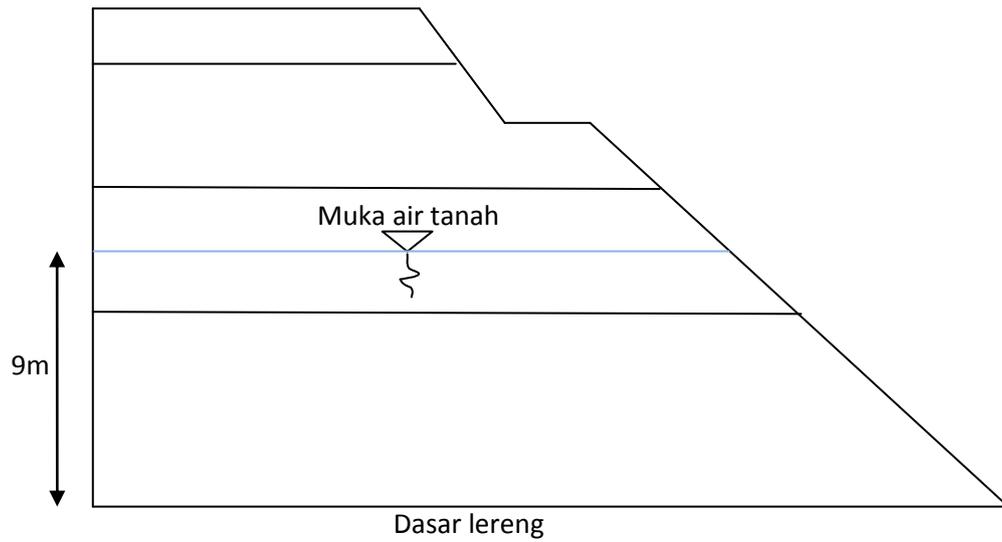
Langkah selanjutnya adalah menentukan kondisi yang akan dianalisis, apakah kondisi jenuh, kondisi jenuh sebagian, atau kondisi tidak jenuh, karena pada saat penggambaran akan disesuaikan tinggi muka air tanah pada lereng. Berikut adalah gambar lereng dengan 3 kondisi muka air tanah berbeda :

Pada analisa stabilitas lereng kondisi jenuh, yaitu kondisi dimana tinggi muka air tanah berada pada ketinggian 15 m dari dasar lereng. Berikut adalah tampilan letak muka air tanah lereng kondisi jenuh :



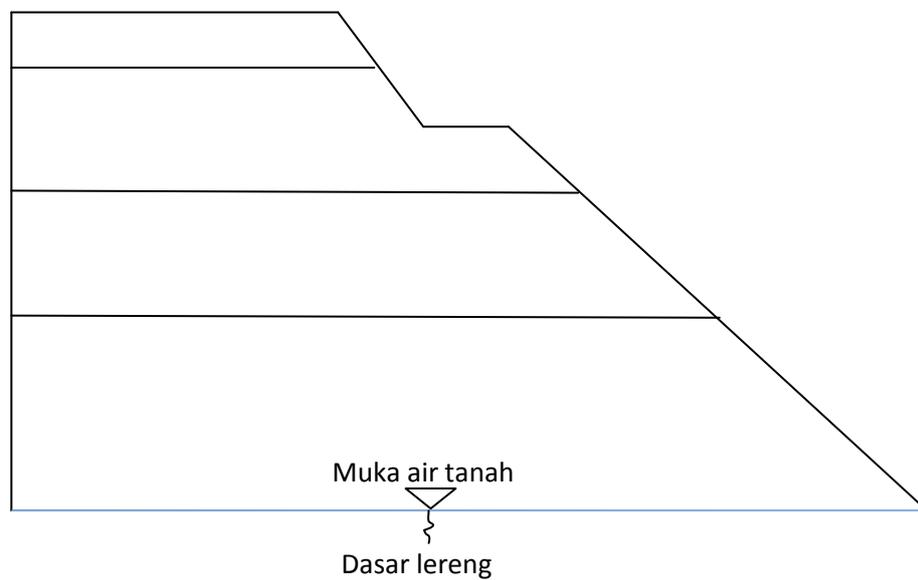
Gambar 11. Tampilan Letak Muka Air Tanah Lereng Kondisi Jenuh

Lalu pada analisa stabilitas lereng kondisi setengah jenuh, yaitu kondisi dimana tinggi muka air tanah berada pada ketinggian 9 m dari dasar lereng. Berikut adalah tampilan letak muka air tanah lereng kondisi jenuh sebagian :



