

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah

Tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut. Tanah berguna sebagai bahan bangunan pada berbagai macam pekerjaan teknik sipil, disamping itu tanah juga berfungsi sebagai pendukung pondasi dari bangunan. Jadi sebagai orang ahli teknik sipil harus juga mempelajari sifat-sifat dasar dari tanah, seperti asal usulnya, penyebaran ukuran butiran, kemampuan mengalirkan air, sifat pemampatan bila dibebani (*compressibility*), kekuatan geser, kapasitas daya dukung terhadap beban, dan lain-lain (Braja M. Das, 1995:1). Istilah tanah dalam bidang mekanika tanah adalah mencakup semua bahan dari tanah lempung (*clay*) sampai berangkal (batu-batu yang besar). Segumpal tanah dapat terdiri dari dua atau tiga bagian. Tanah yang kering terdiri dari dua bagian, yaitu butir-butir tanah dan pori-pori udara. Tanah yang jenuh terdiri dari dua bagian, yaitu butiran dan air pori. Dalam keadaan tidak jenuh, tanah terdiri dari tiga bagian, yaitu bagian padat atau butiran, pori-pori udara dan air pori.

Tanah mempunyai sifat struktur yang bermacam-macam, hal itu disebabkan karena tanah mempunyai banyak sifat-sifat fisis yang berbeda. Sifat-sifat fisis

meliputi berat isi, angka pori, nilai sudut geder, dan berat volume. Berat isi adalah

perbandingan berat tanah termasuk air dan udara dengan volume total. Sudut geser terbentuk akibat dari gerak antara butiran-butiran tanah (Firdaus, 2017).

2.2 Jenis Tanah

Kebanyakan jenis tanah terdiri dari banyak campuran lebih dari satu macam ukuran partikelnya. Tanah lempung belum tentu terdiri dari partikel lempung saja. Akan tetapi, dapat bercampur dengan butiran-butiran ukuran lanau maupun pasir dan mungkin juga terdapat campuran bahan organik. Ukuran partikel tanah dapat bervariasi dari lebih besar 100 mm sampai dengan lebih kecil dari 0,001 mm (Hardiyatmo, 1992).

1. Kerikil (*gravels*) adalah kepingan-kepingan batuan yang terkadang juga mengandung partikel-partikel mineral *quartz* dan *feldspar*.
2. Pasir (*sand*) adalah sebagian besar terdiri mineral *quartz* dan *feldspar*.
3. Lanau (*silt*) adalah sebagian besar merupakan fraksi mikroskopis (yang berukuran sangat kecil) dari tanah yang terdiri dari butiran *quartz* yang sangat halus, dan dari pecahan mineral mika.
4. Lempung (*clay*) adalah sebagian besar terdiri dari partikel mikroskopis dan submikroskopis (tidak terlihat dengan jelas bila hanya menggunakan mikroskopis biasa). Lempung didefinisikan sebagai partikel yang berukuran lebih kecil dari 0,002 mm (2 *micron*).

2.3 Tanah Lunak

Tanah lunak adalah tanah yang jika dikenali dan diselidiki secara berhati-hati dapat menyebabkan masalah ketidakstabilan dan penurunan jangka panjang yang tidak dapat ditolerir, tanah tersebut mempunyai kuat geser yang rendah dan kompersibilitas yang tinggi. Tanah lunak terbagi menjadi dua, yaitu tanah lempung lunak dan tanah gambut (Panduan Geoteknik 1 Proses Pembentukan dan Sifat-sifat Tanah Lunak, 2002).

Apabila tanah dasar yang ada berupa tanah lempung yang mempunyai daya dukung dan kuat geser rendah, maka konstruksi di atasnya bisa mengalami kerusakan, sehingga tanah dasar harus bersifat keras agar sesuai dengan persyaratan teknis.

Menurut Fadlifauzie, (2012) tanah lunak secara visual dapat ditembus dengan ibu jari minimum sedalam 2,5 cm atau bila diukur kuat gesernya <40 KPa (dengan cara *vane shear test*). Secara umum tanah lunak dibagi menjadi dua, yaitu tanah lempung lunak dan tanah gambut. Lempung lunak, mengandung banyak mineral lempung dan memiliki kadar air yang tinggi ($>60\%$ bahkan $>100\%$). Biasanya tanah ini terdapat di daerah rawa. Gambut, tanah yang pembentuk utamanya terdiri dari sisa-sisa tumbuhan.

2.4 Kelongsoran Tanah

Masalah kelongsoran tanah sering terjadi disebabkan keadaan geografi yang di beberapa tempat memiliki curah hujan yang cukup tinggi dan daerah potensi gempa. Curah hujan yang tinggi dianggap sebagai faktor utama kelongsoran

karena air dapat mengikis suatu lapisan pasir, melumasi batuan ataupun meningkatkan kadar air suatu lempung sehingga mengurangi kekuatan geser (Kusuma D, 2016)

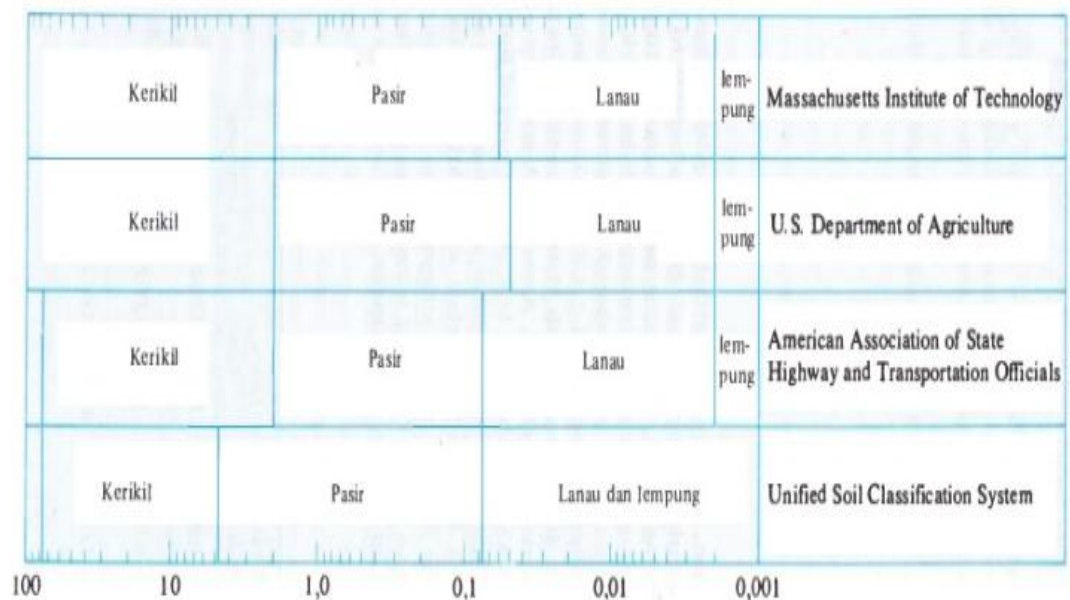
Kemungkinan longsor akibat hujan masih harus dikaitkan dengan beberapa faktor antara lain topografi daerah setempat, struktur geologi, sifat kerembesan tanah dan morfologi perkembangannya. Permasalahan yang umumnya melatarbelakangi bencana tanah longsor adalah (Kusuma D, 2016):

