PERENCANAAN *SHEET PILE* DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM *PLAXIS*
(Study Kasus : Jalan Padang Tambak – Liwa KM.227+400)

(Skripsi)

Oleh

M. NAUFAL AGATHA
(1215011065)

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2017

ABSTRACT

THE PLANNING OF SHEET PILE USING THE PLAXIS PROGRAM (Case Study : Padang Tambak – Liwa KM.227+400)

BY

M. NAUFAL AGATHA

Soil landslide is one of the most common in the field of Geotechnical due to increased shear stress of a soil mass or decrease in shear strength of the soil mass. In other words, the shear strength of the soil mass is not able to bear the burden of work going on. Disruption to the stability of the slope can be caused by various human activities and natural conditions. Unstable slopes is dangerous to the surrounding environment, therefore slope stability analysis is needed. In this case the condition of Padang Tambak – Liwa street KM.227+400 Lampung Barat experience landslide up the road. The purpose of this study is to evaluate the value of the safety factor and to plan the dimension and stability of sheet pile to the landslide on Padang Tambak – Liwa street KM.227+400 using the Plaxis v.8.2 of computer program. The result of this study obtained the value of safety factor at the initial condition of 0,7106, with displacement of 12,71 x 10^{3} m. The handling of reinforcement slopes of sheet pile profiles of type OT26 U profile which is placed at 2,5 meters from the middle of the highway with a size of 12 meters and then replace the soil layer 1 on the outside of the sheet pile into a slope-like slope soil and reduce the slope to 32° level obtained factor value safety at 1,1532, with displacement of 145,88 x 10^{-3} m. Handling by reinforcing sheet pile profiles of type OT26 U profile in this condition was considered safe because it met the requirement of safety factor value and had a small displacement value.

Keywords: *slope stability, safety factor, plaxis, sheet pile, displacement.*

ABSTRAK

PERENCANAAN *SHEET PILE* DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM *PLAXIS*
(Study Kasus : Jalan Padang Tambak – Liwa KM.227+400)

Oleh

M. NAUFAL AGATHA

Kelongsoran tanah merupakan salah satu yang paling sering terjadi pada bidang geoteknik akibat meningkatnya tegangan geser suatu massa tanah atau menurunnya kekuatan geser suatu massa tanah. Dengan kata lain, kekuatan geser dari suatu massa tidak mampu memikul beban kerja yang terjadi. Gangguan terhadap stabilitas lereng dapat disebabkan oleh berbagai kegiatan manusia maupun kondisi alam. Lereng yang tidak stabil sangatlah berbahaya terhadap lingkungan sekitarnya, oleh sebab itu analisis stabilitas lereng sangat diperlukan. Pada kasus ini kondisi jalan Padang Tambak – Liwa KM.227+400 Lampung Barat mengalami kelongsoran hingga badan jalan. Tujuan dari penelitian ini adalah mengevaluasi nilai faktor aman dan merencanakan dimensi serta stabilitas *sheet pile* terhadap kelongsoran pada jalan Padang Tambak – Liwa KM.227+400 menggunakan program komputer *Plaxis* v.8.2. Dari hasil penelitian ini didapatkan hasil nilai faktor aman pada kondisi awal sebesar 0,7106, dengan *displacement* sebesar 12,71 x 10^{3} m. Pada penanganan lereng perkuatan *sheet pile* profil U tipe OT26 yang diletakkan pada 2,5 meter dari tengah jalan raya dengan ukuran 12 meter lalu mengganti tanah lapisan 1 di sisi luar *sheet pile* menjadi tanah timbunan setinggi lereng serta memperkecil kemiringan lereng menjadi 32° didapatkan nilai faktor aman sebesar 1,1532, dengan *displacement* sebesar 145,88 x 10^{-3} m. Penanganan dengan perkuatan *sheet pile* profil U tipe OT26 pada kondisi ini dianggap aman karena memenuhi syarat nilai faktor aman dan memiliki nilai *displacement* yang kecil.

Kata kunci : stabilitas lereng, faktor aman, plaxis, *sheet pile, displacement*

PERENCANAAN *SHEET PILE* DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM *PLAXIS*
(Study Kasus : Jalan Padang Tambak – Liwa KM.227+400)

Oleh

M. Naufal Agatha

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Lampung

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2017

Judul Skripsi	:	**PERENCANAAN *SHEET PILE* DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM *PLAXIS* (Study Kasus : Jalan Padang Tambak – Liwa KM.227+400)**
Nama Mahasiswa	:	M. Naufal Agatha
Nomor Pokok Mahasiswa	:	1215011065
Program Studi	:	Teknik Sipil
Fakultas	:	Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Ir. Idharmahadi Adha, M.T.	**Dr. Ir. Ahmad Zakaria, M.T.**
NIP 19590617 198803 1 003	NIP 19670514 199303 1 002

2. Ketua Jurusan Teknik Sipil

an

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

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Ir. Idharmahadi Adha, M.T.** .....

Sekretaris : **Dr. Ir. Ahmad Zakaria, M.T.** .....

Penguji
Bukan Pembimbing : **Ir. Setyanto, M.T.** .....

2. Dekan Fakultas Teknik

Prof. Dr. Suharno, M.Sc.
NIP 19620717 198703 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **20 Oktober 2017**

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini menyatakan dengan sebenarnya bahwa:

1. Skripsi dengan judul perencanaan *sheet pile* dengan menggunakan program *plaxis* (study kasus : jalan padang tambak – liwa KM.227+400) 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 di kemudian 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, 20 Oktober 2017

Pembuat Pernyataan

M. Naufal Agatha

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Kabupaten Tanggamus, Kecamatan Sumberejo, Kelurahan Margoyoso pada tanggal 5 Mei 1994, sebagai anak kedua dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Budi Artho dan Ibu Sofiah

Pendidikan Taman Kanak-Kanak diselesaikan di TK Trisula 2 Bandar Lampung, Sekolah Dasar (SD) diselesaikan di SD Negeri 2 Palapa Bandar Lampung pada tahun 2006, Sekolah Menengah Pertama (SMP) diselesaikan pada tahun 2009 di SMP Negeri 25 Bandar Lampung dan Sekolah Menengah Atas (SMA) diselesaikan di MAN 1 (Model) Bandar Lampung.

Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung pada tahun 2012 melalui jalur Ujian Tertulis. Selama menjadi mahasiswa, penulis berperan aktif di dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil (HIMATEKS) sebagai anggota bidang kaderisasi. Penulis pun pernah menjadi asisten dosen mata kuliah Mekanika Tanah.

Pada tahun 2015 Penulis melakukan Kerja Praktek (KP) pada Proyek Pembangunan Hotel Zodiak Lampung selama 3 bulan. Penulis juga telah mengikuti Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Napal, Kecamatan Kelumbayan, Kabupaten Tanggamus selama 60 hari pada periode Januari-Maret 2016.

Persembahan

Untuk Ayah dan Ibuku tercinta yang selalu mendoakan dan mendukungku dalam segala hal, terima kasih telah menjadi malaikat di dalam hidupku.

Untuk kakak dan adik tersayang yang sedang sama-sama berjuang demi masa depan. Semoga kita semua menjadi orang yang berguna bagi agama, nusa dan bangsa.

Untuk saudara dan kerabat yang telah memberikan dukungan dan doa.

Untuk semua guru-guru dan dosen-dosen yang telah mengajarkan banyak hal kepadaku. Terima kasih untuk ilmu, pengetahuan, dan pelajaran hidup yang sudah diberikan.

Untuk seseorang yang selalu sabar mendukungku (Suci Indah Rahmadani) terima kasih atas semua do'a dan motivasi yang diberikan.

Untuk sahabat-sahabat seperjuangan, terimakasih sudah mengizinkanku hadir dalam hidup kalian dan sudah membuat suasana di kampus lebih ceria dengan kehadiran kalian.

Untuk teman-teman keluarga baruku, rekan seperjuanganku, Teknik Sipil Universitas Lampung Angkatan 2012. Kalian luar biasa. Harus cepat menyusul semuanya biar bisa sukses bareng-bareng biarpun di tempat yang berbeda-beda.

Moto

Allah akan mengangkat derajat orang-orang yang beriman dan orang-orang yang berilmu beberapa derajat
(Q.S. Al- Mujadalah :11)

Orang yang tidak pernah berbuat salah adalah orang yang tidak pernah melakukan apapun
(Albert Einstein)

Kebahagiaan bisa ditemukan bahkan di masa-masa gelap sekalipun. Asalkan, tidak ada yang lupa untuk menyalakan lampu
(Albus Dumbledore)

Barang siapa keluar untuk mencari ilmu maka ia berada di jalan Allah
(HR. Tirmidzi)

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT karena atas berkat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul "*Analisa Stabilitas Lereng dan Penanggulangan Kelongsoran Lereng Pada Ruas Jalan Batas Kota Liwa-Simpang Gunung Kemala, Taman Nasional Bukit Barisan Selatan, Lampung Barat*". 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. Bapak Ir. Idharmahadi Adha, M.T., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Akademik saya yang telah bersedia untuk memberikan bimbingan dalam proses penyelesaian skripsi ini dan memberikan bimbingan kepada saya selama berkuliah di kampus tercinta;
4. Bapak Dr. Ir. Ahmad Zakaria, M.T., selaku Dosen Pembimbing 2 skripsi saya yang telah membimbing saya dalam proses penyusunan skripsi;