Gambar 12. Tampilan Letak Muka Air Tanah Lereng Kondisi Jenuh Sebagian

Selanjutnya pada analisa stabilitas lereng kondisi tidak jenuh, yaitu kondisi dimana tinggi muka air tanah berada pada dasar lereng. Berikut adalah tampilan letak muka air tanah lereng kondisi tidak jenuh :



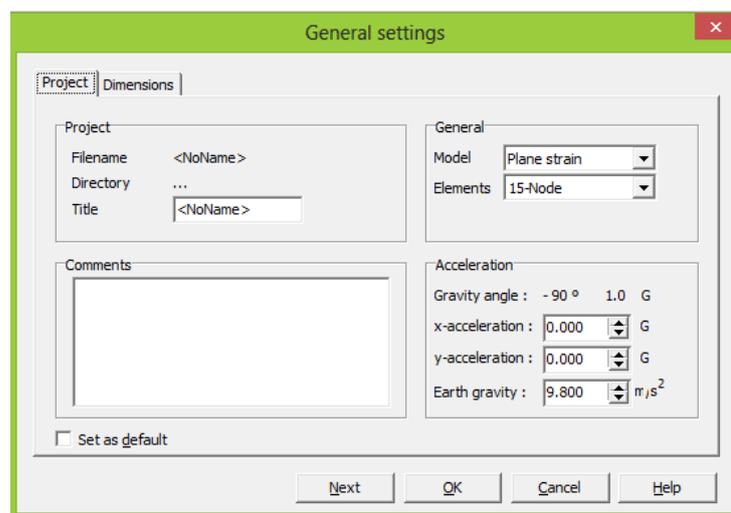
Gambar 13. Tampilan Letak Muka Air Tanah Lereng Kondisi Tidak Jenuh

3.3.3 Menganalisis Stabilitas Lereng Asli Menggunakan Program *Plaxis v8.6*

Setelah mengumpulkan data properti tanah dan membuat 3 simulasi bentuk potongan melintang lereng, selanjutnya ialah menginput data-data tersebut pada program *plaxis v8.6* untuk dianalisis lebih lanjut.

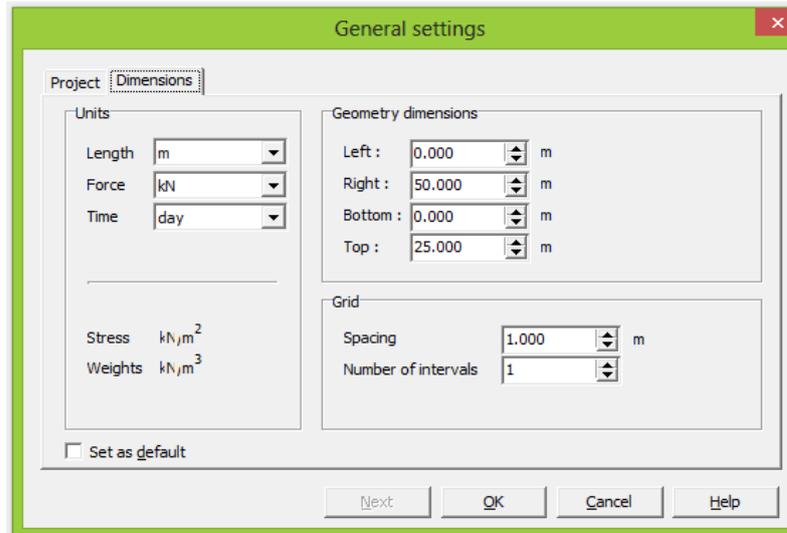
Plaxis Input

Dalam analisis pekerjaan yang akan menggunakan program *plaxis*, haruslah membuat pemodelan sesuai kondisi di lapangan. Berikut ini merupakan tahapan pemodelan lereng dalam program *Plaxis* :



Gambar 14. Tampilan *General Settings Project*.

- 1) Melakukan *input* data pada tampilan *General settings*. Tampilan *General settings* terdiri dari dua, yaitu *Project* seperti terlihat pada Gambar 11 dan *Dimensions* pada Gambar 12.



Gambar 15. Tampilan *General Settings Dimension*.

Pada *Project box* terdapat *file name*, *directory* dan *title*. *File name* dan *directory* belum terisi karena merupakan lembar kerja baru, sedangkan pada *title* dapat diisi dengan nama pekerjaan yang akan dianalisa atau nama judul.