1. Kemiringan lereng yang hampir tegak lurus akan berpengaruh terhadap stabilitas lereng. Adanya infrastruktur yang berdiri di atas lereng tidak mungkin dipindah sehingga lahan untuk membuat lereng sangat terbatas.
2. Keadaan geografi yang memiliki curah hujan cukup tinggi yang meningkatkan kadar air pori sehingga mengurangi kekuatan geser.
3. Bertambahnya kadar air pori jika terjadi hujan lebat karena kurang berfungsinya kemiringan saluran drainase pada konstruksi tersebut yang mengakibatkan terhambatnya aliran air yang akan keluar sehingga tekanan air pori meningkat dan berpotensi mengakibatkan kelongsoran.
4. Di atas lokasi longsor telah berubah fungsi dari daerah hijau menjadi pemukiman yang menyebabkan berkurangnya daerah resapan air sehingga terjadi perubahan kandungan air tanah dalam rongga dan akan menurunkan stabilitas tanah.

Tabel 2. 1 Batasan-batasan golongan tanah

Nama golongan	Ukuran butiran			
	Kerikil	Pasir	Lanau	Lempung
Massachusetts Institute of technology (MIT)	>2	2 - 0,06	0,06 - 0,002	<0,002
U .S. Defertement of Agriculture (USDA)	>2	2 - 0,05	0,05 - 0,002	<0,003
American Assuciation of state Hightway and Officials (AASHTO)	76,2 - 2	2 - 0,075	0,075 - 0,002	<0,004
Unifield Soil Classification System (U .S. Army Corps of Engineers, U.S. Bureau of Reclamation)	76,2 - 4,75	4,75 - 0,075	Halus (yaitu lanau dan lempung < 0,0075)	

Sumber: Braja M. Das 1985



Sumber: Braja M. Das 1985

Gambar 2. 1 Batasan-batasan ukuran tanah menurut beberapa sistem

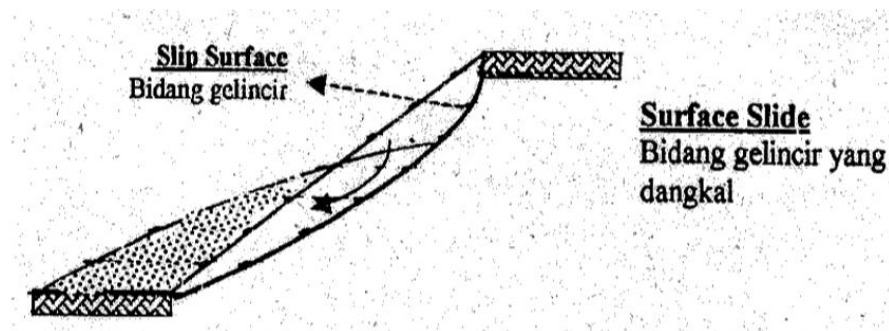
Berdasarkan jenis longsor dan prosesnya, dibedakan menjadi empat macam untuk longsor batuan (Hoek and Bray, 1981) yaitu:

1. Longsor bidang (*plane failure*) adalah longsor yang terjadi karena pada bidang luncurnya rata. Seperti pada sasar, kekar maupun bidang perlapisan batuan. Longsor bidang terjadi karena syarat-syarat berikut:
 - a. Jurus (*strike*) mendekati sejajar atau hampir sejajar terhadap arah permukaan lereng (tidak lebih 20°).
 - b. Kemiringan bidang luncur kurang dari kemiringan bidang permukaan lereng.
 - c. Sudut geser dalam lebih kecil dari kemiringan bidang luncur.
2. Longsor baji (*wedge failure*) adalah longsor yang terjadi karena pada lereng tersebut adanya perpotongan dari dua bidang lemah dengan arah orientasi bidang lemah searah lereng atau berada pada zona *daylight*. Longsor baji terjadi karena syarat-syarat berikut:
 - a. Kemiringan garis potong kedua bidang lemah lebih kecil dari kemiringan lereng.
 - b. Sudut geser dalam lebih kecil dari sudut garis perpotongan kedua bidang lemah.
3. Longsor busur (*circular failure*) adalah longsor yang terjadi karena pada lereng tersebut terdapat banyak kekar atau bidang lemah yang menyebar dan tidak mempunyai arah umum.

4. Longsor guling (*toppling failure*) adalah longsor yang terjadi karena orientasi bidang lemah yang dominan berlawanan terhadap kemiringan lereng.