5. Bapak Ir. Setyanto, M.T., selaku Dosen Penguji skripsi terimakasih untuk saran-saran dan masukan pada seminar terdahulu;
6. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung atas ilmu dan pembelajaran yang telah diberikan selama masa perkuliahan;
7. Ayahku Budi Artho dan Ibuku Sofiah, terimakasih atas seluruh do'a, dukungan, dan motivasi yang selalu diberikan;
8. Kakakku Windy Besthia dan adikku Camila Fatharani, yang telah membantu dan memberikan dukungan dengan caranya masing-masing;
9. Suci Indah Rahmadani, yang selalu memberikan semangat dan membantu dalam banyak hal;
10. Restu Arga Winanda dan M. Wahyuddin, yang beruntung memiliki teman satu kelompok skripsi seperti saya;
11. M. Lutfi Yunianto dan Giwa Permana Wibawa, yang menjadi mentor saya untuk memahami tugas skripsi saya;
12. Eddy Ristanto S.T., Hermawan Arbenta , Yota Pentawan, M. Ariansyah Jaya, M. Aditya Pratama H., Faizin Mahfudz S., Hedi Saputra, Prasetyo Putro Prabowo, Restu Agusni, Bastian Philipus, Oktario Eko Hidayat, M. Susanto, Andriansyah, Risqon Septian, Andriana,
13. 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, 20 Oktober 2017

Penulis

M. Naufal Agatha

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR ISI i

DAFTAR GAMBAR iii

DAFTAR TABEL vi

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang 1
B. Rumusan Masalah 3
C. Batasan Masalah 4
D. Tujuan Penelitian 4
E. Manfaat penelitian 4

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Lereng dan Longsoran 5
B. Mengatasi Kelongsoran Lereng 6
C. Tekanan Air Pori 9
D. Tegangan Efektif 10
E. Kuat Geser Tanah 11
F. Tekanan Tanah Lateral Saat Diam 11
G. Tekanan Tanah Aktif dan Tekanan Tanah Pasif 13
H. Dinding Turap *(Sheet Pile)* 17
I. Metode Elemen Hingga *Plaxis* 20

III. METODE PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian 22
B. Tahapan Pengumpulan Data 22
C. Tahapan Analisis Stabilitas Lereng dengan *Plaxis* V.8.2.. 23
D. Diagram Alir Penelitian 28

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik Lereng 30
B. Parameter Tanah Berdasarkan Uji Laboratorium 31
C. Potongan Lereng Tinjauan.. 34
D. Analisis Stabilitas Lereng Menggunakan *Plaxis* 36
E. Penangan Untuk Stabilitas Lereng KM.227+400 43
F. Hasil Analisis Lereng dengan Perkuatan *Sheet Pile* pada Program *Plaxis*..... 48
G. Perhitungan Tegangan Baja pada *Sheet Pile* 61
H. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Stabilitas..... 65
I. Perkuatan Tanah Timbunan pada Penanganan Kondisi C..... 65

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan 67
B. Saran 68

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR GAMBAR

Gambar ..... Halaman

1. Jalan Padang Tambak - Liwa 1

2. Jalan Padang Tambak – Liwa KM.227+400 2

3. Tipe – Tipe Keruntuhan Lereng 6

4. Memperkecil Sudut Kemiringan Lereng 7

5. Memperkecil Ketinggian Lereng 7

6. Penanganan dengan *Counterweight* 8

7. Mengurangi Tegangan Air Pori 8

8. Dinding Penahan Tanah 9

9. Tekanan Tanah dalam Keadaan Diam 12

10. Distribusi Keadaan Tanah dalam Keadaan Diam 13

11. Dinding yang Berotasi Akibat Tekanan Tanah Aktif 14

12. Dinding yang Berotasi Melawan Tekanan Tanah Aktif 15

13. *Sheet Pile* Kantilever 18

14. *Sheet Pile* Diangker 19

15. *Sheet Pile* dengan Landasan 19

16. *Sheet Pile* Bendungan Elek Selular 20

17. Peta Lokasi Penelitian 22

18. Tampilan *General Settings Project* 23

19. Tampilan *General Settings Dimensions* 24

20. Tampilan *Plaxis Calculations* 25

21. Tampilan *Plaxis Output Program*. 26

22. Tampilan *Open Project* pada *Curve Program*. 27

23. Tampilan *Curve Generation*. 27

24. Diagram Alir Penelitian 29

25. Topografi Lokasi Penelitian 35

26. Potongan Melintang Lereng KM.227+400 36

27. Potongan Melintang Lereng KM.227+400 pada *Plaxis* 37

28. Tampilan Kondisi Lereng Jenuh Penuh 38

29. Tampilan Titik yang Ditinjau pada Kondisi Lereng Jenuh Penuh 39

30. Tampilan *Deformed Mesh* Kondisi Lereng Jenuh Penuh 40

31. Tampilan *Total Displacements* Kondisi Lereng Jenuh Penuh. 41

32. Tampilan *Effective Mean Stresses* Kondisi Lereng Jenuh Penuh. 41

33. Tampilan *Total Mean Stresses* Kondisi Lereng Jenuh Penuh..... 42

34. Kurva Faktor Aman Lereng Kondisi Jenuh Penuh. 43

35. Profil U *Sheet Pile*..... 44

36. Penanganan Lereng Kondisi A..... 46

37. Penanganan Lereng Kondisi B..... 47

38. Penanganan Lereng Kondisi C..... 48

39. Titik yang Ditinjau pada Penanganan Kondisi A..... 49

40. Tampilan *Deformed Mesh* pada Penanganan Kondisi A 50

41. Tampilan *Total Displacement* pada Penanganan Kondisi A..... 50

42. Tampilan *Effective Stresses* pada Penanganan Kondisi A 51

43. Tampilan *Total Stresses* pada Penanganan Kondisi A..... 52

44. Tampilan Kurva Faktor Aman pada Penanganan Kondisi A 52

45. Titik yang Ditinjau pada Penanganan Kondisi B 53

46. Tampilan *Deformed Mesh* pada Penanganan Kondisi B..... 54

47. Tampilan *Total Displacement* pada Penanganan Kondisi B 54

48. Tampilan *Effective Stresses* pada Penanganan Kondisi B 55

49. Tampilan *Total Stresses* pada Penanganan Kondisi B 56

50. Tampilan Kurva Faktor Aman pada Penanganan Kondisi B 57

51. Titik yang Ditinjau pada Penanganan Kondisi C 57

52. Tampilan *Deformed Mesh* pada Penanganan Kondisi C..... 58

53. Tampilan *Total Displacement* pada Penanganan Kondisi C 59

54. Tampilan *Effective Stresses* pada Penanganan Kondisi C 59

55. Tampilan *Total Stresses* pada Penanganan Kondisi C 60

56. Tampilan Kurva Faktor Aman pada Penanganan Kondisi C 61

57. Perkuatan Tanah Timbunan pada Penanganan Kondisi C 61

DAFTAR TABEL

Tabel ..... Halaman

1. Deskripsi Tanah Lereng di Lokasi Penelitian 32

2. Nilai Modulus Elastisitas Tanah 32

3. Nilai Angka *Poisson*. 33

4. Hasil Pengujian Sifat Fisik Sampel Tanah 34

5. Data Tanah yang di Input ke *Plaxis* 37

6. Data Profil *Sheet Pile* 44

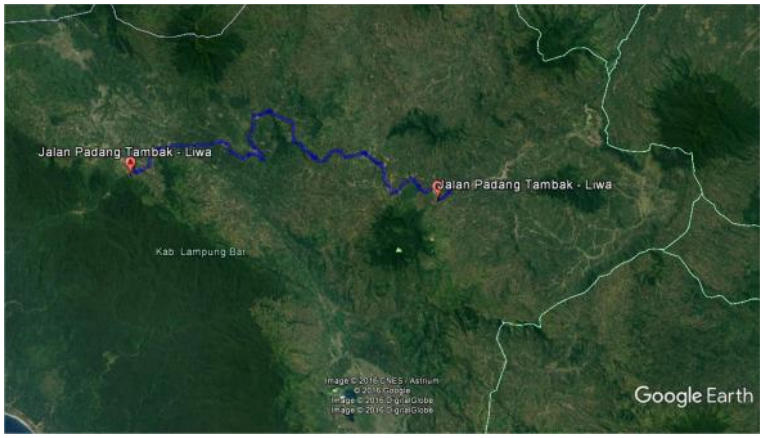
7. Data *Sheet Pile* pada *Plaxis* 45

8. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Faktor Aman 65

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kelongsoran tanah merupakan salah satu yang paling sering terjadi pada bidang geoteknik akibat meningkatnya tegangan geser suatu massa tanah atau menurunnya kekuatan geser suatu massa tanah. Dengan kata lain, kekuatan geser dari suatu massa tanah tidak mampu memikul beban kerja yang terjadi. Gangguan terhadap stabilitas lereng dapat disebabkan oleh berbagai kegiatan manusia maupun kondisi alam. Lereng yang tidak stabil sangatlah berbahaya terhadap lingkungan sekitarnya, oleh sebab itu analisis stabilitas lereng sangat diperlukan. Pada kasus ini kondisi jalan Padang Tambak - Liwa KM.227+400 Lampung Barat mengalami kelongsoran hingga badan jalan.



Gambar 1. Jalan Padang Tambak - Liwa

Gambar 2. Jalan Padang Tambak - Liwa KM.227+400

Longsor di daerah perbukitan Lampung Barat biasanya terjadi saat musim hujan, karena intensitas hujan yang lebih dari biasanya akan menyebabkan tanah menjadi jenuh air yang mana tanah sudah tidak mampu lagi menampung air kedalam porinya sehingga air pori akan naik yang mengakibatkan kuat geser tanah menjadi kecil sehingga tanah menjadi labil dan rawan terjadi longsor.

