

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1. Penelitian Terdahulu**

- Dalam penelitian (Uswatun, 2012), menyimpulkan besar penurunan rata-rata Faktor Keamanan saat kemiringan lereng bertambah, peningkatan faktor keamanan akibat penambahan panjang geotekstil, dan penurunan rata-rata faktor keamanan akibat jarak vertikal antara geotekstil.
- Sementara itu dalam penelitian (Pradhana, 2018) menyimpulkan tentang faktor keamanan pada lereng sebelum longsor dengan beberapa variasi beban, faktor keamanan lereng existing dengan variasi beban, dan menggunakan perkuatan geotekstil pada lereng dengan variasi beban yang sama.
- Pada penelitian (Permana, 2016), menyimpulkan bahwa karakteristik dan parameter tanah berpengaruh pada hasil analisis stabilitas lereng, kondisi muka air tanah baik pada saat kering, kondisi jenuh, serta jenuh sebagian sangat berpengaruh pada faktor keamanan (SF), dan penanganan kelongsoran lereng dapat meningkatkan faktor keamanan lereng dan menurunkan deformasi lereng yang terjadi sehingga lebih aman dan stabil.
- Menurut penelitian (Azizah, Surjandari, & As'ad, 2014), menyimpulkan nilai SF sebelum dan setelah pemasangan geotekstil akibat beban mati meningkat 76.722%, sedangkan akibat beban mati+beban hidup meningkat 65.5%.

#### **2.2. Stabilitas Lereng**

Kemiringan atau beda elevasi antara permukaan tanah membentuk sudut pada bidang disebut lereng (*slope*). Sedangkan analisis stabilitas merupakan kajian pada suatu permukaan yang miring atau beda elevasi ini, disebut analisis stabilitas lereng. Pada analisis stabilitas ini sering dipakai dalam perancangan konstruksi misalnya lapangan terbang, bendungan, saluran, reklamasi, jalan kereta

api, jalan raya, dan sebagainya. analisis kestabilan, umumnya dilaksanakan guna untuk mengecek atau mencari nilai keamanan dari lereng galian, lereng urugan tanah, dan lereng alam. (Hardiyatmo, 2007) menambahkan bahwa analisis stabilitas suatu lereng tidaklah mudah, sebab ada banyak faktor yang sangat berpengaruh terhadap hasil perhitungannya.

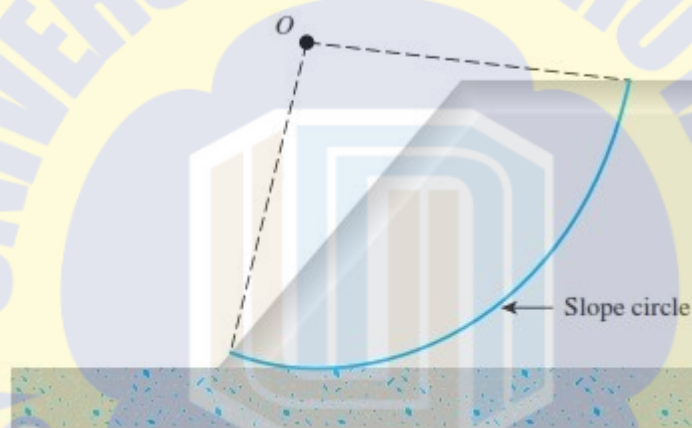
Beberapa faktor itu adalah, kuat geser tanah yang anisotropis, aliran rembesan air dalam tanah, kondisi tanah yang berlapis-lapis, dan sebagainya. Terzaghi (1950) dalam penelitiannya mengatakan kelongsoran lereng dapat disebabkan oleh akibat pengaruh luar dan pengaruh dalam. Bertambahnya gaya geser yang disebabkan kuat geser tanah, contohnya akibat ulah manusia yang mempertajam atau dengan mengubah elevasi tanah disebut pengaruh luar. Sedangkan pengaruh dalam adalah meningkatnya tekanan air pori di dalam tanah atau lereng.

### **2.3. Lereng**

Menurut (Uswatun, 2012) mengatakan lereng merupakan permukaan tanah yang memiliki kemiringan yang membentuk sudut terhadap bidang horisontal. Bila terdapat beda tinggi (elevasi) pada permukaan tanah, akan menyebabkan gaya-gaya pada tanah yang berada di elevasi yang lebih tinggi akan bergerak ke arah daerah yang memiliki elevasi yang lebih rendah yang di sebut dengan gaya potensial gravitasi yang mengakibatkan terjadinya kelongsoran.

Kelongsoran adalah arah gerakan tanah yang diakibatkan oleh keruntuhan satu atau beberapa bidang yang bisa diamati. Menurut (Pradhana, 2018) dalam penelitiannya mengatakan bahwa kelongsoran ialah perpindahan material yang membentuk lereng berupa, tanah, batuan atau campuran material tersebut, yang arah pergerakannya keluar atau ke bawah lereng. *Slides* dibagi lagi menjadi 2 macam yaitu kelongsoran rotasi dan kelongsoran translasi. Kelongsoran gelinciran yang terjadi dan susunan materialnya tidak berubah, dan biasanya dipengaruhi oleh gerak rotasi. Pada kelongsoran rotasi, gerakan tanah terdiri dari perpindahan yang terjadi pada beberapa permukaan dan regangan geser.