Sedangkan menurut Rahmawan Bagus Pratama, dkk, (2014) jenis longsor terdiri dari empat macam yaitu:

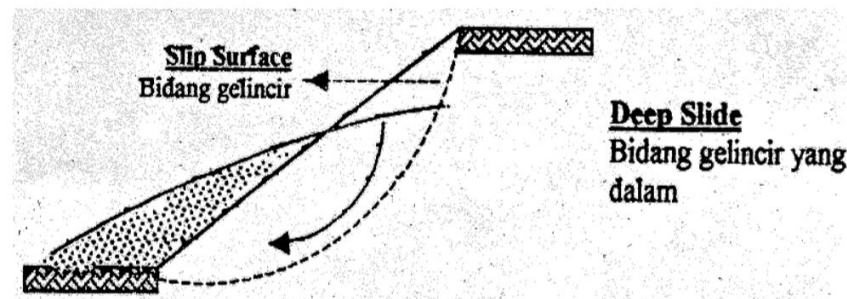
1. *Surface slide*, longsor ini terjadi sepanjang bidang gelincir yang masih terletak dalam batas lereng seperti gambar 2.2



Sumber: Rahmawan Bagus Pratama, dkk, 2014

Gambar 2. 2 *Surface slide*

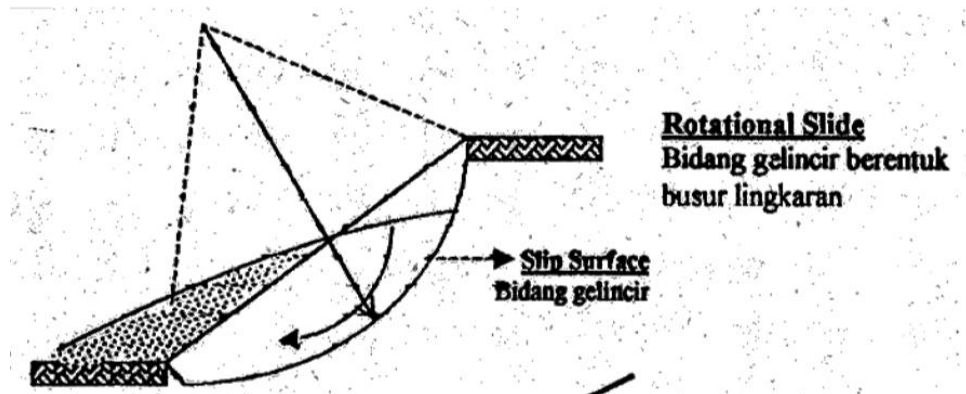
2. *Deep slide*, terjadi jika bidang gelincirnya terletak jauh di bawah permukaan tanah, seperti pada Gambar 2.3



Sumber: Rahmawan Bagus Pratama, dkk, 2014

Gambar 2. 3 *Deep slide*

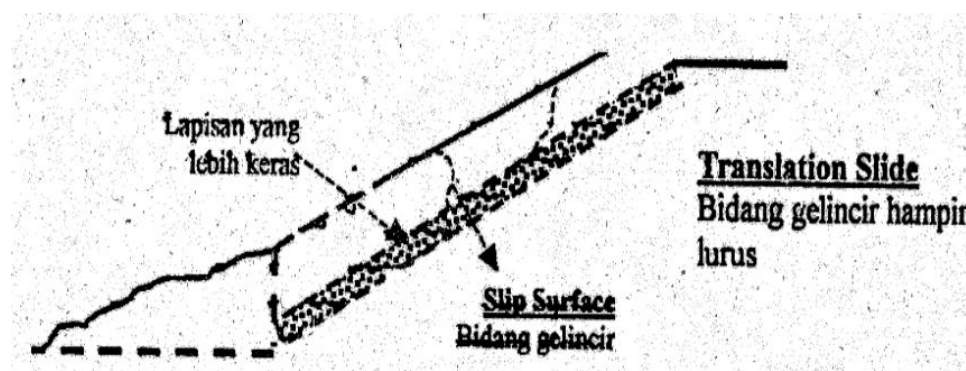
3. *Rotational slide*, jika bidang longsor mempunyai bentuk seperti busur derajat, log spiral dan bentuk lengkung yang tidak teratur. Pada umumnya kelongsoran ini berhubungan dengan kondisi tanah yang homogen seperti pada Gambar 2.4



Sumber: Rahmawan Bagus Pratama, dkk, 2014

Gambar 2. 4 *Rotational slide*

4. *Translation slide*, terjadi bila bentuk permukaan runtuh dipengaruhi oleh adanya kekuatan geser yang berbeda pada lapisan tanah yang berbatasan, seperti pada Gambar 2.5

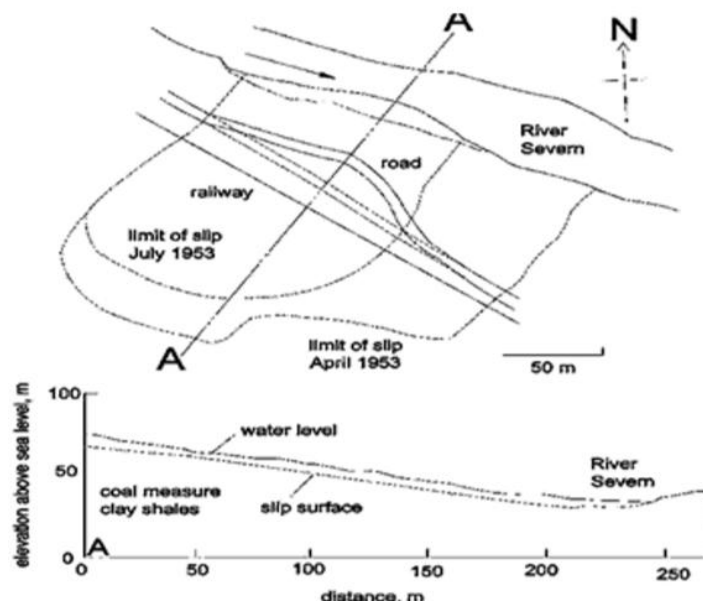


Sumber: Rahmawan Bagus Pratama, dkk, 2014

Gambar 2. 5 *Translation slide*

Menurut Duncan, et al, (2004) lereng merupakan bagian dari permukaan bumi yang berbentuk miring. Sedangkan kestabilan lereng merupakan suatu kondisi atau keadaan yang mantap/stabil terhadap suatu bentuk dan dimensi lereng. Desain geometri lereng dengan dimensi tertentu yang dilakukan dalam aktifitas pembuatan jalan raya adalah merupakan gangguan terhadap keseimbangan yang dapat mengakibatkan kelongsoran. Bentuk dari gangguan tersebut biasanya berupa proses degradasi atau gerakan-gerakan lain mulai dari rayapan sampai longsor. Proses degradasi atau gerakan-gerakan tersebut tidak akan berhenti sebelum mencapai suatu keadaan keseimbangan yang baru dalam bentuk dan dimensi yang baru pula.