Untuk mengetahui faktor keamanan *(Safety Factor)* suatu lereng, peneliti menggunakan program komputer *Plaxis* v.8.2. dengan perkuatan *sheet pile* yang akan dimodelkan sesuai kondisi asli dilapangan agar terjadi pendekatan dalam hasil analisis dan memudahkan dalam memodelkan penanganan yang ideal.

Teknologi di bidang konstruksi bangunan mengalami perkembangan pesat, termasuk teknologi dalam bidang geoteknik. Sudah banyak diketahui bersama bahwa untuk mempercepat dalam perhitungan dan meminimalisir kesalahan pada saat menghitung kestabilan *sheet pile* dengan menggunakan program bantu *Plaxis* v.8.2.

Plaxis merupakan program komputer berdasarkan metode elemen hingga dua dimensi yang digunakan secara khusus melakukan analisis deformasi dan stabilitas untuk berbagai aplikasi dalam bidang geoteknik. Program ini merupakan metode antarmuka grafis yang mudah digunakan sehingga pengguna dapat dengan cepat membuat model geometri dan jaring elemen berdasarkan penampang melintang dari kondisi lereng yang akan dianalisis (*Plaxis*, 2012).

B. Rumusan Masalah

Mengetahui apa penyebab serta bagaimana alternatif solusi penanggulangan longsor lereng dengan perkuatan *sheet pile* yang terjadi di jalan Padang Tambak - Liwa KM.227+400 Lampung Barat.

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengevaluasi nilai faktor aman *(Safety Factor)* pada jalan Padang Tambak - Liwa KM.227+400 berdasarkan analisis menggunakan program komputer *Plaxis* v.*8.2.*
2. Merencanakan dimensi dan stabilitas *sheet pile* terhadap kelongsoran pada jalan Padang Tambak - Liwa di KM.227+400 menggunakan program komputer *Plaxis v.*8.2.

D. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah penelitian ini adalah :

1. Perencanaan ini dilakukan diruas jalan Padang Tambak - Liwa KM.227+400.
2. Analisis stabilitas lereng dengan perkuatan *sheet pile* dilakukan dengan menggunakan program *Plaxis v.8.2* untuk mengetahui nilai faktor aman.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapat dari penelitian ini antara lain dapat mengetahui kawasan aman dan rawan longsor disepanjang jalan Padang Tambak - Liwa KM.227+400, serta dapat mengetahui cara untuk mencari faktor aman dan alternatif perkuatan *sheet pile* dalam stabilitas lereng dan penanganan kelongsoran diwilayah perbukitan Lampung Barat.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Lereng dan Longsoran

Kelongsoran dapat terjadi pada setiap macam lereng, akibat berat tanah sendiri, ditambah dengan pengaruh yang besar dari rembesan air tanah, serta gaya lain dari luar lereng. Kelongsoran berbeda dengan erosi atau pengikisan. Karena erosi merupakan peristiwa pengikisan padatan akibat transportasi angin, air atau es, karakteristik hujan, creep pada tanah dan material lain dibawah pengaruh gravitasi atau oleh makhluk hidup

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

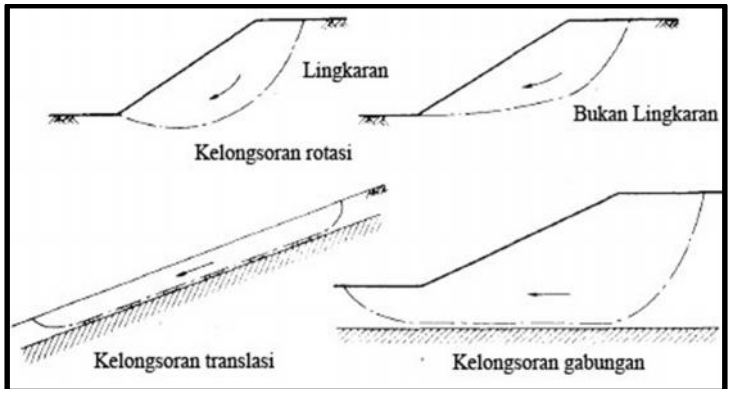
1. Lereng alam, yaitu lereng yang terbentuk akibat kegiatan alam, seperti erosi, gerakan tektonik dan sebagainya.
2. Lereng yang dibuat manusia, akibat penggalian atau pemotongan pada tanah asli.
3. Lereng timbunan tanah, seperti urugan untuk jalan raya.

Menurut Craig (1989), gaya-gaya gravitasi dan rembesan (*seepage*) cenderung menyebabkan ketidakstabilan (*instability*) pada lereng alami

(*natural slope*), pada lereng yang dibentuk dengan cara penggalian, dan pada lereng tanggul serta bendungan tanah (*earth dams*).

Ada 3 tipe utama dari kelongsoran tanah seperti pada Gambar 3, 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 dibawah permukaan lereng.
3. Kelongsoran gabungan *(compound slips)*, terjadi bila lapisan tanah yang berbatasan berada pada kedalaman yang lebih dalam. Hal ini umumnya terjadi karena reruntuhannya terdiri dari potongan kurva dan bidang.

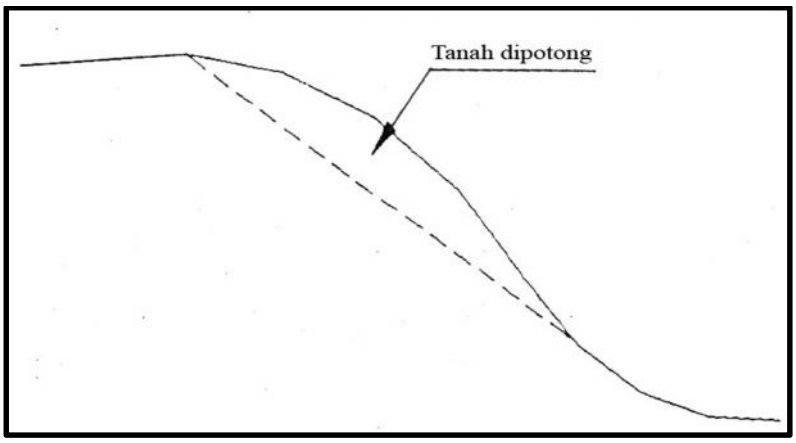


Gambar 3. Tipe – Tipe Keruntuhan Lereng (Craig, 1989)

B. Mengatasi Kelongsoran Lereng

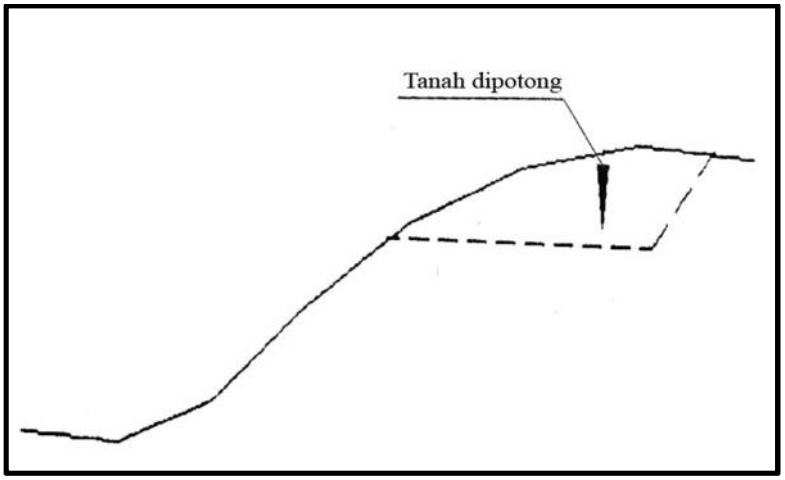
Dalam Menurut (Wesley, 1977) ada dua cara untuk membuat lereng supaya menjadi lebih aman dan mantap, yaitu :

1. Memperkecil gaya penggerak atau momen penggerak, yaitu dengan mengubah bentuk lereng. Cara yang dilakukan yaitu :
   a. Membuat lereng lebih datar, yaitu dengan mengurangi sudut kemiringan.



Gambar 4. Memperkecil Sudut Kemiringan Lereng (Wesley, 1977)

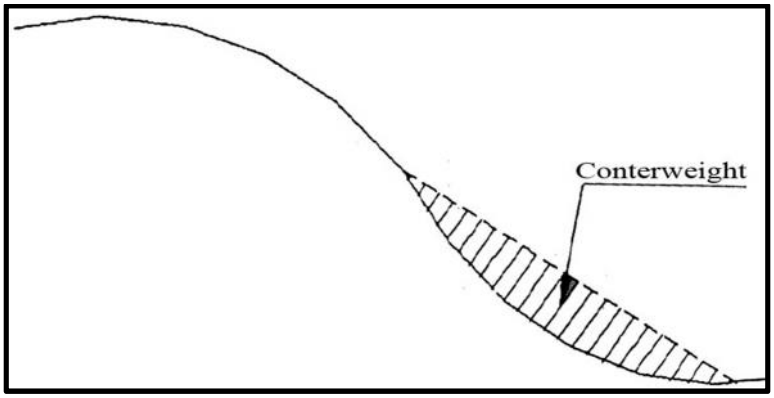
   b. Memperkecil ketinggian lereng. Cara ini hanya dapat dipakai pada lereng yang ketinggiannya terbatas, yaitu dalam hal kelongsoran yang bersifat *"rational slide"*.