Kelongsoran rotasi adalah kelongsoran yang berbentuk lingkaran yang bergerak dari lereng yang elevasi yang ke elevasi yang lebih rendah dengan bentuk lingkaran. Kelongsoran ini biasanya terjadi pada tanah yang homogen dan permukaannya berbentuk lengkungan. Tipe longsor lereng seperti ini biasanya diakibatkan adanya pergerakan material tanah secara melingkar atau rotasi, dan biasanya terjadi pada tanah yang kohesif misalnya lanau dan lempung. Tanah kohesif memiliki gaya kohesif yang memiliki pengaruh besar terhadap gerak rotasi tanah dan apabila tanah tersebut tidak kohesif maka dapat terjadi pergerakan tanah yang bersifat planar. Gerakan tanah yang berbentuk rotasi biasanya terjadi pada tanah dengan butiran halus. Pada Gambar 2.1 adalah bentuk gambar kelongsoran rotasi sebagai berikut :

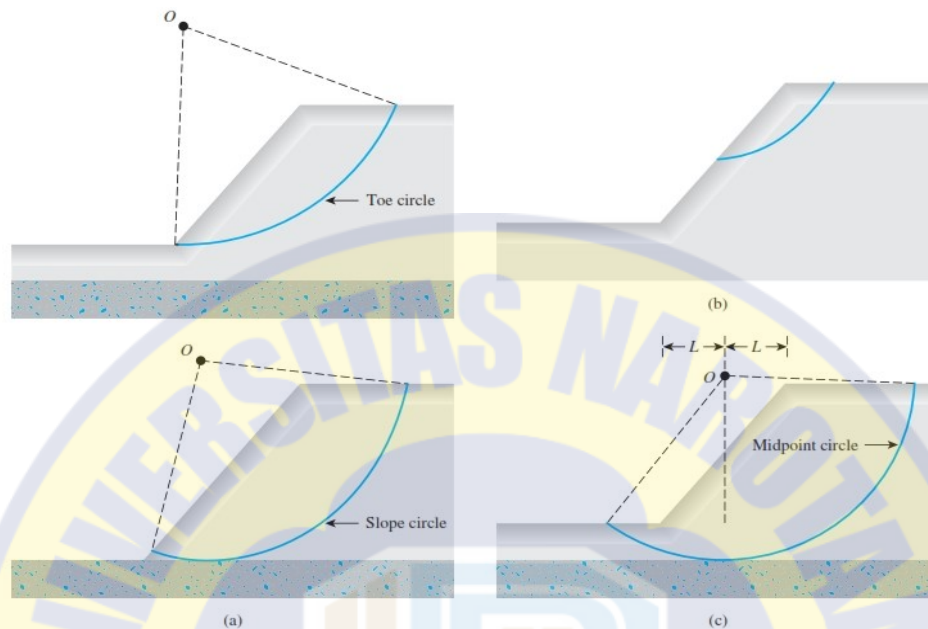


**Gambar 2. 1.** Kelongsoran Rotasi (M.Das, 2010).

Macam-macam longsor rotasi yang biasanya terjadi :

- Longsor dasar adalah longsor yang membentuk lingkaran pada bidang longsor lereng. Biasanya terjadi pada tanah yang memiliki lapisan tanah lunak terdapat di atas tanah keras. Longsor ini disebut longsor dasar karena bidang longsor yang terjadi di dasar dari lereng.
- Longsor lereng adalah longsor yang terjadi dipermukaan lereng dan belum melewati kaki lereng. Biasanya hanya terjadi permukaan lereng lereng dan tidak melwati dasar lereng.

- Longsoran di ujung kaki lereng adalah longsoran yang hanya terjadi di ujung kaki lereng. Berikut ini merupakan jenis-jenis kelongsoran rotasi, dapat dilihat pada Gambar 2.2 di bawah ini :



**Gambar 2. 2.** Macam-macam Longsoran Rotasi (M.Das, 2010).

Menurut cara terbentuknya lereng dibagi menjadi 2 macam adalah sebagai berikut :

### 2.3.1. Lereng Alam

Proses terbentuk secara alami tanpa campur tangan manusia dan terbentuk akibat kegiatan alam baik gerakan tektonik, erosi, dan lainnya. Biasanya kelongsoran atau *sliding* akibat beban dari berat sendiri dan gaya luar yang tidak mampu ditahan oleh kuat geser tanah itu sendiri. Adanya gangguan seperti gaya yang mengakibatkan gelincir pada daerah longsor yang sulit diimbangi oleh tahanan geser. Kestabilan lereng alam selama bertahun-tahun dapat terganggu akibat berupa hal berikut :

- Tekanan air pori yang meningkat karena air hujan, pembangunan bendungan, dan drainase.
- Menurunnya tahanan geser tanah secara progresif yang diakibatkan deformasi pada permukaan yang berpotensi *sliding*.

- Terjadi pelapukan pada lereng yang mengakibatkan batuan mengalami degradasi.
- Adanya gempa yang menyebabkan inersia dalam getaran gempa yang mengakibatkan lereng labil.
- Dilakukan pemotongan atau melakukan penimbunan baru.

### 2.3.2. Lereng Buatan

#### a. Lereng Galian

Untuk membentuk lereng baru dengan melakukan pemotongan atau penggalian baru pada tanah asli. Dilakukannya pemotongan lereng dengan maksud dan tujuan untuk membuat kemiringan pada suatu lereng tertentu yang memiliki tingkat keamanan yang cukup aman dan ekonomis.