Berdasarkan buku petunjuk teknis perencanaan dan penanganan longsor, longsor pada tanah dapat didefinisikan sebagai perpindahan massa tanah/batuan pada arah gerak mendatar atau miring dari kedudukan semula. Dalam sefinisi ini termasuk juga deformasi lambat atau jangka panjang sari suatu lereng yang biasa disebut rayapan (*crep*). Persoalan-persoalan yang terjadi pada lereng timbunan adalah keruntuhan/kelongsoran lereng tumbunan karena terjadi perpindahan massa tanah/batuan pada arah gerak mendatar atau miring, akibat kelongsoran tersebut seperti kondisi dilapangan diantaranya permasalahan yang dapat diperlihatkan pada halaman selanjutnya yaitu pada gambar 2.6



Sumber: Wihardi. Dkk. 2018

Gambar 2. 6 Skema keruntuhan lereng

Menurut Syafiq Alhadar, (2014) gerakan tanah merupakan proses perpindahan massa tanah atau batuan dengan arah tegak, mendatar atau miring terhadap kedudukan semula karena pengaruh air, gravitasi, dan beban luar. Untuk mempermudah pengenalan tipe gerak tanah dan membantu dalam menentukan penyebab serta cara penanggulangannya maka perlu adanya klasifikasi tanah berdasarkan material yang bergerak, jenis gerakan dan mekanismenya.

Kemantapan lereng (*slope stability*) sangat dipengaruhi oleh kekuatan geser tanah untuk menentukan kemampuan tanah menahan tekanan tana mengalami keruntuhan. Untuk memperoleh nilai *safety factor* (sf) suatu lereng, maka perlu dilakukan *trial and errors* terhadap beberapa bidang longsor yang umumnya berupa busur lingkaran dan kemudian diambil nilai sf sebagai indikasi bidang

longsor kritis. Penyelesaian kelongsoran diselesaikan dengan beberapa cara yaitu dengan Metode *Fellini*, Metode *Bishop*, dan menggunakan program *software* Geostudio.

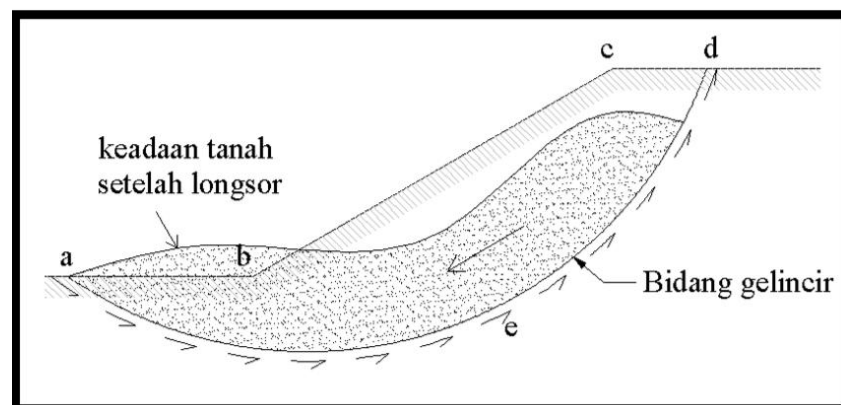
- a. Metode *Fellini* memberikan faktor keamanan yang relatif lebih rendah dari metode elemen hingga. Batas-batas nilai kesalahan tergantung dari faktor keamanan, sudut pusat lingkaran yang dipilih, dan besarnya tekanan air pori. Karena caranya yang sederhana sehingga kesalahan yang terjadi masih pada batas aman.
- b. Metode *bishop* menganggap bahwa gaya-gaya yang bekerja pada sisi irisan mempunyai resultan nol pada arah vertikal dan persamaan kuat geser dalam tinjauan tegangan efektif yang dapat dikerahkan tanah, sehingga tercapainya kondisi keseimbangan batas dengan memperhatikan faktor keamanan, perhitungan ini lebih sulit tetapi memberikan hasil akurat.
- c. Metode *software* Geostudio merupakan paket aplikasi untuk permodelan geoteknik dan geo-lingkungan. *Software* ini melingkupi, *Seep/W*, *Quake/W*, *Temp/W*, *Sigma/W*, *Ctran/W* dan *Slope/W* merupakan produk perangkat lunak untuk menghitung faktor keamanan tanah.

2.5 Perbaikan Lereng

Lereng adalah suatu permukaan tanah yang miring yang membentuk sudut tertentu terhadap bidang horizontal. Lereng dapat dibedakan menjadi dua, yaitu lereng alami dan lereng buatan. Lereng alami adalah lereng yang terbentuk sendiri oleh alam atau lingkungan, sedangkan lereng buatan adalah lereng yang dibuat

oleh manusia yang dapat berupa pemotongan tebing atau pembangunan lereng (Sartika, 2016).

Lereng merupakan suatu permukaan tanah yang membentuk sudut tertentu terhadap bidang horizontal, karena tidak datarnya permukaan serta karena faktor berat sendiri dari tanah dan gaya gravitasi. Jika komponen gaya berat yang terjadi cukup besar, dapat mengakibatkan longsor pada lereng tersebut. Kondisi ini dapat dicegah gaya dorong (*driving force*) tidak melampaui gaya perlawanan yang bersal dari kekuatan geser tanah sepanjang bidang longsor seperti yang diperlihatkan pada gambar



Sumber: Das, B.M, 1994

Gambar 2. 7 Kelongsoran lereng

Menurut Violetta Gabriella, (2014) penanggulangan longsor yang dilakukan bersifat pencegahan sebelum longsor terjadi pada daerah potensi dan stabilisasi, setelah longsor terjadi jika belum runtuh total. Penanggulangan yang tepat pada kedua kondisi diatas dengan memperhatikan penyebab utama longsor, kondisi pelapisan tanah dan juga aspek geologinya. Sedangkan langkah yang umum dalam