Gambar 5. Memperkecil Ketinggian Lereng (Wesley, 1977).

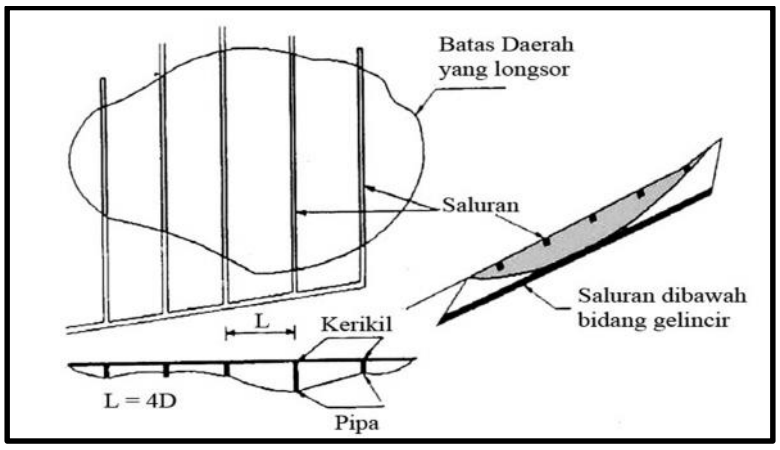
2. Memperbesar gaya melawan, yaitu yang dapat dilakukan dengan beberapa cara, yaitu :

   a. Dengan memakai *counterweight* yaitu tanah timbunan pada kaki lereng.



Gambar 6. Penanganan dengan *Counterweight* (Wesley, 1977).

   b. Dengan mengurangi tegangan air pori didalam lereng.

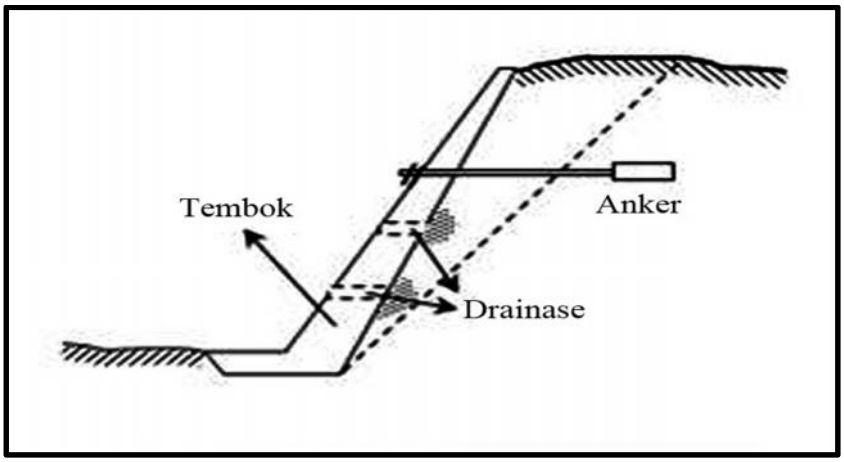


Gambar 7. Mengurangi Tegangan Air Pori (Wesley, 1977).

   c. Dengan cara injeksi, yaitu dengan menambah tanah timbunan pada kaki lereng, membuat selokan secara teratur pada lereng dengan mengurangi tegangan air pori pada tanah, dengan menambahkan

bahan kimia atau semen dipompa melalui pipa supaya masuk kedalam lereng.

d. Dengan cara mekanis, yaitu dengan membuat dinding penahan atau dengan memancang tiang. Cara ini dilakukan jika lereng tersebut mempunyai tingkat kelongsoran yang kecil.



Gambar 8. Dinding Penahan Tanah.

C. Tekanan Air Pori

Tanah terbagi menjadi dua zona yaitu zona tekanan pori positif dan negatif (Hardiyatmo, 2006c). Garis yang membagi kedua zona adalah garis permukaan air tanah, dimana tekanan hidrostatiknya sama dengan tekanan atmosfer. Dibawah muka air tanah, tanah dalam kondisi jenuh air dan tekanan air pori adalah positif. Diatas muka air tanah, didalam zona tanah tidak jenuh, tekanan pori adalah negatif. Sembarang perubahan tekanan pori akan merubah kuat geser tanah yang akan mempunyai pengaruh besar pada stabilitas lereng. Reaksi dari rezim air tanah terhadap air hujan, bervariasi dan bergantung pada lerengnya, yaitu dari lereng yang tanpa reaksi sampai

kereaksinya sangat besar. Untuk lereng yang bila longsor membahayakan keselamatan banyak orang dan mengakibatkan kerugian besar, reaksi tekanan air pori ini sebaiknya diukur dengan alat *piezometer*.

D. Tegangan Efektif

Craig (1989) menjelaskan bahwa tanah dapat divisualisasikan sebagai suatu partikel padat tanah (*solid skeleton*) yang membatasi pori-pori yang mengandung air maupun udara. Pada tanah jenuh, pengurangan volume hanya terjadi bila sebagian airnya dapat melepaskan diri dan ke luar dari pori-pori. Pada tanah kering atau tanah jenuh sebagian, pengurangan volume selalu mungkin terjadi akibat kompresi udara dalam pori-pori, dan terdapat suatu ruang kembali partikel tanah.

Terzaghi (1923, dalam Craig, 1989) mengemukakan prinsip tegangan efektif yang didasarkan pada data hasil percobaan. Prinsip tersebut hanya berlaku untuk tanah jenuh sempurna. Tegangan – tegangan yang berhubungan dengan prinsip - prinsip tersebut adalah :

1. Tegangan normal total (σ) pada bidang di dalam tanah, yaitu gaya per satuan luas yang ditransmisikan pada arah normal bidang, dengan menganggap bahwa tanah adalah materialpadat saja (fase tunggal).

2. Tekanan air pori (u), yaitu tekanan air pengisi pori-pori di antara partikel-partikel padat.

3. Tegangan normal efektif (σ') pada bidang, yang mewakili tegangan yang dijalarkan hanya melalui kerangka tanah saja.

E. Kuat Geser Tanah

Kuat geser tanah adalah kemampuan tanah melawan tegangan geser yang terjadi pada saat terbebani. Keruntuhan geser (*shear failur*) tanah terjadi bukan disebabkan karena hancurnya butir-butir tanah tersebut tetapi karena adanya gerak relatif antara butir-butir tanah tersebut (Budi Santosa, dkk., 1998).

Parameter kuat geser tanah diperlukan untuk analisis-analisis kapasitas dukung tanah, stabilitas lereng, dan gaya dorong pada dinding penahan tanah.

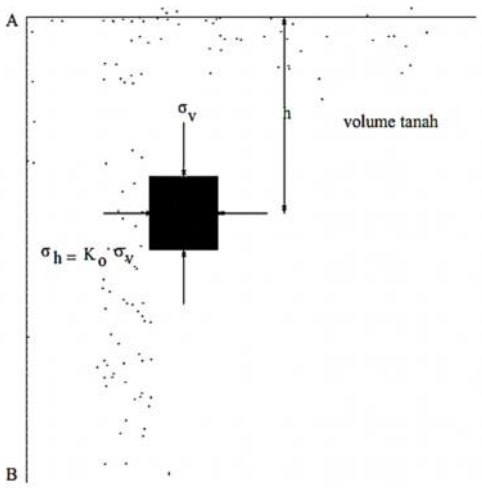
Menurut teori Mohr (1910, dalam Hardiyatmo, 2002a) kondisi keruntuhan suatu bahan terjadi akibat adanya kombinasi keadaan kritis dan tegangan normal dan tegangan geser.

Kuat geser tanah menurut (Hardiyatmo, 2002), adalah gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir-butir tanah terhadap desakan atau tarikan.

F. Tekanan Tanah Lateral Saat Diam

Tanah terbentuk dari pelapukan batuan dan proses pengendapan. Selama proses pengendapan, tanah mengalami konsolidasi, karena pengaruh tekanan *overburden* (σy) yaitu akibat beban tanahnya sendiri. Tekanan tanah diam adalah tekanan tanah yang terjadi akibat massa tanah pada dinding penahan dalam keadaan seimbang**.** Tekanan vertikal menimbulkan perubahan bentuk ke arah lateral oleh pengaruh angka Poisson. Tanah di sekitarnya menahan perubahan ke arah lateral dengan mengembangkan tekanan lateral sebesar σh. Setelah waktu yang lama, konsolidasi dan rangkak (*creep*) arah vertikal dan lateral menjadi nol. Pada keadaan ini, telah terjadi kedudukan tegangan-

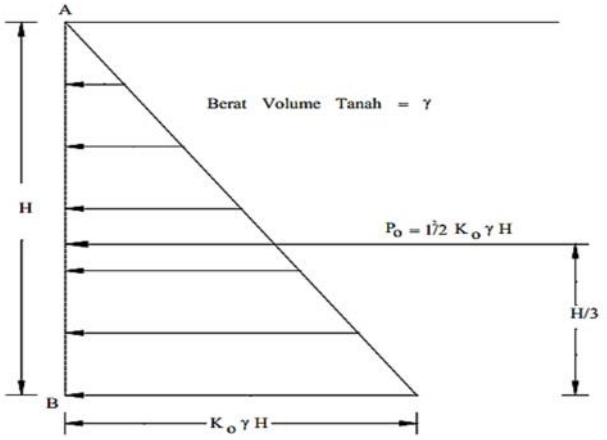
tegangan yang telah stabil, dengan σy dan σh menjadi tegangan-tegangan efektif utamanya. Karena tidak ada perubahan letak (*displacement*), maka tidak ada tegangan geser yang terjadi pada bidang vertikal dan horizontal di sembarang titik pada lapisan tanah. Kondisi keseimbangan di tempat yang dihasilkan dari kedudukan tegangan-tegangan dengan tanpa terjadinya tegangan geser didefinisikan sebagai kondisi K0 (Hardiyatmo, 2003b).