Kestabilan dari suatu pemotongan lereng ditentukan oleh sifat teknis, tekanan air saat rembesan, kondisi geologi dan tahap pemotongan. Beberapa hal penting dalam stabilitas lereng dengan galian yaitu:

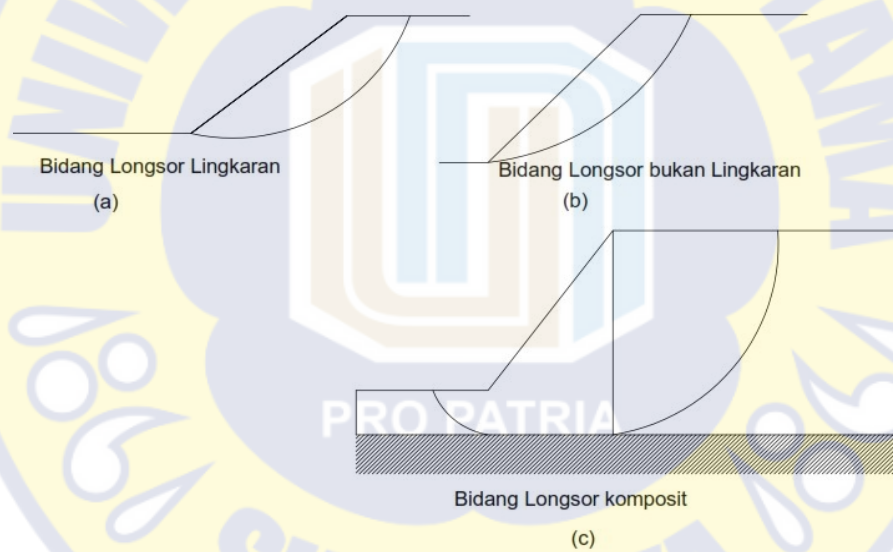
- Kekuatan geser pada tanah galian;
- Berat sendiri;
- Elevasi lereng;
- Kelandaian lereng;
- Muka air tanah.

#### b. Lereng Timbunan

Lereng timbunan pada umumnya dilakukan pada badan jalan, timbunan jalan kereta, timbunan bendungan. Lereng timbunan umumnya dipengaruhi oleh jenis tanah timbunan, tahap penimbunan dan kepadatan tanah. Pada timbunan dilakukan analisis secara terpisah yakni kondisi jangka panjang dan jangka pendek (saat telah selesai penimbunan) atau menurunkan muka air tanah dengan cepat (*sudden draw-down*), dan gangguan gempa. Beberapa hal yang menyebabkan kestabilan lereng timbunan terganggu, yaitu:

- ✓ Pada fondasi timbunan tanah yang kohesif terjadi overstressing dan pada kestabilan timbunan jangka pendek lebih penting daripada kestabilan timbunan jangka panjang.
- ✓ Muka air tanah yang penurunannya lebih cepat dan piping. Misalnya pada penurunan pada timbunan bendungan yang penurunannya muka air tanah lebih cepat yang mengakibatkan peningkatan beban efektif timbunan yang menyebabkan timbunan labil serta sebab lain lereng timbunan labil ialah akibat erosi bawah permukaan.
- ✓ Adanya geteran yang dipicu oleh gempa tektonik atau akibat ledakan, *pile driving* dan sebagainya.

Pada Gambar 2.3 merupakan pola kelongsoran pada timbunan berdasarkan buku Mekanika Tanah 2 Edisi ke IV (Hardiyatmo, 2007) adalah sebagai berikut :



**Gambar 2. 3.** Pola kelongsoran Pada Timbunan (Hardiyatmo, 2007).

Masalah yang sering pada suatu lereng ialah kelongsoran, pengertian sendiri kelongsoran ialah tergelincirnya atau keruntuhan yang diakibatkan massa tanah atau batuan ataupun campuran kedua material dari permukaan atau bidang yang lebih tinggi ke permukaan yang lebih rendah. Sering terjadi kelongsoran karena adanya pergerakan material tanah untuk mencapai keseimbangan atau mencapai kestabilan daya dukung tanah itu sendiri yang mengakibatkan

bertambah tegangan geser yang besar dari kekuatan geser suatu lereng yang tidak bisa ditahan oleh material penahannya.

## **2.4. Pengaruh–Pengaruh Terhadap Stabilitas Lereng**

### **2.4.1. Pengaruh Tegangan Efektif**

Menurut (Hardiyatmo, 2007) mengatakan bahwa tegangan efektif adalah tegangan yang memiliki pengaruh terhadap kekuatan geser dan memiliki pengaruh terhadap berubah penurunan material tanah. Material tanah sendiri terdiri dari ruang pori dan butiran padat. Dalam Penelitian (Permana, 2016) Craig (1989) mendefinisikan bahwa tanah diilustrasikan partikel-partikel padat (*solid skeleton*) yang dibatasi pori-pordi yang didalamnya terdapat air dan udara. Volume kerangka tanah dapat mengalami perubahan secara menyeluruh yang diakibatkan oleh adanya regenerasi partikel pada posisi yang baru.