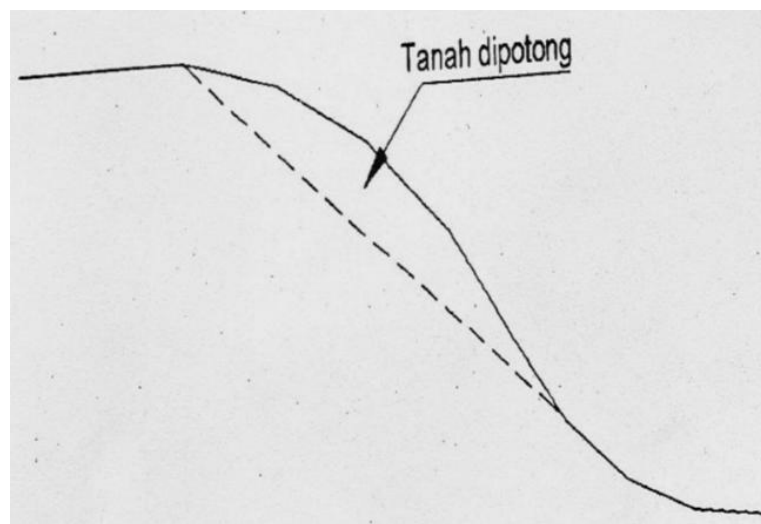
menangani longsor antara lain: pemetaan geologi topografi daerah yang longsor, pemboran untuk mengetahui bentuk pelapisan tanah/batuan dan bidang gelincirnya, pemasangan piezometer untuk mengetahui muka air atau tekanan air porinya, dan pemasangan *slope indicator* untuk mencari bidang geser yang terjadi.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

Menurut Agnes T. Mandagi, (2019) pada prinsipnya, cara yang dipakai untuk menjadikan lereng supaya stabil dapat dibagi dalam 2 golongan yaitu:

1. Memperkecil gaya penggerak atau momen penyebab longsor. Momen penggerak dapat diperkecil dengan cara merubah bentuk lereng yang bersangkutan, yaitu dengan cara:
 - a. Merubah lereng lebih datar atau mengurangi sudut kemiringan. Cara ini kurang cocok untuk lereng yang tinggi.
 - b. Memperkecil ketinggian lereng.
 - c. Merubah lereng menjadi *multiple slope* (lereng bertingkat). Dapat dipakai untuk lereng yang tinggi.
2. Memperbesar gaya lawan atau momen penahan longsor, yaitu :
 - a. Memakai “*counterweight*”, yaitu tanah timbunan pada kaki lereng.
 - b. Dengan mengurangi air pori di dalam lereng.
 - c. Dengan cara mekanis, yaitu dengan memasang *soil nail, end anchored*, tiang panca.

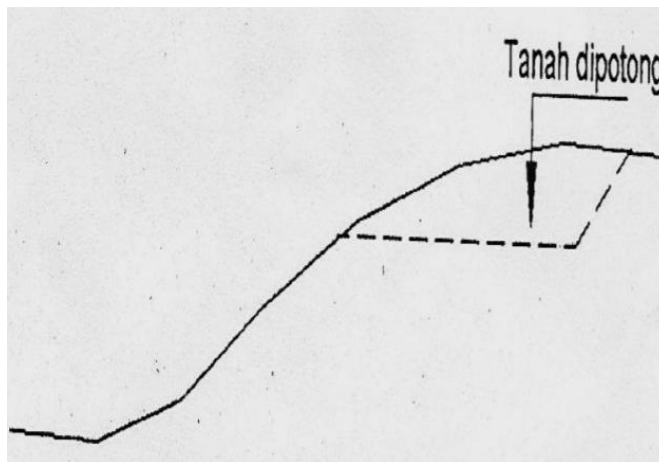
Dalam menghadapi persoalan bagaimana caranya memperbaiki atau menstabilkan lereng pada suatu daerah yang terjadi kelongsoran. Menurut (Wesley, 1977) ada dua cara untuk membuat lereng supaya menjadi lebih aman dan mantap, yaitu:

1. Memperkecil gaya penggerak atau momen penggerak, yaitu dengan mengubah entuk lereng, cara yang dilakukan yaitu:
 - a. Membuat lereng lebih datar, yaitu dengan mengurangi sudut kemiringan, seperti terlihat pada gambar 2.7
 - b. Memperkecil ketinggian lereng, lihat gambar 2.8. cara ini hanya dapat dipakai pada lereng yang ketinggiannya terbatas, yaitu dalam hal kelongsoran yang bersifat “*rational slide*”



Sumber: Wesley, 1977

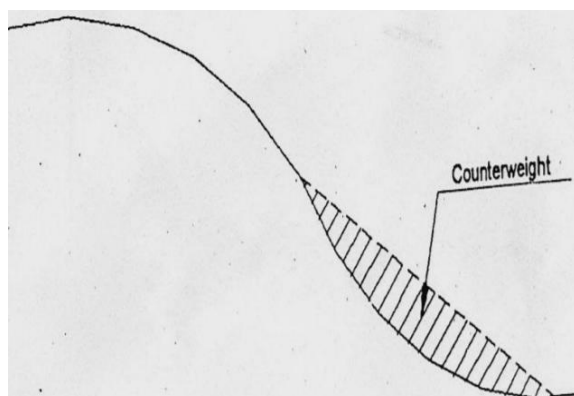
Gambar 2. 8 Memperkecil sudut kemiringan lereng



Sumber: Wesley, 1977

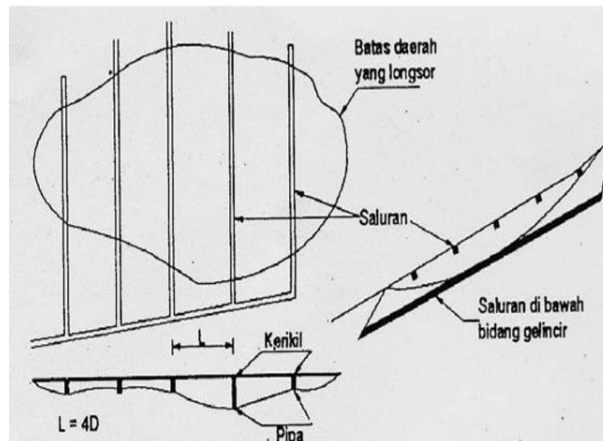
Gambar 2. 9 Memperkecil ketinggian lereng

1. Memperbesar gaya melawan, yang dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu:
 - a. Dengan memakai *counterweight* yaitu tanah timbunan pada kaki lereng lihat gambar 2.9
 - b. Dengan mengurangi tegangan air pori di dalam leeng, seperti terlihat pada gambar 2.10



Sumber: Wesley, 1977

Gambar 2. 10 Penanganan dengan *counterweight*



Sumber: Wesley, 1977

Gambar 2. 11 Mengurangi tegangan air pori

- 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 meambah bahan kimia atau semen dipompa melalui pipa supaya masuk ke dalam 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.