Gambar 9. Tekanan Tanah dalam Keadaan Diam

Bila kita tinjau massa tanah seperti yang ditunjukkan dalam gambar 9 massa tanah dibatasi oleh dinding dengan permukaan licin AB yang dipasang sampai kedalaman tak terhingga. Suatu elemen tanah yang terletak pada kedalaman h akan terkena tekanan arah vertikal dan tekanan arah horizontal. Bila dinding AB dalam keadaan diam, yaitu bila dinding tidak bergerak ke salah satu arah baik ke kanan maupun ke kiri dari posisi awal, maka massa tanah akan berada dalam keadaan keseimbangan elastis (*elastic equilibrium*). Rasio tekanan arah horizontal dan tekanan arah vertikal dinamakan koefisien tekanan tanah dalam keadaan diam (Ko), atau Ko = $\sigma h / \sigma$v, maka $\sigma h = Ko$

(γh). Sehingga koefisien tekanan tanah dalam keadaan diam dapat diwakili oleh hubungan empiris yang diperkenalkan oleh Jaky (1994).



Gambar 10. Distribusi Keadaan Tanah dalam Keadaan Diam

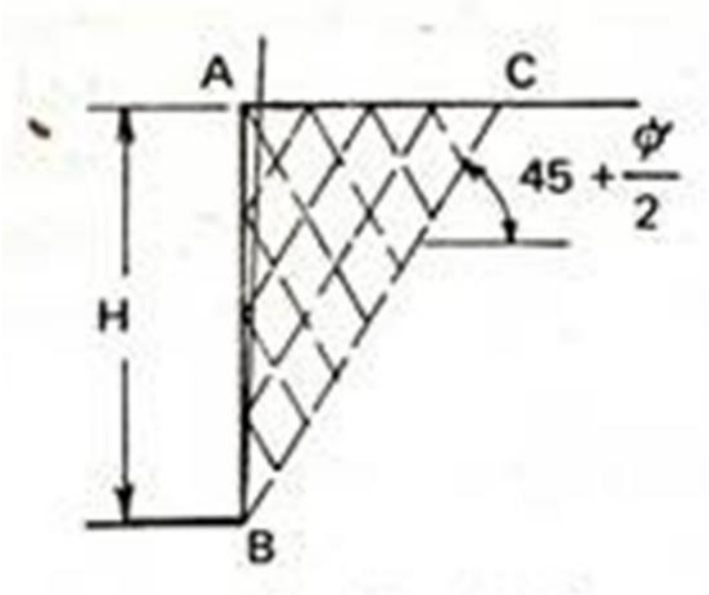
Gambar 10 menunjukkan distribusi tekanan tanah dalam keadaan diam yang bekerja pada dinding setinggi H. Gaya total per satuan lebar dinding, Po adalah sama dengan luas dari diagram tekanan tanah yang bersangkutan. Jadi $Po = Ko\gamma H^2$.

G. Tekanan Tanah Aktif dan Tekanan Tanah Pasif

Konsep tekanan tanah aktif dan pasif sangat penting untuk masalah- masalah stabilitas tanah, pemasangan batang-batang penguat pada galian. Desain dinding penahan tanah, dan pembentukan penahanan tarik dengan memakai berbagai jenis peralatan pengukur.

Permasalahan disini hanyalah semata-mata untuk menentukan faktor keamanan terhadap keruntuhan yang disebabkan oleh gaya lateral. Pemecahan diperoleh dengan membandingkan gaya-gaya yang bekerja.

Jika suatu dinding penahan tanah mengalami keruntuhan atau bergerak ke arah luar dari tanah urug di belakangnya, maka tanah urug akan bergerak ke bawah dan ke samping menekan dinding penahan tanah. Tekanan seperti ini disebut tekanan tanah aktif (*active earth pressure*). Nilai tekanan tanah aktif lebih kecil dari nilai tekanan saat diam. Tekanan tanah aktif adalah gaya yang cenderung mengurangi keseimbangan dinding penahan tanah.



Gambar 11. Dinding yang Berotasi Akibat Tekanan Tanah Aktif

Seperti ditunjukkan pada gambar 11, akibat dinding penahan berotasi ke kiri terhadap titik A, maka tekanan tanah yang bekerja pada dinding penahan akan berkurang perlahan-lahan sampai mencapai suatu harga yang seimbang. Tekanan tanah yang mempunyai harga tetap atau seimbang dalam kondisi ini disebut tekanan tanah aktif.

Menurut teori Rankine, untuk tanah berpasir tidak kohesif, besarnya gaya lateral pada satuan lebar dinding akibat tekanan tanah aktif pada dinding setinggi H dapat dinyatakan dalam persamaan berikut :

$Pa = 1/2\ \gamma H^2 Ka$ .....(1)

Dimana rumus Ka untuk tanah datar adalah

$Ka = \frac{1-\sin \emptyset}{1+\sin \emptyset} = \tan^2 (45° - \frac{\emptyset}{2})$ .....(2)

Keterangan :

Ka = Koefisien tanah aktif

γ = Berat isi tanah (g/cm^3)

H = Tinggi dinding (m)

φ = Sudut geser tanah (^{0})

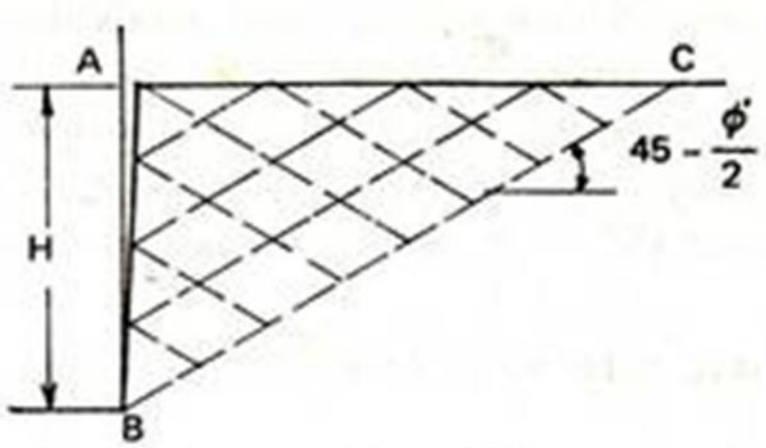
Adapun langkah yang dipakai untuk tanah urugan di belakang tembok apabila berkohesi (kohesi adalah lekatan antara butir-butir tanah, sehingga kohesi mempunyai pengaruh mengurangi tekanan aktif tanah sebesar $2c\sqrt{Ka}$), maka tegangan utama arah horizontal untuk kondisi aktif adalah:

$Pa = 1/2\ \gamma\ H^2 Ka - 2c\ .\sqrt{Ka}\ .\ H$ .....(3)

Keterangan :

Pa = tekanan tanah aktif

C = kohesi



Gambar 12. Dinding yang Berotasi Melawan Tekanan Tanah Aktif

Jika suatu gaya mendorong dinding penahan ke arah tanah urug, tekanan tanah dalam kondisi ini disebut tekanan tanah pasif (*passive earth pressure*).

Adapun langkah yang dipakai untuk tanah berkohesi, maka tegangan utama arah horizontal untuk kondisi pasif adalah:

$$Pp = \tfrac{1}{2}\gamma H^2 Kp + 2c\sqrt{Kp} \cdot H \quad \text{.....(4)}$$

Keterangan :

Pp = tekanan tanah pasif

C = kohesi

Nilai tekanan tanah pasif lebih besar dari nilai koefisien tekanan tanah saat diam dan koefisien tekanan tanah aktif, atau persisnya Kp>K0>Ka. Tekanan tanah pasif menunjukan nilai maksimum dari gaya yang dapat dikembangkan oleh tanah pada gerakan struktur penahan terhadap tanah urug, yaitu gaya perlawanan tanah sebelum dinding mengalami keruntuhan (Hardiyatmo, 2003).