Untuk menahan tegangan geser tanah dapat dilakukan dengan memanfaatkan gaya yang ditimbulkan karena adanya persinggungan dengan partikel lainnya. Dan untuk tegangan normal tanah dapat ditahan dengan gaya antar partikel dari kerangka tanah. Bila tanahnya pada kondisi yang sempurna, maka muka air tanah akan naik untuk menahan tegangan normal tanah.

Pada penlitihan Terzaghi pada tahun (1923, dalam (Hardiyatmo H. C., 2006) memiliki prinsip bahwa tegangan efektif yang disesuaikan dengan data test tanah. prinsip tersebut hanya diberlakukan pada tanah jenuh yang sempurna. Berikut ini adalah tegangan-tegangan yang memiliki hubungan dengan prinsip diatas adalah :

- Dengan tegangan normal total ( $\sigma$ ) yang berada pada bidang berat tanah, yakni tegangan yang disebabkan oleh berat beban total tanah serta air didalam ruang pori,/satuan luas, yang arahnya vertikal/tegak lurus.

- Dengan tekanan muka air tanah ( $u$ ), atau tegangan netral yang ada bekerja ke beberapa arah yang sama besar, yakni tekanan muka air tanah yang mengisi ruang butiran padat.
- Dengan tegangan efektif normal ( $\sigma'$ ) yang ada bidang massa, dan tanah menghasilkan beban berat/satuan luas.

Dibawah hubungan dari ke 3 tegangan di atas dapat dilihat pada persamaan (2.1) adalah sebagai berikut :

$$\sigma = \sigma' + u \dots\dots\dots (2.1)$$

#### 2.4.2. Pengaruh Kuat Geser Tanah

Kekuatan geser ialah kemampuan tanah untuk menahan keruntuhan kegagalan (failure), atau yang terjadi pada saat tanah dibebani (Hardiyatmo H. C., 2006). Terjadinya gerak efektif diantara butiran tanah menyebabkan keruntuhan tetapi bukan disebabkan oleh hancurnya butiran tanah.

Untuk parameter kekuatan geser tanah sangat dibutuhkan dalam analisis kapasitas daya dukung tanah, dan stabilitas lereng, serta untuk gaya dorong yang ada pada dinding penahan tanah. Dalam teori Mohr (2010, dyang terdapat pada buku Mekanika Tanah Edisi IV (Hardyatmo, 2007)), keruntuhan dapat terjadi karena suatu material bilanya adanya kombinasi pada antara tegangan normal dan tegangan geser yang berada dalam keadaan kritis.

Kekuatan geser menurut buku Mekanika Tanah Edisi ke IV (Hardyatmo, 2007) ialah gaya yang saling berlawanan yang terjadi diantara butir tanah dengan tarikan atau desakan. Dasar pemahaman ini, bila dilakukan pembebanan yang akan ditahan dengan :

- Untuk kohesi tanah ditinjau dari jenis dan kepadatan tanahnya, tapi tidak ditinjau dari tegangan normal tanh yang bekerja pada permukaan /bidang gesernya.
- Terjadinya gesekan antar butir tanah yang sebanding dengan tegangan normal pada permukaan/bidang geser.



Pada teori Columb (1776), dalam buku Mekanika Tanah Edisi IV (Hardiyatmo H. C., 2006), mendefinisikan fungsi bahwa tanah linear pada tegangan normal ( $\sigma$ ) pada permukaan/bidang tersebut dan pada titik yang sama, dalam persamaan (2.2) sebagai berikut :

$$\tau = c + tg \dots\dots\dots (2.2)$$

Dengan :

$\tau$  = Kuat geser tanah ( $\text{kN/m}^2$ )

$c$  = Kohesi ( $\text{kN/m}^2$ )

$\sigma$  = Tegangan normal ( $\text{kN/m}^2$ )

$\varphi$  = Sudut geser dalam tanah ( $^\circ$ )

Pengertian yang didasarkan pada Terzaghi, (1925), dalam buku Mekanika Tanah Edisi IV (Hardiyatmo H. C., 2006), persamaan *Coulomb* diubah menjadi tegangan efektif dapat dilihat pada persamaan (2.3) di bawah ini :

$$\tau' = c' + \sigma' tg \varphi \dots\dots\dots (2.3)$$

### 2.4.3. Pengaruh Tekanan Lateral

Tanah terbentuk secara alami dari pelapukan batuan dan melalui suatu proses disebut pengendapan. Dalam waktu proses pengendapan, material tanah mengalami tahap konsolidasi, yang dipengaruhi tekanan *overburden* ( $\sigma$ ) yakni terjadi karena adanya beban sendiri. Pengaruh tekanan *vertical* yang menimbulkan perubahan bentuk arah lateral yang dipengaruhi angka Poisson. Tanah di sekelilingnya untuk menahan perubahan arah lateral dengan mengembangkan tekanan lateral sebesar  $\sigma h$ . Dalam waktu yang lama rangkai dan konsolidasi arah *vertical* dan arah lateral nol. Dalam keadaan ini tegangan-tegangan pada keadaan yang stabil,  $\sigma h$  dan  $\sigma y$  jadi tegangan-tegangan efektif. Ini terjadi karena letak (*displacement*) telah mengalami perubahan, jadi tegangan geser yang bekerja pada bidang *vertical* dan bidang horisontal pada sembarang titik pada material

lapisan tanah. Pada kondisi seperti ini keseimbangan pada tempat yang menghasilkan kedudukan tegangan-tegangan dengan tanpa adanya tegangan geser yang dirumuskan sebagai kondisi K0 (Hardyatmo, 2007).