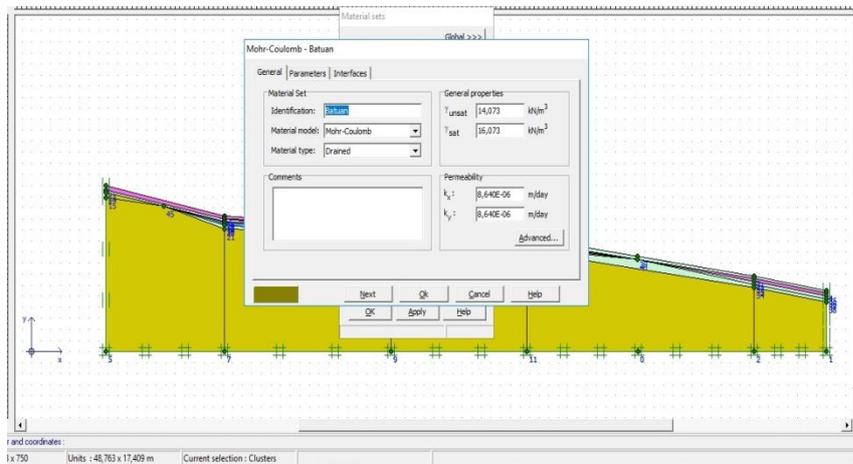
- 2) Menggambar geometri 2 dimensi penampang lereng yang akan dianalisis.



Gambar 16. Gambar geometri

Penggambaran geometri dibuat dengan memperhitungkan skala gambar, yaitu dengan skala 1cm : 1 m.

3) Memasukkan sifat-sifat material pada menu *Material Sets*.

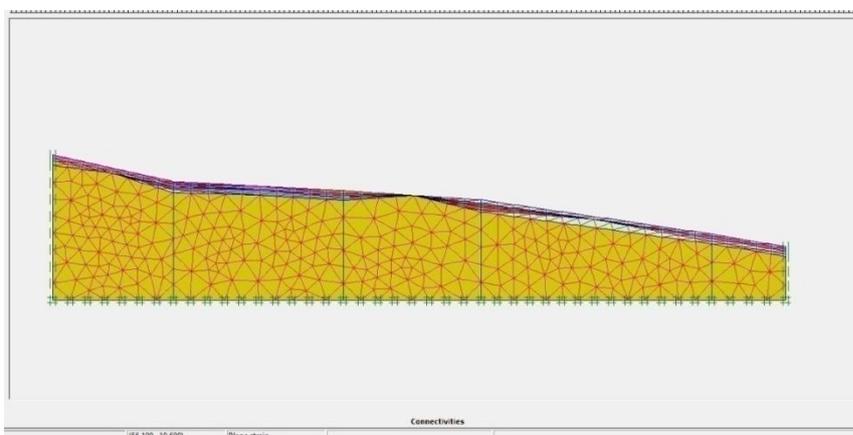


Gambar 17. Gambar input data tanah.

Penginputan data tanah dilakukan untuk memasukkan data-data yang didapat dari hasil pengujian laboratorium dengan sampel tanah dari lokasi tersebut.

Penginputan data tanah yang terdiri dari, modulus young, angka poisson, kohesi, sudut geser dan sudut dilantasi. Penginputan ditujukan untuk menjalankan program *plaxis*, agar hasil yang didapatkan sesuai dari lokasi yang sebenarnya,

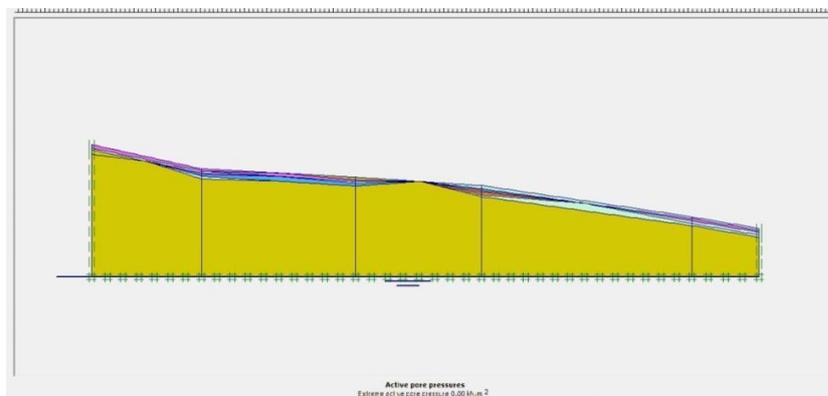
4) Melakukan penyusunan jaringan elemen (*Generated Mesh*).