2.6 Sudut Geser Tanah dan Kohesi Tanah

Menurut fitriansyah, dkk (2019) kuat gesek tanah adalah kemampuan tanah melawan tegangan gesek yang terjadi pada saat terbebani. Keruntuhan gesek (*shear failure*) tanah terjadi bukan disebabkan karena hancurnya butir-butir tanah tetapi karena adanya gerak relatif antara butir-butir tanah tersebut. Kekuatan gesek yang dimiliki oleh suatu tanah disebabkan oleh beberapa faktor yaitu:

1. Pada tanah berbutir halus (kohesif) misalnya tanah lempung, kekuatan gesek yang dimiliki tanah disebabkan karena adanya kohesi atau lengketan antara butir-butir tanah.
2. Pada tanah berbutir kasar (*non kohesif*), kekuatan gesek disebabkan karena adanya gesekan antara butir-butir tanah sehingga sering disebut sudut gesek dalam.
3. Pada tanah yang merupakan campuran antara tanah halus dan tanah kasar (c dan ϕ).

Menurut Hary Christady Hardiyatmo, (2017) kuat geser tanah adalah gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir-butir tanah terhadap desakan atau tarikan. Dengan dasar pengertian ini, bila tanah mengalami pembebanan akan ditahan oleh:

1. Kohesi tanah yang bergantung pada jenis tanah dan kepadatannya, tetapi tidak tergantung dari tegangan normal yang bekerja pada bidang geser.
2. Gesekan antar butir-butir tanah yang besarnya berbanding lurus dengan tegangan normal pada bidang gesernya.

Keruntuhan geser tanah (*shear failure*) tanah terjadi bukan disebabkan oleh hancurnya butir tanah tersebut, tetapi karena adanya gerak relatif antara butiran tanah tersebut. Peristiwa kelongsoran suatu lereng berarti telah terjadi pergeseran dalam butir-butir tanah tersebut. Kuat geser dinyatakan dengan rumus seperti yang terdapat pada halaman selanjutnya:

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

Dimana:

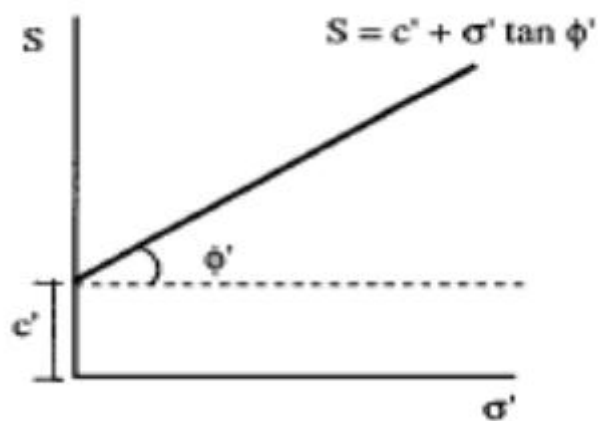
S = Kekuatan geser tanah

U = Tekanan air pori

σ = Tegangan total

ϕ' = Sudut geser dalam efektif

c' = Kohesi



Sumber: fitriansyah, dkk 2019

Gambar 2. 12 Grafik hubungan kuat geser tanah

Kuat geser tanah dari benda uji yang diperiksa dilaboratorium, biasanya dilakukan dengan besar beban yang sudah dilakukan terlebih dahulu dan dikerjakan menggunakan tipe peralatan yang khusus. Beberapa faktor yang mempengaruhi besar kuat geser tanah yang dilakukan pengujian dilabratorium adalah:

1. Kandungan mineral dari butir tanah.
2. Bentuk partikel.
3. Angka pori dan kadar air.
4. Sejarah tegangan yang pernah dialami.
5. Tegangan di lokasi (dalam tanah).
6. Perubahan tekanan selama pengambilan contoh dari dalam tanah.
7. Tegangan yang di bebaskan sebelum pengujian.
8. Cara pengujian.
9. Kecepatan pembebanan.
10. Kondisi drainase yang dipilih.
11. Tekanan air pori yang ditimbulkan.
12. Kriteria yang diambil untuk penentuan kuat geser.

Ada beberapa cara untuk menentukan kuat geser tanah, antara lain: Uji geser langsung (*direct shear test*), Uji triaksial (*triaxial test*), Uji tekan bebas (*unconfined compression test*), Uji geser kipas (*vane shear test*).

2.7 Geotekstil

Menurut Pedoman Konstruksi dan Bangunan Bina Marga 2009, Setiap bahan tekstil yang umumnya lolos air yang dipasang bersama pondasi, tanah, batuan atau material geoteknik lainnya sebagai suatu kesatuan dari sistem struktur, atau suatu produk buatan manusia.

Geotekstil merupakan material lembaran yang dibuat dari bahan tekstil *polymeric* bersifat lolos air, yang dapat berbentuk bahan nir-anyam (*non woven*), rajutan atau anyaman (*woven*) yang digunakan dalam kontak dengan tanah atau material lain dalam aplikasi teknik sipil. Fungsi perkuatan pada geotekstil dapat diterjemahkan sebagai fungsi tulangan, seperti istilah pada beton bertulang. Dalam pengertian yang identik, tanah hanya mempunyai kekuatan untuk menahan tekan, tapi tidak dapat menahan tarik. Kelemahan terhadap tarik ini dipenuhi oleh geotekstil. Material ini dapat diletakkan di bawah timbunan yang dibangun di atas tanah lunak, dapat digunakan untuk membangun penahan tanah, dan dapat pula digunakan untuk perkuatan bahan perkerasan jalan (Hardiyatmo, 2007).