#### **2.4.4. Pengaruh Tekanan Aktif dan Tekanan Pasif**

Menurut (Bowles, 1986) tekanan aktif dan tekanan pasif tanah sangat penting untuk masalah stabilitas tanah, dan pembentukan tahanan tarik dengan memakai perkuatan jangkar. Apabila dinding penahan tanah mengalami gelincir atau bergerak ke arah bawah dan ke arah samping kemudian menekan dinding penahan tanah. Tekanan yang terjadi seperti ini adalah tekanan tanah aktif sedangkan tekanan yang terjadi dengan nilai yang lebih kecil daripada nilai tanah dalam keadaan diam, tekanan aktif tanah merupakan gaya yang sering mengurangi keseimbangan dari dinding penahan. Adanya gaya dorong pada dinding penahan ke arah tanah urugan, tekanan seperti ini ialah tekanan tanah pasif. Apabila nilai dari koefisien tekanan tanah aktif dan tekanan saat diam lebih kecil daripada nilai tekanan pasif maka tekanan pasif tanah itu ialah nilai maksimum gaya yang berkembang pada tanah dengan gerakan struktur penahan tanah pada tanah urugan, yakni gaya yang menunjukkan perlawanan tanah sebelum terjadi keruntuhan pada dinding penahan tanah (Hardiyatmo H. C., 2006).

#### **2.4.5. Pengaruh Gempa**

Dalam buku Mekanika Tanah 2 Edisi ke IV (Hardyatmo, 2007) gempa bumi/gempa tektonik dapat menyebabkan gerakan pada lereng dan keruntuhan pada lereng alam dan buatan. Oleh karena itu perlu adanya diperhatikan dalam hitungan nilai faktor keamanan suatu stabilitas lereng. Dampak lain yang disebabkan gempa bumi adalah sebagai berikut :

- *Liquifaction* terhadap massa tanah.
- Terjadinya perubahan muka air tanah dan tegangan efektif dalam massa kekuatan tanah.

- Adanya retakan vertikal yang bisa mereduksi kekuatan geser material tanah

Untuk dapat memperhitungkan pengaruh adanya gravitasi akibat gempa, ada hal yang harus dilakukan dalam analisis kestabilan lereng ialah dengan menggunakan konstanta numerik yang biasanya disebut koefisien gempa ( $k_g$ ). koefisien diberikan dalam persen gravitasi.

Sebagai contoh, koefisien gravitasi 10% (0.1 g) sering digunakan dalam hitungan. Jadi gaya dinamis dianggap sebagai gaya statis, yang terkadang disebut pseudostatic analysis. Pemakaian koefisien gempa 0.1 g, hanyalah didasarkan pada pertimbangan empirik yang tanpa dasar pembenaran.

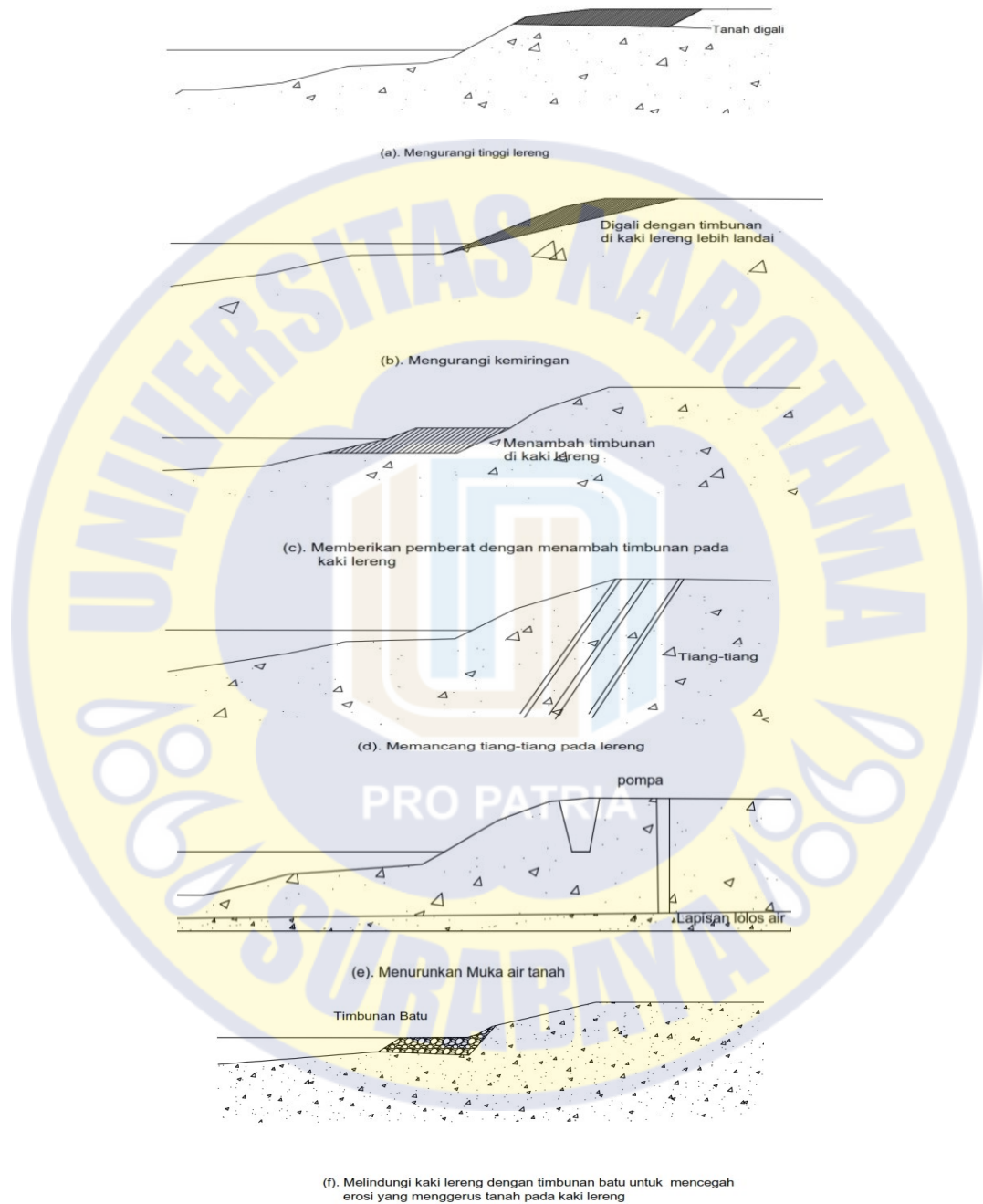
## **2.5. Cara Mengatasi Kelongsoran Lereng**