Gambar 18. Gambar jaringan elemen.

Jaringan elemen dibuat untuk melakukan perhitungan elemen hingga, jaringan element terdiri dari 15 titik nodal dan 6 titik nodal, dan ada beberapa jenis kekasaran yang tersedia pada jaringan element, pada umumnya 15 titik nodal dan kekasaran sangat halus lebih dipilih karena untuk proses perhitungan yang lebih akurat.

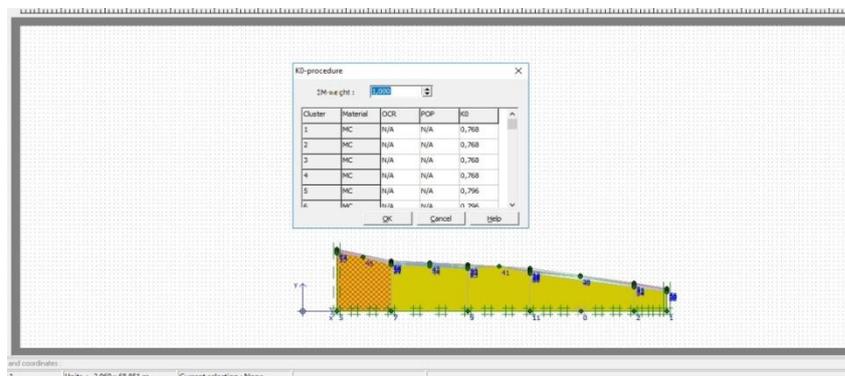
- 5) Menentukan *Initial Condition* dan *Initial Pore Pressures* untuk menentukan kondisi muka air tanah (MAT) dan KO Procedure.



Gambar 19. Gambar tekanan air pori.

Tekanan air pori dibuat dengan garis freatik, garis freatik dibuat untuk menentukan kondisi pada batas tekanan air pori yang diinginkan.

Seperti contoh gambar diatas garis freatik atau tekanan air pori berada dibawah permukaan tanah, atau dibawah dasar tanah.



Gambar 20. Gambar nilai tekanan air pori.

Nilai tekanan air pori yang dihasilkan dari pembuatan garis freatik dibawah dasar tanah, yang terdiri dari 5 kolom yaitu:

1. Nomor klaster, menunjukkan jenis jenis tanah pada setiap klaster
 2. Model material, menunjukkan jenis pemodelan material tanah pada masing masing lapisan
 3. OCR, menjelaskan tentang rasio konsolidasi berlebih
 4. POP, menjelaskan tentang konsolidasi berlebih juga
 5. K0, menunjukan nilai yang dihasilkan dari tekanan air pori.
- 6) Melakukan *running program* atau perhitungan nilai faktor aman.
- 7) Menggambar bidang longsor lereng pada saat kondisi jenuh, jenuh sebagian dan tidak jenuh.

Dari hasil analisis stabilitas lereng yang dilakukan menggunakan program *plaxis* akan didapatkan angka faktor keamanan lereng dari 3 kondisi lereng yang di simulasikan. Jika nilai faktor aman lereng $< 1,25$ maka akan dilakukan penanganan terhadap lereng asli tersebut.

3.4 Memberikan Penanganan Pada Lereng Asli dan Menganalisis Stabilitas Lereng yang Telah Diberi Penanganan Menggunakan Program *Plaxis* v8.6

Penanganan yang dilakukan pada lereng asli yaitu dengan cara memperkecil salah satu sudut kemiringan lereng. Hal ini dilakukan untuk menambah stabilitas lereng, agar konstruksi lereng kuat menahan bebannya sendiri untuk menghindari terjadinya kelongsoran. Setelah itu dilakukan kembali perhitungan faktor keamanan dengan 3 perbedaan kondisi muka air tanah pada lereng menggunakan program *plaxis* v8.6 dan menggambar bidang

longsornya. Jika nilai faktor aman lereng yang dihasilkan $> 1,25$ maka, akan dianalisis lereng dengan pengaruh beban merata.