H. Dinding Turap (*Sheet Pile)*

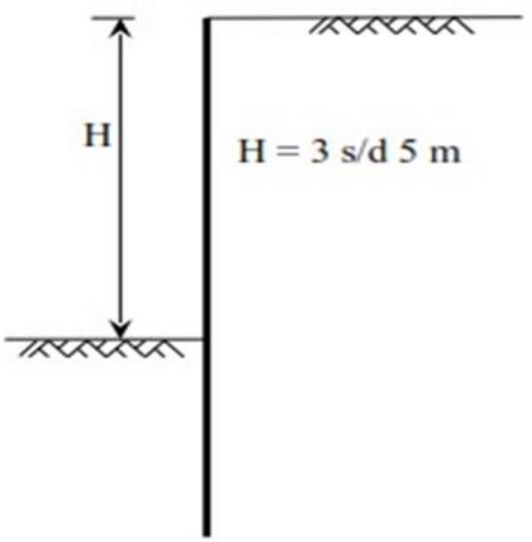
Dinding turap (*sheet pile)* merupakan suatu material yang disusun menyerupai bentuk dinding berfungsi sebagai struktur penahan tanah pada tebing jalan raya, struktur penahan tanah pada galian, struktur penahan tanah yang berlereng agar tanah tersebut tidak longsor, konstruksi bangunan yang ringan, saat kondisi tanah kurang mampu untuk mendukung dinding penahan. Material yang digunakan dalam *sheet pile* ada beberapa macam, yaitu *sheet pile* dari material kayu, *sheet pile* dari material beton, s*heet pile* dari bahan baja (*steel*). *Sheet pile* disusun dengan bentuk khusus agar dapat tersusun dan saling mengikat satu sama lainnya sesuai dengan kebutuhan perencana. Perbedaan mendasar antara dinding turap dan dinding penahan tanah terletak pada keuntungan penggunaan dinding turap pada kondisi tidak diperlukannya pengeringan air (*dewatering*). *Sheet pile* dalam berbagai variasi sifat kekuatan dapat diperoleh dengan pengaturan yang sesuai dari perbandingan jumlah material pembentuknya serta jenis material yang digunakan. (Surono, 2010)

Dinding turap merupakan konstruksi yang dapat menahan tekanan tanah disekelilingnya, mencegah terjadinya kelongsoran dan biasanya terdiri dari dinding turap dan penyangganya. Konstruksi dinding turap terdiri dari beberapa lembaran turap yang dipancangkan ke dalam tanah, serta membentuk formasi dinding menerus vertikal yang berguna untuk menahan timbunan tanah atau tanah yang berlereng. Dinding turap terdiri dari bagian-bagian yang dibuat terlebih dahulu *(prefabricated)* atau dicetak terlebih dahulu *(pre-cast).* (Respati, 1995)

Adapun tipe-tipe dinding turap yaitu :

1. *Sheet Pile* Kantilever

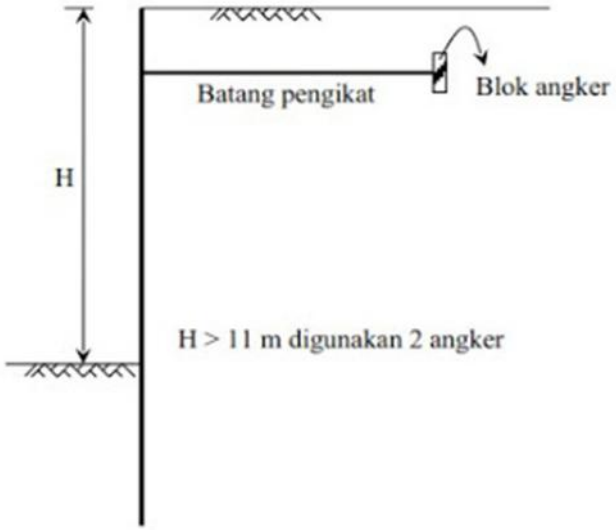
   Sheet pile kantilever merupakan *sheet pile* yang dalam menahan beban lateral mengandalkan tahanan tanah didepan dinding. Defleksi lateral yang terjadi relatif besar dan hanya cocok untuk menahan tanah dengan kedalaman sedang.



Gambar 13. *Sheet Pile* Kantilever

2. *Sheet Pile* Diangker

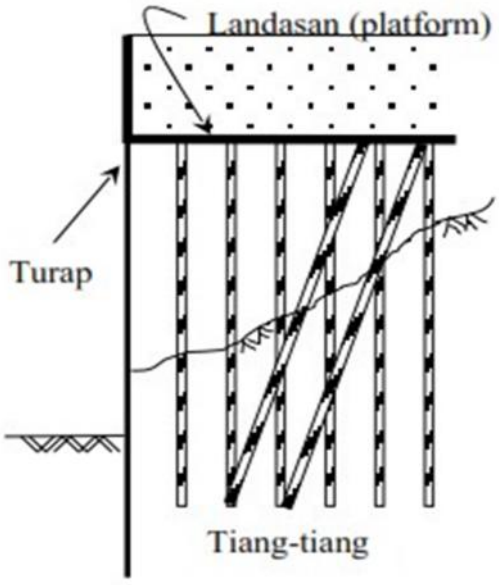
   Sheet pile diangker cocok untuk menahan galian yang dalam, tetapi masih bergantung pada kondisi tanah. Menahan beban lateral dengan mengandalkan tahanan tanah pada bagian *sheet pile* yang terpancang dalam tanah dengan dibantu oleh angker yang dipasang pada bagian atasnya.



Gambar 14.*Sheet Pile* Diangker

3. *Sheet Pile* dengan Landasan

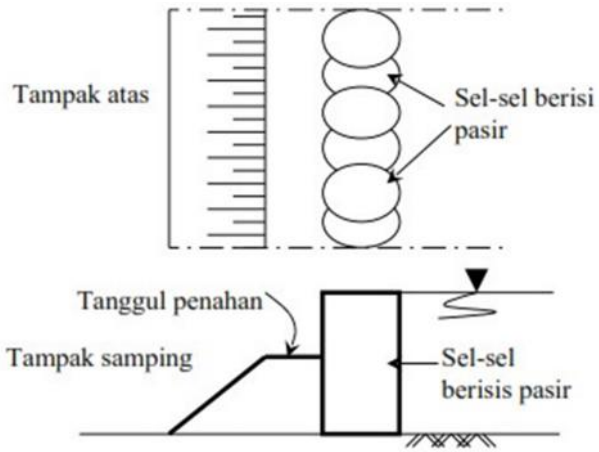
   Sheet pile dengan landasan menahan tekanan tanah lateral dengan dibantu oleh tiang-tiang yang dibuat landasan untuk meletakkan bangunan tertentu.



Gambar 15. *Sheet Pile* dengan Landasan

4. *Sheet Pile* Bendungan Elek Selular

Sheet pile bendungan elek selular merupakan *sheet pile* yang berbentuk sel-sel yang diisi dengan pasir. Dinding ini menahan tekanan tanah dengan mengandalkan beratnya sendiri.



Gambar 16 . *Sheet Pile* Bendungan Elek Selular

I. Metode Elemen Hingga *Plaxis*

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.

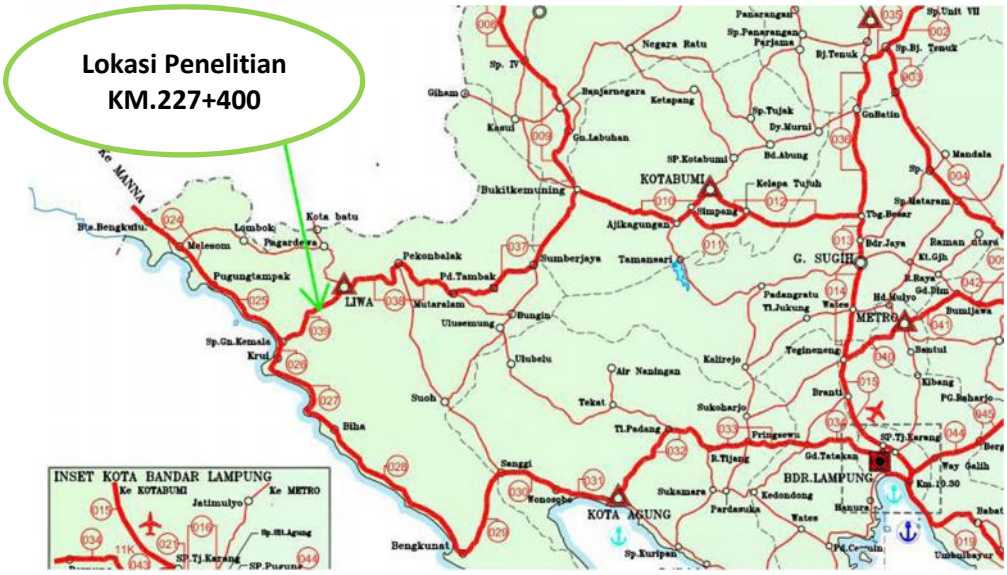
Dalam penelitian ini data yang dibutuhkan adalah mengenai nilai-nilai parameter pada tanah yang didapat dari hasil penyelidikan tanah dalam hal ini adalah tanah di ruas jalan Padang Tambak – Liwa KM.227+400, Kabupaten Lampung Barat, Provinsi Lampung. Data tersebut digunakan sebagai input, adapun prosedur dari program plaxis antara lain sebagai berikut :

1. Menentukan *title* (judul), model, dan elemen pada kotak serta menuliskan perintah atau tujuan yang akan dipakai.
2. Menuliskan dimensi tanah dari kasus yang akan dipelajari, yaitu sepanjang ke kiri, ke kanan, ke atas dan ke bawah.
3. Merangkai bentuk dimensi dari tanah tadi kemudian diberi beban.
4. Menentukan nilai parameter tanah dengan menekan tombol *Material Sets* antara lain γ_{dry}, γ_{wet}, kohesi, *poisson ratio*, regangan lateral, atau regangan aksial dan lain sebagainya.
5. Prosedur selanjutnya dapat dipahami lebih lanjut dan lebih jelas lagi pada literatur yang diperoleh dari program *plaxis.*

III. METODE PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini berada diruas Jalan Padang Tambak - Liwa KM.227+400, Kabupaten Lampung Barat Provinsi Lampung.



Gambar 17. Peta Lokasi Penelitian.