Dalam buku Mekanika Tanah edisi ke IV (Hardyatmo, 2007) Beberapa macam cara yang bisa dilakukan dalam untuk mengatasi atau menambah kestabilan lereng, yaitu melakukan pemotongan lereng, menurunkan muka air tanah, pemotonagan lereng, pemasangan tiang-tiang dan lainnya. Beberapa macam cara atau tipe perbaikan kestabilan lereng yang telah dilakukan oleh Broms (1969) di sungai Gota-Swedia. Dapat dilihat pada Gambar 2.4.

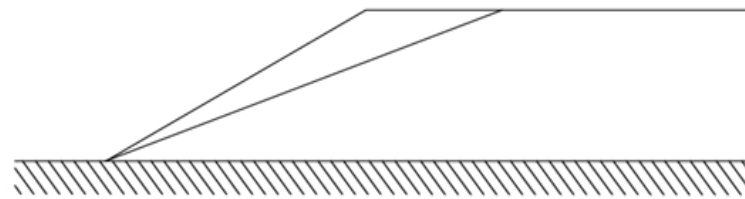
Pada umumnya metode/cara perbaikan kestabilan lereng dibagi dalam 3 yaitu :

- Cara mengubah geometri, yaitu perbaikan dilakukan pada lereng dengan cara merubah kemiringan geometri lereng. Gambar 2.4.
- Hidrologi, yaitu dengan cara yang digunakan dengan menurunkan kandungan air tanah pada lereng.
- Metode kimia dan mekanis, dengan melakukan grouting dengan semen yang bertujuan menambah kekuatan geser atau memasang bahan tertentu (tiang) pada lereng.

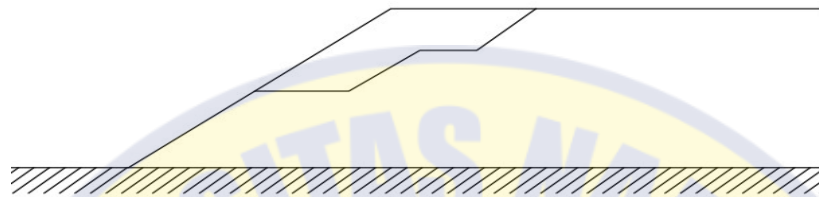
Pada Gambar 2.5 adalah beberapa tipe perbaikan yang dilakukan pada lereng dengan tujuan untuk menjaga keseimbangan atau kestabilan lereng adalah sebagai berikut :



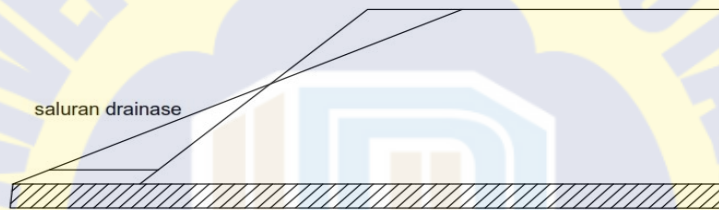
**Gambar 2. 4.** Perbaikan Stabilitas Lereng Di S.Gota-Swedia (Hardyatmo, 2007).



(a). Pengurangan kemiringan lereng



(b). Pembuatan berm  
Digali dan ditimbun dibawah



(c). Menggali dibagian atas dan menimbun di bagian bawah sambil mengurangi kemiringan lereng.

**Gambar 2. 5.** Perbaikan Stabilitas Lereng Dengan Mengubah Geometri Lereng (Hardyatmo, 2007).

## 2.6. Metode Elemen Hingga

Dalam Buku Mekanika Tanah 2 Edisi IV (Hardyatmo, 2007) Metode Elemen Hingga (Finite Element Method) diperkenalkan pertama kali oleh Woodward Clough (1967), tapi digunakan secara terbatas pada tanah dengan struktur yang kompleks. Dalam kasus yang khusus, penggunaan metode elemen hingga bisa mengakomodasi penggalian dan penimbunan yang memiliki pengaruh secara bertahap, sehingga tegangan dalam tanah yang berpengaruh terhadap deformasi yang terjadi dapat ditelusuri.