3.5 Menganalisis Lereng Dengan Pengaruh Beban Merata Menggunakan Program *Plaxis v8.6*

Lereng yang sudah diberi penanganan sebelumnya dengan cara diperkecil salah satu sudutnya, selanjutnya diberi pengaruh beban merata. Beban yang diberikan diasumsikan sebesar 50T dan diletakkan pada permukaan lereng. Lereng dengan pengaruh beban merata ini kemudian dianalisis kestabilannya menggunakan program *plaxis v8.6*, dalam 3 kondisi muka air tanah. Setelah didapatkan nilai faktor aman dari ketiga kondisi lereng tersebut, jika $FK < 1,25$ maka dilakukan perkuatan lereng.

3.6 Menganalisis Lereng Dengan Perkuatan Tanah

Perkuatan tanah dibutuhkan pada lereng untuk menahan pengaruh beban merata yang bekerja pada lereng. Dilakukan perkuatan dengan kombinasi *pile* dan dinding penahan tanah pada lereng. Lereng yang sudah diperkuat dengan kombinasi *pile* dan dinding penahan tanah akan di analisis kestabilannya menggunakan program *plaxis v8.6*.

3.7 Pembahasan

Pembahasan ini berisi hasil-hasil dari analisis kestabilan lereng dalam beberapa kondisi berbeda dengan menggunakan program *Plaxis V.8.6*. Selain itu ditinjau penyebab kelongsoran berdasarkan besarnya sudut kemiringan lereng dan kandungan air dalam tanah pada lereng, serta

menganalisis penanganan kelongsoran lereng yang telah terjadi dilapangan dengan menggunakan program *Plaxis V.8.6*.

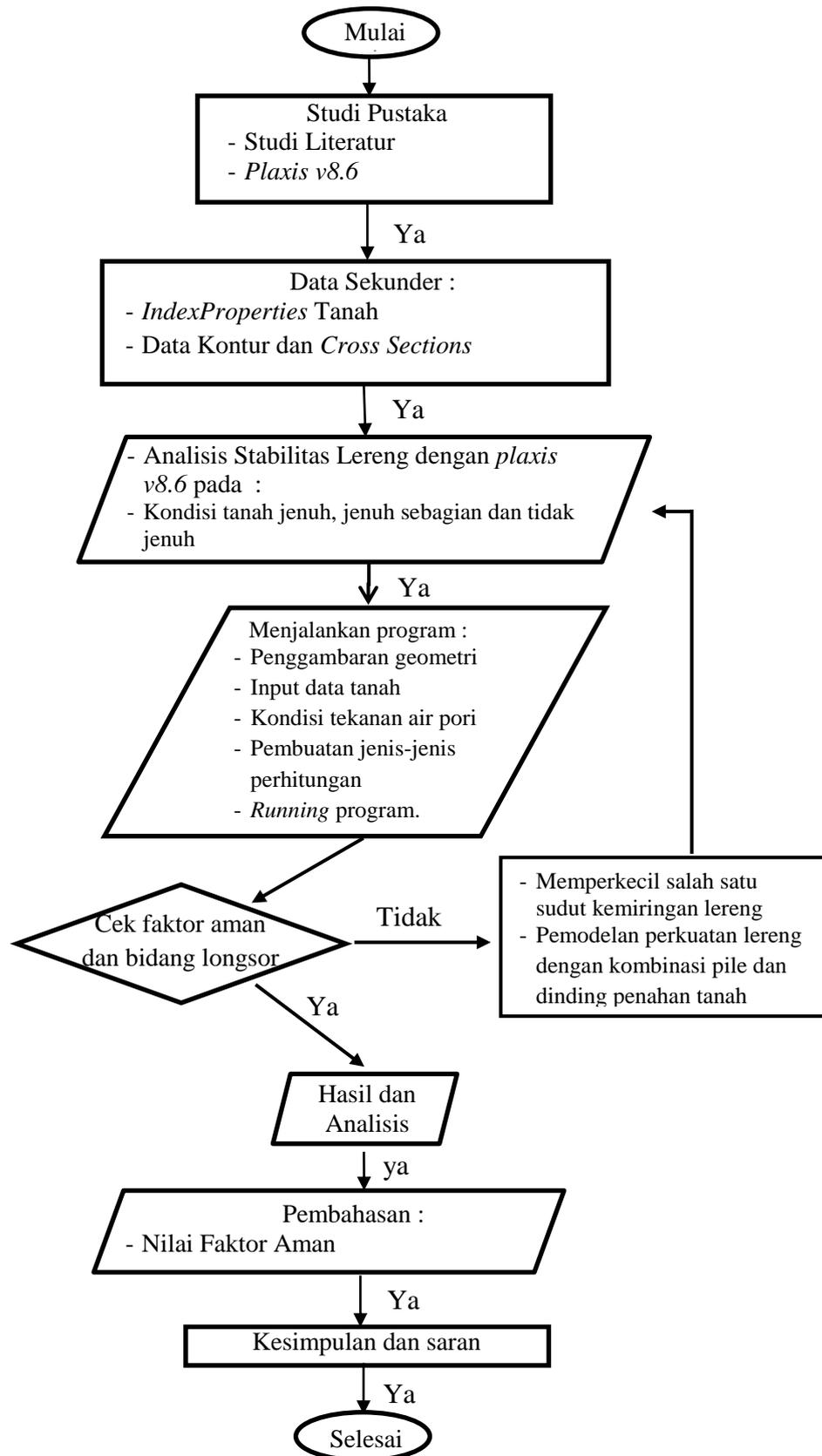
3.8 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan diambil sesuai dengan pembahasan dan kemudian memberikan saran berdasarkan hasil analisis dengan program *Plaxis V.8.6* dengan membandingkan faktor keamanan pada saat tanah dalam kondisi tanah jenuh, jenuh sebagian dan tidak jenuh.