B. Tahapan Pengumpulan Data

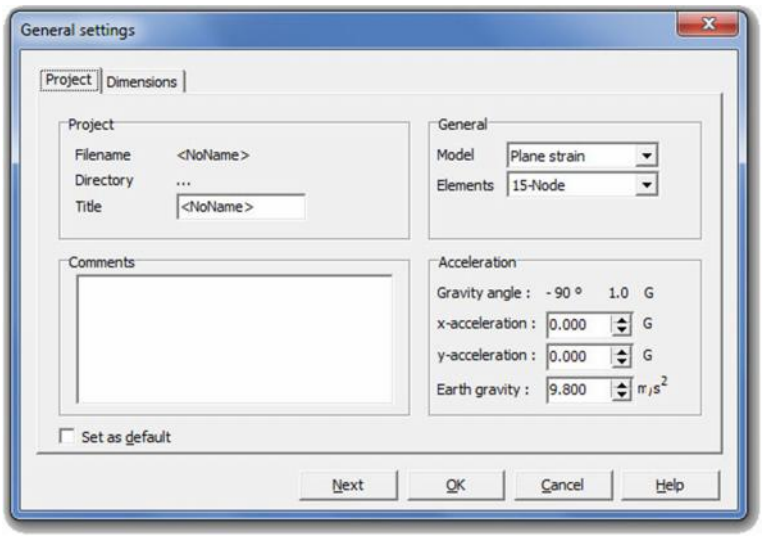
Teknik pengumpulan data pada penelitian ini hanya menggunakan data sekunder yang dilakukan dengan mengumpulkan informasi yang berasal dari :

1. Data tentang tinggi lereng, sudut lereng, kontur dan potongan melintang lereng yang didapat dari pengukuran sebelumnya.
2. Data *properties* tanah terkait yang didapatkan dari uji yang telah dilakukan di laboratorium Teknik Sipil Universitas Lampung.

C. Tahapan Analisis Stabilitas Lereng dengan *Plaxis V.8.2.*

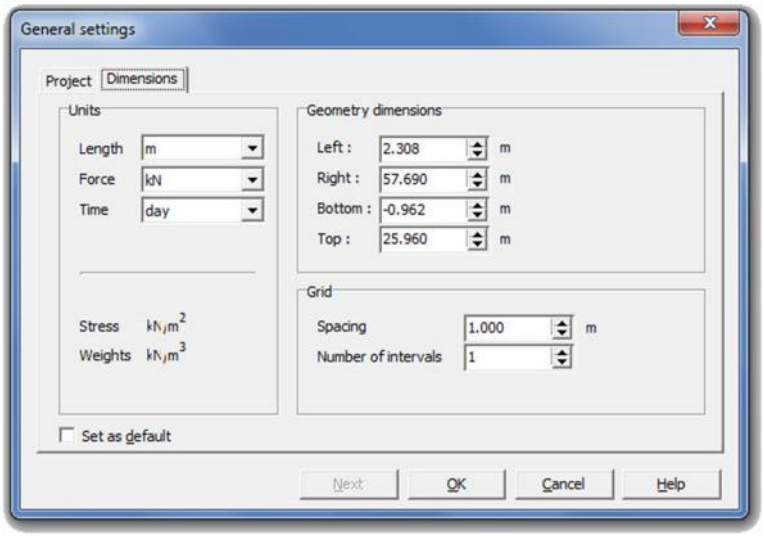
1. *Plaxis Input*

   Dalam analisis pekerjaan yang akan menggunakan program *Plaxis,* haruslah membuat permodelan sesuai kondisi dilapangan. Berikut ini merupakan tahapan permodelan lereng dalam program *Plaxis* :



Gambar 18. Tampilan *General Settings Project.*

   a. Melakukan *input* data pada tampilan *general settings.* Tampilan *general settings* terdiri dari dua, yaitu *project* dan *dimensions* seperti terlihat pada Gambar 18 dan Gambar 19.



Gambar 19. Tampilan *General Settings Dimensions.*

Nama lembar kerja baru diisi pada *title* di *project box* dan pada *dimensions box* diisi dengan ukuran geometri.

b. Menggambar geometri dua dimensi penampang lereng yang akan dianalisis.

c. Menentukan kondisi batas (*Standard fixities).*

d. Memasukkan sifat-sifat material pada menu *material sets.*

e. Melakukan penyusunan jaring elemen *(Generated mesh).*

f. Menentukan *initial condition* dan *initial pore pressures* untuk menentukan kondisi muka air tanah (MAT) dan *KO Procedure.*

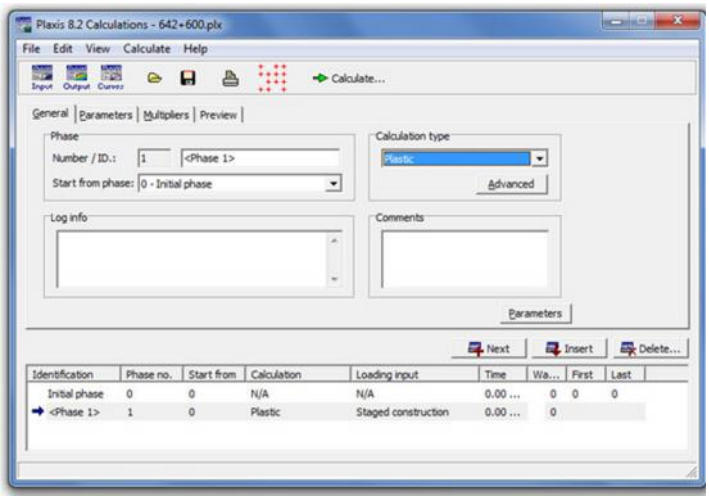
g. Menentukan *generate water pressure* kondisi *phreatic level.*

h. Menentukan *closed consolidation boundary.*

2. *Plaxis Calculations*

Plaxis calculations program digunakan setelah proses input pada pekerjaan lereng yang akan dianalisis telah selesai. Program ini dapat secara otomatis terbuka setelah memilih *toolbar calculate* pada akhir

input program. Setelah memilih *toolbar calculate* pada akhir *input* program akan muncul tampilan seperti pada Gambar 20.



Gambar 20. Tampilan *Plaxis Calculations.*

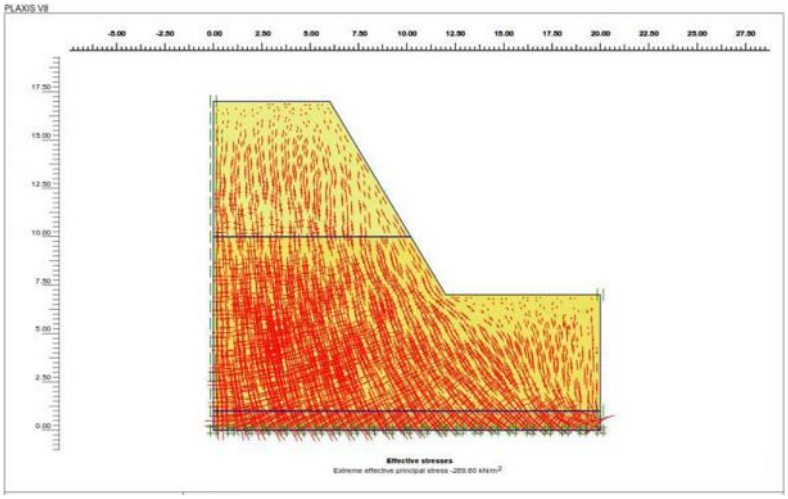
Langkah untuk menentukan *safety factor* pada lereng yang dianalisis dilakukan *input* terhadap tahap *calculations* sebagai berikut :

a. Pilih *Phi/c Reduction* pada *calculation type.* Kemudian pilih *incremental multipliers* pada *loading input* lalu klik *calculate.*

b. Pilih titik nodal untuk penggambaran kurva beban perpindahan maupun penggambaran lintasan tegangan.

3. Plaxis Output

Plaxis output dapat dibuka kembali dengan klik *toolbar Plaxis output*, atau dari *start menu. Toolbar calculation* pada *calculation program* dapat juga dipakai untuk masuk ke *output program* jika *input* telah selesai dan telah memilih titik yang akan ditinjau. Pada program akan muncul tampilan seperti pada Gambar 21.



Gambar 21. Tampilan *Plaxis Output Program.*

Selain melihat perpindahan tegangan yang terjadi didalam tanah, *output program* dapat digunakan untuk melihat gaya-gaya yang bekerja pada objek *structural*. Untuk menampilkan hasil yang diperoleh dari hasil analisis ini adalah sebagai berikut :

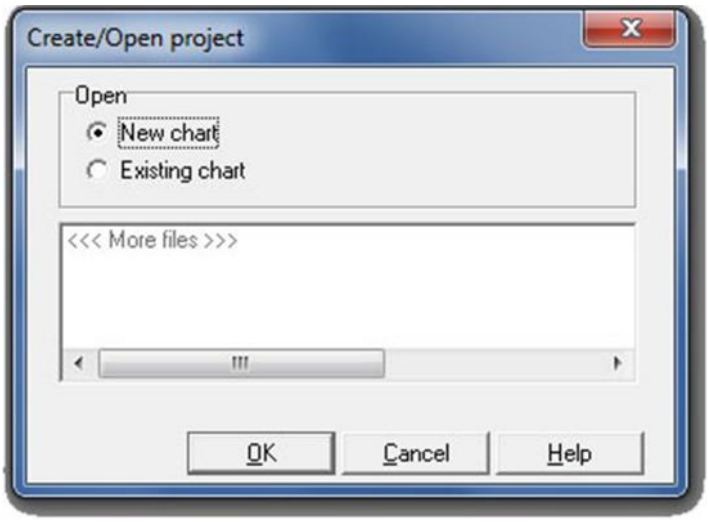
a. Pilih menu peningkatan total dari menu deformasi. Tampilan akan menunjukkan peningkatan dari seluruh titik nodal dalam bentuk anak panah. Panjang dari anak panah menunjukkan nilai relatifnya.
b. Pilih tegangan efektif dari menu tegangan. Tampilan akan menunjukkan besar dan arah dari tegangan-tegangan utama efektif.