## 2.7. Faktor Keamanan (SF)

Faktor keamanan (SF) diartikan sebagai rasio antara gaya yang menahan kuat geser lereng terhadap gaya yang bekerja pada tegangan geser untuk mencapai keseimbangan atau kestabilan. Lereng yang terbentuk dari banyaknya ketidakpastian dan variabel diantaranya parameter tanah misalnya kekuatan geser tanah, tekanan muka air tanah maka untuk melakukan analisis perlu dilakukan penyederhanaan. Misalnya meningkatkan kuatt geser tanah dengan tujuan menghentikan beban/massa tanah yang bergerak.

Dalam penentuan kriteria faktor keamanan ialah berbagai resiko yang akan dihadapi, kondisi massa dan parameter yang dibutuhkan dalam analisis kestabilan lereng. Ada berberap resiko yang akan dihadapi dalam analisis kestabilan lereng, ada 3 yaitu : rendah, menengah, dan tinggi. Tugas utama seorang engineer yang memalukan penelitian kestabilan lereng dengan tujuan menentukan angka keamanannya. Secara garis besar angka keamanan dirumuskan dalam persamaan (2.4) berikut ini :

$$FK = \frac{\tau f}{\tau d} \dots\dots\dots(2.4)$$

dimana FK = Faktor keamanan kekuatan tanah.

$\tau f$  = kuat geser rata-rata dari tanah.

$\tau d$  = Tegangan geser rata-rata yang terjadi pada bidang longsor.

Kuat geser suatu lereng memiliki 2 bagian , kohesi dan friksi, dan ditulis dalam persamaan (2.5) berikut ini:

$$\tau_f = c + \sigma \tan \varphi \dots\dots\dots(2.5)$$

dimana,

c = kohesi tanah penahan

$\varphi$  = sudut geser penahan

$\sigma$  = tegangan normal rata-rata pada permukaan bidang longsor.

Atau juga dapat ditulis sebagai berikut,

$$\tau_d = c_d + \sigma \tan \varphi_d$$

Menyimpulkan  $c_d$  = kohesi dan  $\varphi_d$  = sudut geser yang bekerja pada bidang longsor dengan persamaan yang baru seperti pada persamaan (2.6) berikut:

$$FK = \frac{c + \sigma \tan \varphi}{c_d + \sigma \tan \varphi_d} \dots\dots\dots (2.6)$$

Berikut ini adalah beberapa parameter tanah yang juga sangat mempengaruhi faktor keamanan, faktor keamanan terhadap kohesi tanah,  $F_c$ , dan faktor keamanan  $F_\varphi$  (sudut geser). Maka  $F_\varphi$  dan  $F_c$  dapat dirumuskan dalam persamaan (2.7) di bawah ini :

$$F_\varphi = \frac{\tan \varphi}{\tan \varphi_d} \text{ dan } F_c = \frac{c}{c_d} \dots\dots\dots (2.7)$$

Apabila persamaan tersebut dilakukan perbandingan maka  $F_c = F_\varphi$ , untuk memberikan faktor keamanan pada kekuatan tanah, yang dituliskan pada persamaan (2.8) di bawah ini :

$$\frac{c}{c_d} = \frac{\tan \varphi}{\tan \varphi_d} \dots\dots\dots (2.8)$$

Atau dalam persamaan (2.9) berikut ini :

$$FK = F_c = F_\varphi \dots\dots\dots (2.9)$$

Bila angka keamanannya sama dengan 1 maka lereng dalam keadaan labil atau tidak stabil. Jika angka keamanan sama dengan 1.5 atau lebih maka lereng dikatakan stabil.

## 2.8. Geoteksti

Pada penelitian (Saputra, 2017) Geotekstil adalah salah satu geosintetik dari bahan polimer yang memiliki fungsi sebagai bahan untuk penguatan dan digunakan untuk melakukan perbaikan kinerja. Geotekstil dalam pembuatannya terdiri dari elemen tekstil berupa serat atau helaian yang disatukan menjadi lembaran. Geotekstil dibagi menjadi 2 berdasarkan cara atau metode yang digunakan dalam mengkombinasikan menjadi lembaran atau filamen

### 2.8.1. Jenis Geotekstil

#### a. Geotekstil *Woven*

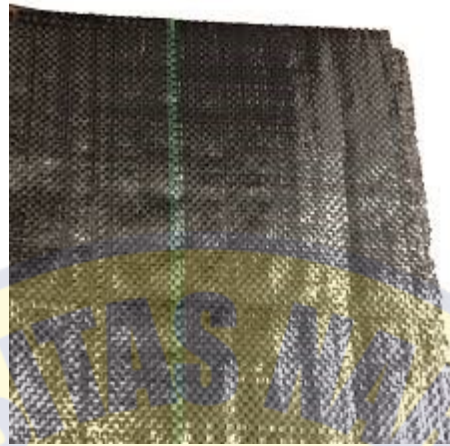
Dalam penelitian (Saputra, 2017) Geotekstil *woven* adalah produk dari geosintetik yang proses pembentukannya dilakukan dengan cara anyaman, dan memiliki 2 arah anyaman yaitu atas dan bawah. Geotekstil anyaman dibuat dengan *silt film tape polypropylene* yang pemakaiannya sudah menyebar luas di Indonesia. Geotekstil anyaman mempunyai kuat tarik maksimal dengan berat beban minimal. Bahan ini juga tidak mudah sobek pada saat diaplikasikan atau digunakan di lapangan serta memiliki anyaman *double twist*. geotekstil anyaman dijamin kuat tekanannya hingga 40 kN/m pada saat diaplikasikan sebagai separator atau pemisah. Apabila bahan ini sudah sobek saat dipasang maka fungsinya sebagai pemisah tidak akan bekerja maksimal.