3.9 Diagram Alir Penelitian

Adapun tahapan penelitian yang dilakukan dalam menganalisis kestabilan lereng di skemakan dalam diagram alir. Diagram alir merupakan sebuah diagram dengan simbol-simbol grafis yang menyatakan aliran proses yang menampilkan langkah-langkah penelitian dan memberi solusi selangkah demi selangkah untuk penyelesaian masalah yang ada di dalam tersebut .

Diagram penelitiannya adalah sebagai berikut :



Gambar 21. Diagram Alir Penelitian.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa dan perhitungan lereng yang dilakukan pada bab sebelumnya, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil analisis stabilitas lereng eksisting dengan menggunakan program PLAXIS menunjukkan kondisi tidak stabil karena dari hasil analisa diperoleh nilai angka keamanan 0,89 untuk kondisi kering, 0,67 untuk kondisi jenuh dan 0,91 untuk kondisi jenuh sebagian, sehingga diperlukan adanya perkuatan pada lereng tersebut.
2. Dari hasil penelitian, perkuatan lereng dengan kombinasi dinding penahan tanah dan *pile* yang dipasang sedalam 8 meter sebanyak 3 buah dapat menahan lereng dari kelongsoran akibat beban merata. Dari hasil analisis menggunakan program PLAXIS diperoleh nilai angka keamanan sebesar 1,66 untuk kondisi kering, 1,30 untuk kondisi jenuh dan 1,65 untuk kondisi jenuh sebagian, sehingga desain perkuatan tersebut aman dan mampu menahan kelongsoran.

5.2. Saran

Berikut adalah saran yang dapat diberikan terkait dengan penelitian ini :

1. Sebaiknya data tanah dari pengujian laboratorium dan pengujian sondir dicek terlebih dahulu agar didapatkan data yang selaras satu sama lain, sehingga dapat memudahkan dalam perencanaan.
2. Analisis untuk merencanakan panjang pile dan dimensi dinding penahan sebaiknya dilakukan pada tanah kondisi jenuh air atau muka air tanah maksimum untuk mendapat angka aman yang maksimal
3. Untuk penelitian menggunakan *software* geoteknik selanjutnya diharapkan untuk lebih memahami cara pengoperasian, fasilitas yang disediakan, dan standar perhitungan yang digunakan terlebih dahulu supaya didapat hasil desain yang benar dan valid.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J.E., 1989, *Sifat-sifat Fisik & Geoteknis Tanah*, Erlangga, Jakarta.
- Craig, R.F., 1989, *Mekanika Tanah*, Erlangga, Jakarta.
- Das, Braja M., 1995, *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Erlangga, Surabaya.
- Hardiyatmo, H.C., 2002, *Mekanika Tanah I*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C., 2003, *Mekanika Tanah II*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C., 2006, *Penanganan Tanah Longsor dan Erosi*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Pangalar, J.V., 1985, *Petunjuk Penyelidikan & Penanggulangan Gerakan Tanah, Pusat Penelitian dan Pengembangan Pengairan, Balitbang Departemen Pekerjaan Umum*.
- Wesley, Laurence D., 2012, *Mekanika Tanah untuk Tanah Endapan dan Residu*, Andi, Yogyakarta.