Pemilihan geotekstil untuk perkuatan dipengaruhi oleh dua faktor, yaitu faktor internal dan eksternal. Faktor internal geotekstil terdiri dari kuat tarik geotekstil, sifat perpanjangan (*creep*), struktur geotekstil, dan daya tahan terhadap faktor lingkungan. Sedangkan faktor eksternal adalah jenis bahan timbunan yang berinteraksi dengan geotekstil. Waktu pembebanan juga mengurangi kekuatan geotekstil karena akan terjadi degradasi pada geotekstil oleh faktor kelelahan dan penuaan. Untuk menutupi kekurangan tersebut, tidak seluruh kuat tarik geotekstil yang tersedia dapat dimanfaatkan dalam perencanaan konstruksi perkuatan (Djarwadi, 2006). Dalam penelitian Uswatun Chasana, 2012 terdapat tabel sifat mekanik yang terdapat pada geotekstil seperti yang terdapat pada halaman selanjutnya yaitu pada tabel 3.1

Tabel 3. 1 Sifat mekanik geotekstil

Jenis Geotekstil	Struktur	Tebal (mm)	Berat Perluasan (gr/m ³)	Kuat Tarik Kn/M	Perpanjangan (%)
Polyfet IS50	Nirayam	1,9	200	15	35
Polyfet IS70	Nirayam	2,5	285	21,5	40
Polyfet IS80	Teranyam	2,9	325	24	40
Hate Renfox T	Teranyam	NA	250	40	21
Hate Renfox R	Teranyam	NA	325	60	44

Sumber: Uswatun Chasana, 2012

Perancangan lereng dengan perkuatan geotekstil menurut Holtz, dkk, (1998), dalam Hardyatmo, (2007), dapat dilakukan dengan dua metode, yaitu metode coba-coba dan metode langsung. Dalam perancangan coba-coba, hitungan dilakukan dengan membuat tampang lereng dengan susunan geotekstil secara ciba-coba, kemudian dianalisis dengan program komputer. Dalam hitungan secara langsung, hitungan stabilitas lereng dilakukan dengan program komputer dan hitungan manual dilakukan dalam menghitung kebutuhan geotekstil.

Selain itu, perancangan lereng dengan menggunakan perkuatan geotekstil juga harus memperhitungkan panjang dari geotekstil tersebut. Salah satu syarat yang harus dipenuhi yaitu panjang geotekstil yang berada dibelakang garis longsor (L_e) minimum adalah 1 m. Jika tahanan cabut tulangan tidak cukup, maka panjang tulangan ditambah

2.8 *Software Geostudio*

GeoStudio Office adalah sebuah paket aplikasi untuk pemodelan geoteknik dan geo-lingkungan. Software ini melingkupi *SLOPE/W*, *SEEP/W*, *SIGMA/W*, *QUAKE/W*, *TEMP/W*, dan *CTRAN/W* yang sifatnya terintegrasi sehingga memungkinkan untuk menggunakan hasil dari satu produk ke produk yang lain (Pradana 2012).

Fitur ini cukup unik dan memberikan fleksibilitas untuk digunakan baik dikalangan akademisi maupun profesional dalam menyelesaikan berbagai macam permasalahan geoteknik dan geo-lingkungan seperti tanah longsor, pembangunan bendungan, penambangan dan lain-lainnya. *SLOPE/W* merupakan produk perangkat lunak untuk menghitung faktor keamanan tanah dan kemiringan batuan. *SLOPE/W* dapat dilakukan analisis masalah baik secara sederhana maupun kompleks dengan menggunakan salah satu dari delapan metode kesetimbangan batas untuk berbagai permukaan yang miring, kondisi tekan pori air, sifat tanah dan beban terkonsentrasi. Selain itu dapat juga digunakan elemen tekan pori air yang terbatas, tegangan statis atau tegangan dinamik pada analisis kestabilan lereng serta dapat juga dikombinasikan dengan analisis probabilistik (Hidayah dan Gratia 2012). *Software Geostudio SLOPE/W* 2012 sudah banyak diaplikasikan pada penelitian dan analisis kestabilan lereng, khususnya dengan menggunakan *Slope/W* dan *Seep/W* (Mardianto Effendi, 2016).

SLOPE W merupakan produk perangkat lunak untuk menghitung faktor keamanan lereng dan kemiringan batuan. Dengan *SLOPE W*, kita dapat menganalisis masalah baik secara sederhana maupun kompleks dengan

menggunakan salah satu dari delapan metode kesetimbangan batas untuk berbagi permukaan yang miring, kondisi tekanan pori-pori, sifat tanah, dan beban terkonsentrasi. Kita dapat menggunakan elemen tekanan pori air yang terbatas, tegangan statis, atau tekanan dinamik pada analisis stabilitas lereng. Selain itu kita juga dapat melakukan analisis probalistik (Uswatun Chasanah, 2012).

Menurut Internasional Geostudio 2008, *Geoslope Office* adalah sebuah aplikasi untuk pemodelan geoteknik dan geo-lingkungan. *Software* ini meliputi *SLOPE/W*, *SEEP/W*, *SIGMA/W*, *QUAKE/W*, *TEMP/W*, dan *CTRAN/W*. Yang sifatnya terintegrasi sehingga memungkinkan untuk menggunakan hasil dari satu produk kedalam produk yang lain. Ini untuk dan fitur yang kuat sangat memperluas jenis masalah yang dapat dianalisis dan memberikan fleksibilitas untuk memperoleh modul seperti yang dibutuhkan untuk proyek yang berbeda.

SLOPE/W merupakan produk perangkat lunak untuk menghitung faktor keamanan tanah dan kemiringan batuan. Dengan *SLOPE/W*, kita dapat menganalisis masalah baik secara sederhana maupun kompleks dengan menggunakan salah satu dari delapan metode kesetimbangan batas untuk berbagai permukaan yang miring, kondisi tekanan pori-air, sifat tanah dan beban terkonsentrasi. Kita dapat menggunakan elemen tekanan pori air yang terbatas, tegangan statis, atau tekanan dinamik pada analisis kestabilan lereng. Anda juga dapat melakukan analisis probabilistik.

SEEP / W adalah salah satu *software* yang digunakan untuk menganalisis rembesan air tanah, masalah kelebihan disipasi tekanan pori-air, dengan *SEEP / W*,

kita dapat mempertimbangkan analisis mulai dari masalah tingkat kejenuhan yang tetap sampai yang tidak jenuh, tergantung dari masalah itu terjadi.