4. Plaxis Curves

Plaxis Curves Program dapat dipakai untuk menggambar kurva hubungan beban atau waktu terhadap *displacement*, diagram tegangan-tegangan dari lokasi yang sebelumnya dipilih pada *Calculation Program* (*select point for curve*). Pemilihan *point* ini dibatasi sejumlah 10 buah nodal dan 10 buah untuk *stress point*.

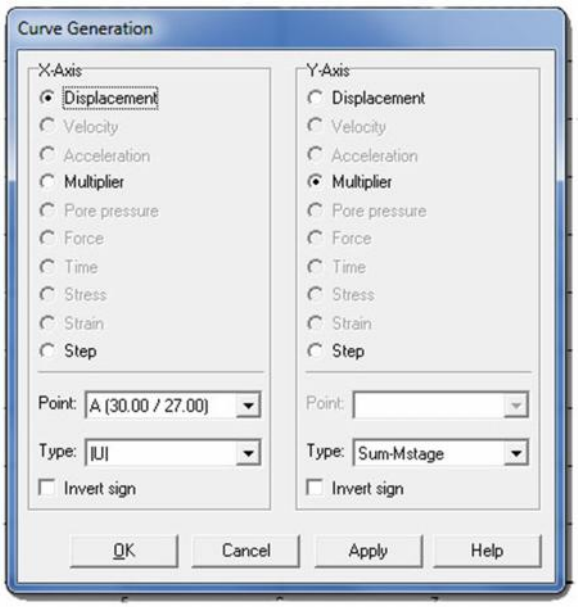
Berikut ini merupakan tahapan untuk menampilkan kurva pada program *Plaxis* baik kurva baru maupun kurva yang telah dibuat :

a. Memilih tampilan kurva yang akan ditampilkan pada *Create/Open project*, jika kurva belum dibuat maka pilih *New chart.*



Gambar 22. Tampilan *Open Project* pada *Curve Program.*

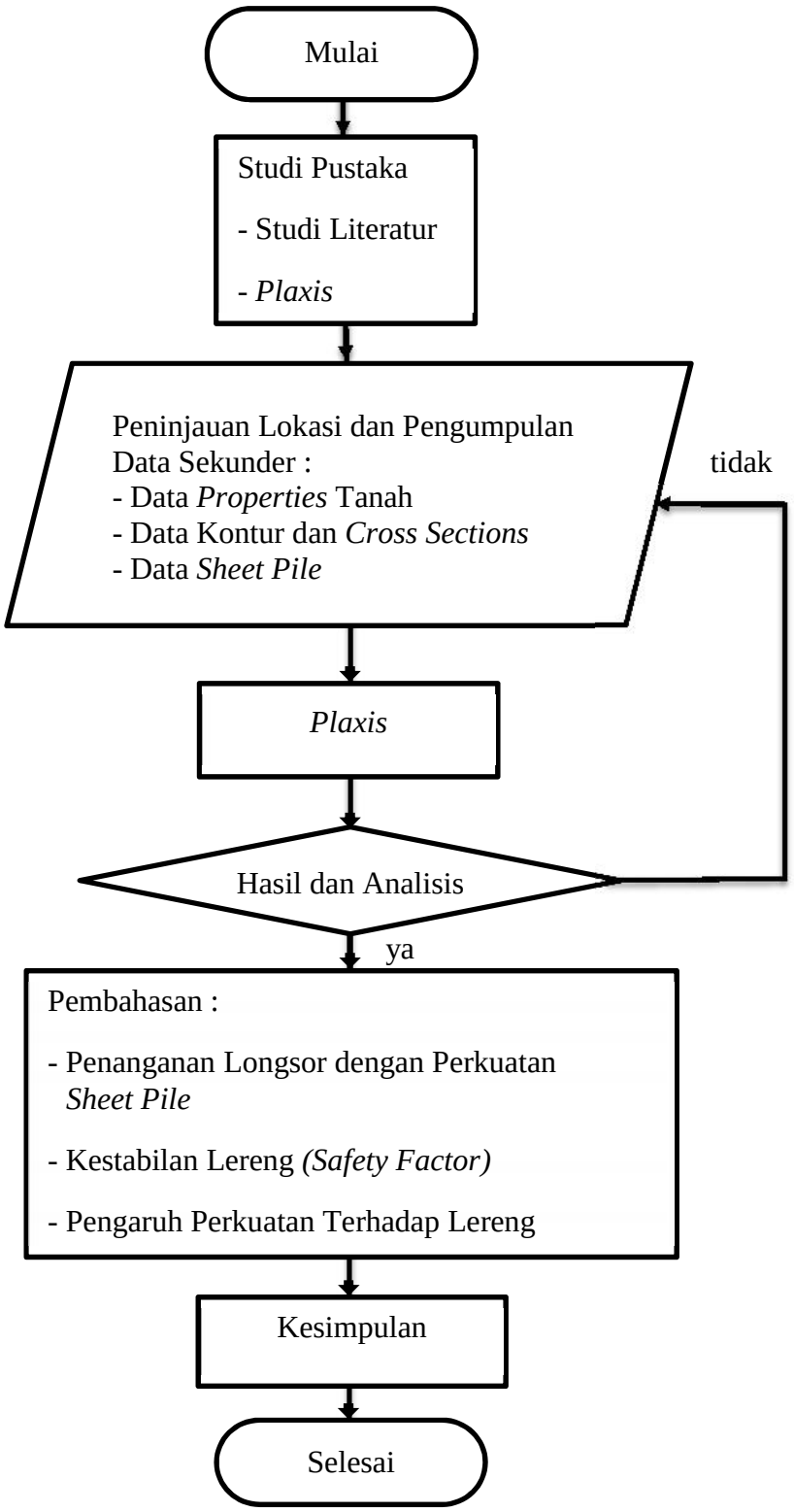
b. Memilih hubungan kurva yang akan ditampilkan, sesuai dengan nodal atau *stress point* yang ditinjau.



Gambar 23. Tampilan *Curve Generation.*

D. Diagram Alir Penelitian

Adapun tahapan penilitian yang dilakukan dalam menganalisis kestabilan lereng adalah sebagai berikut :



Gambar 24. Diagram Alir Penelitian.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari hasil analisis stabilitas lereng dengan perkuatan *sheet pile* pada KM.227+400 dengan program *Plaxis* adalah sebagai berikut :

1. Nilai faktor aman pada kondisi awal di KM.227+400 sebesar 0,7106 dengan *displacement* sebesar 12,71 x 10^{3} m.
2. Penanganan lereng dengan perkuatan *sheet pile* profil U tipe OT26 pada kondisi A diperoleh nilai faktor aman sebesar 0,9265 dengan *displacement* sebesar 191,27 x 10^{-3} m.
3. Penanganan lereng dengan perkuatan *sheet pile* profil U tipe OT26 pada kondisi B diperoleh nilai faktor aman sebesar 0,9544 dengan *displacement* sebesar 257,42 x 10^{-3} m.
4. Penanganan lereng dengan perkuatan *sheet pile* profil U tipe OT26 pada kondisi C diperoleh nilai faktor aman sebesar 1,1532 dengan *displacement* sebesar 145,88 x 10^{-3} m.

5. Penanganan lereng dengan perkuatan *sheet pile* profil U tipe OT26 kondisi C dianggap aman karena memenuhi syarat nilai faktor aman dan memiliki nilai *displacement* terkecil.
6. Untuk lebih memperkuat tanah timbunan yang berupa pasir padat pada penanganan kondisi C, maka dilakukan pengecoran pada permukaan tanah timbunan yang berguna untuk lebih menjaga kestabilan tanah timbunan pada lereng.

B. Saran

Berdasarkan hasil analisis stabilitas lereng dengan perkuatan *sheet pile* dengan program *Plaxis*, saran yang dapat diajukan adalah sebagai berikut :

1. Untuk menghitung faktor keamanan sebaiknya menggunakan metode elemen hingga *Plaxis* karena lereng dimodelkan sesuai dengan kondisi di lapangan, sehingga perhitungan dengan cara tersebut memiliki hasil yang lebih akurat.
2. Dalam perencanaan *sheet pile*, perencana perlu memahami lokasi yang akan dibangun *sheet pile*. Sehingga perencanaan dapat diperhitungkan secara tepat menurut kondisi lapangan.
3. Untuk penelitian menggunakan *software* geoteknik selanjutnya diharapkan untuk lebih memahami cara pengoperasian, dan standar perhitungan yang digunakan terlebuh dahulu agar didapat hasil desain yang tepat.

DAFTAR PUSTAKA

Craig, R.F. 1989. *Mekanika Tanah. Erlangga*. Jakarta.

Das, B. M. 1998. Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid-1.

Erlangga, Jakarta.

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.

N, Sri Respati. 1995. *Pondasi*. Penerbit Pusat Pengembanagan Pendidikan Politeknik. Bandung.

Plaxis. 2012. *Tutorial Manual*. A.A. Balkema. Rotterdam.

Santosa, Budi, dkk. 1998. *Mekanika Tanah Lanjutan*. Gunadarma. Jakarta.

Terzaghi, K., Peck, R. B. 1987. Mekanika Tanah Dalam Praktek Rekayasa. Penerbit Erlangga, Jakarta.

Wesley, L. D. 1977. *Mekanika Tanah*. Badan Penerbit Pekerjaan Umum. Jakarta.