SIGMA / W adalah salah satu *software* yang digunakan untuk menganalisis tekanan geoteknik dan masalah-masalah deformasi. Dengan *SIGMA / W*, kita dapat mempertimbangkan analisis mulai dari masalah deformasi sederhana hingga masalah tekanan efektif lanjutan secara bertahap dengan menggunakan model konstitutif tanah seperti linier-elastis, anisotropik linier elastis, nonlinier elastis (hiperbolik), elastis-plastik atau *Cam-clay*.

QUAKE / W adalah salah satu *software* yang digunakan untuk menganalisis gerakan dinamis dari struktur bumi hingga menyebabkan gempa bumi. *QUAKE / W* sangat cocok sekali untuk menganalisis perilaku dinamis dari bendungan timbunan tanah, tanah dan kemiringan batuan, daerah di sekitar tanah horizontal dengan potensi tekanan pori-air yang berlebih akibat gempa bumi.

TEMP / W adalah salah satu *software* yang digunakan untuk menganalisis masalah panas bumi. Software ini dapat menganalisis masalah konduksi tingkat panas yang tetap. Kita dapat mengontrol tingkat di mana panas diserap atau dibebaskan selama *fase* perubahan. Kondisi batas termal dapat ditentukan dari memasukkan data iklim, dan kondisi batas disediakan untuk *thermosyphons* dan pipa pembekuan.

CTRAN / W adalah salah satu *software* yang dalam penggunaannya berhubungan dengan SEEP/W untuk pemodelan transportasi kontaminasi. *CTRAN / W* dapat menganalisa masalah yang sederhana seperti pergerakan partikel dalam

gerakan air atau serumit menganalisis proses yang melibatkan difusi, dispersi, adsorpsi, peluruhan radioaktif dan perbedaan massa jenis.

VADOSE/W adalah salah satu *software* yang berhubungan dengan lingkungan, permukaan tanah, zona vadose dan daerah air tanah lokal. *Software* ini dapat menganalisa masalah batas fluks seperti:

- a. rancangan dan memonitor performa satu atau lebih lapisan yang menutupi tambang dan fasilitas limbah rumah,
- b. menentukan iklim yang mengontrol distribusi tekanan pori-air pada lereng untuk digunakan dalam analisis stabilitas, dan
- c. menentukan infiltrasi, evaporasi dan transpirasi dari proyek-proyek pertanian atau irigasi.

Seep3D digunakan untuk pemodelan 3D dari air tanah yang jenuh atau tidak jenuh. Dengan menggunakan Seep3D, kita dapat memperluas analisis aliran air tanah regional dengan menyertakan geometri struktur tertentu seperti waduk dan bendungan, hambatan arus *cut off*, rembesan saluran air atau sumur, gabungan aliran dari samping dan bawah lereng, dan infiltrasi dan aliran dalam sistem penghalang limbah

2.9 Penelitian Terdahulu

Prasetyo (2017) melakukan penelitian Analisis Stabilitas Lereng Bertingkat dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan Metode Elemen Hingga yang berisi tentang pemodelan stabilitas lereng dengan beberapa variasi dari panjang geotekstil dan tebal tanah timbunan pengisi. Metode penelitian menggunakan

metode elemen hingga dengan menggunakan Plaxs 8.2 permodelan elemen hingga yang dipilih dalam penelitian ini berupa *plane strain*. Permodelan material tanah yang dipilih adalah *Mohr-Coulumb*. Model *Mohr-Coulumb* dipilih karena model ini merupakan suatu pendekatan ordo pertama dari perilaku tanah dan batuan. Perhitungan elemen hingga dalam penelitian ini menggunakan perhitungan (*calculation type*) menggunakan *plastic* dan *phi/crduction*. Jenis *plastic* adalah jenis proses analisis yang digunakan pada model karena dianggap apabila beban yang diberikan sudah tidak bekerja lagi, model dianggap pada kondisi plastis, sedangkan jenis *phi/crduction* digunakan untuk analisis faktor keamanan.

Famungkas, dkk (2015) melakukan penelitian Analisis Stabilitas Lereng Memakai Perkuatan Geotekstil Dengan Bantuan Perangkat Lunak yang berisi tentang peristiwa longsor yang terjadi di kabupaten Tranggslek. Lereng memiliki ketinggian antara 8m sampai 8,5 m dengan panjang dinding penahan 375 m dan mengalami kelongsoran pada bagian struktur sepanjang 90 m. Dianalisa menggunakan perangkat lunak *SLOP/W* pada lereng tersebut didapatkan angka keamanan 0,660 sehingga terjadi longsor. Dilakukan desain ulang lereng tesebut dengan menggunakan perkuatan geotekstil dengan jumlah 5 lapis, kapasitas tarik 400 Kn/M, kohesi 0 Kn/m dan sudut geser terhadap tanah 38° , jarak vertikal 1 m. Dengan analisa menggunakan *SLOPE/W* didapatkan angka keamanan 1,893.

Fauzi, (2019) melakukan penelitian Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil Woven Aibat Pengaruh Termal Menggunakan Metode Elemen Hingga. Analisis yang digunakan pada lereng timbunan dengan kemiringan 1V:1H, 1V:1,5H dan 1V:2H dengan membandingkan kondisi lereng

timbunan tanpa perkuatan geotekstil. Pada penelitian ini menggunakan metode elemen hingga dengan *software* plaxis 2D 2017. Adapun parameter tanah yang digunakan adalah modulus elastisitas, poisson ratio, sudut geser, dan kohesi.

Rekzyanti, dkk (2016) melakukan penelitian Analisa Kestabilan Lereng Akibat Gempa. Mencari faktor aman (sf) dengan metode *finite element* atau metode elemen hingga dan menggunakan program Plaxis v.8.2. Menghitung faktor aman (sf) menggunakan perhitungan manual, dan program Plaxis v.8.2, perhitungan menggunakan Program Plaxis v.8.2 dilakukan dengan cara memvariasikan nilai frekuensi, sedangkan perhitungan secara manual menggunakan variasi. Mendapatkan nilai faktor aman (sf) dari perhitungan manual dan program dengan hasil yang sama, yaitu 1,003.