Geotekstil anyaman memiliki permukaan atau tekstur agak unik dalam memberikan koefisien geser yang besar saat dipasang diantara tanah yang kohesif sekalipun. Karena akan memiliki pengaruh pada panjang penjangkaran saat dibutuhkan untuk penguatan tanah.

Geotekstil anyaman ialah bahan yang berbentuk seperti lembaran yang dibuat dari benang polymer yang dianyam dengan mesin modern dengan teknologi yang tinggi. Geotekstil anyaman sendiri memiliki sifat permeable serta memiliki kuat tarik (*Tensile Strength*) yang sangat tinggi. Dan jika dibandingkan dengan geotekstil *non-woven* atau tidak anyam geotekstil anyaman memiliki kuat



tarik yang lebih tinggi (Saputra, 2017). Untuk bentuk dan tampilan geotekstil *woven* dapat dilihat pada Gambar 2.6 berikut ini :



**Gambar 2. 6.** *Geotextile woven* (Saputra, 2017).

*Geotextile woven* memiliki fungsi sebagai bahan material *stabilitator* pada tanah dasar, misalnya tanah lunak dan pasir. Bisa juga diterapkan pada perkuatan pada lahan timbunan, reklamasi, dan jalan serta bisa untuk jalur kereta.

**b. Geotekstil *Non Woven***

Geotekstil *Non Woven* ialah jenis bahan geotekstil yang dibuat dari material *polyester* dan *polypropylene*. Geotekstil *Non-woven* sendiri tidak dianyam seperti kain. Geotekstil tidak teranyam sendiri dirancang dengan tujuan agar saat diaplikasikan di lapangan dapat bekerja secara optimal/satuan berat. Geotekstil *non-woven* memiliki ketahanan mekanik serta hidrolik amat sangat baik yang menjadikannya sebagai pilihan tepat dan bisa dijadikan lapisan penyaring dan pemisah. Disebabkan bahan ini memiliki kuat jebol yang besar dan menjamin bahan tidak akan rusak saat digunakan.

Geotekstil *non-woven* merupakan produk yang diunggulkan untuk tipe geotekstil non-woven, serta telah melalui proses yang panjang dalam tahap desain dan produksinya. Hal ini terealisasi dengan adanya dukungan teknologi dan pengetahuan geoteknik yang sangat berkembang pesat sesuai kebutuhan

dalam memproduksi material geotekstil yang diunggulkan. Hasil dari produk yang telah dikeluarkan sesuai dengan kebutuhan di lapangan khususnya bidang geoteknik dalam uji ASTM D/ISO.

Berikut ini adalah bentuk dan tampilan geotekstil *Non-woven* yang dapat dilihat pada Gambar 2.7 berikut :



**Gambar 2. 7.** *Geotextile Non Woven* (Saputra, 2017).

Geotekstil *Non Woven* mempunyai bukaan pori sangat kecil akan tetapi mempunyai permeabilitas sangat tinggi. bukaan pori yang relatif kecil namun memiliki permeabilitas yang tinggi. Jadi ini memiliki fungsi untuk menahan butiran material tanah yang sangat baik, tapi adanya kemungkinan bahwa aliran air tak terganggu. Untuk pengaplikasiannya bisa untuk drainase yang menuntuk untuk tidak adanya penyumbatan pada aliran drainasenya sebab lolosnya butiran tanah dalam jumlah banyak. Geotekstil *non-woven* sangat tepat bila diaplikasikan sebagai separator untuk pasir dan butiran, tapi aliran air tak terganggu, yang menyebabkan meningkatnya tekanan hidrodinamis dan hidrostatis yang akan mengganggu kestabilan timbunan.

## 2.8.2. Fungsi Geotekstil

Geotekstil sendiri memiliki 2 fungsi sekunder yang bisa menjadi lebih dari 1 dan fungsi primer. Dengan ke 2 ini dapat menjadikan geosintetik memiliki kontribusi secara menyeluruh saat diaplikasikan di lapangan. Jadi saat penerapannya di lapangan perlu dilakukan perhitungan serta pertimbangan yang matang pada saat melakukan spesifikasi perencanaan.




## 2.9. Plaxis






Dalam analisis geoteknik membutuhkan permodelan numerik untuk struktur tanah yang disimulasikan dengan program komputer. Plaxis program komputer yang juga sering digunakan untuk analisis stabilitas lereng.

Plaxis ialah program komputer geoteknik dengan metode elemen hingga yang memiliki kemampuan menganalisa sifat-sifat tanah yang sebenarnya. Perilaku tanah yang dimodelkan dengan program adalah *mohr-columb*, *hardening Soil Model*, *soft soil model*, dan *Soft soil creep model*. Model yang sering digunakan dalam analisis stabilitas lereng adalah *mohr-columb* yang terdiri dari beberapa parameter yaitu, *mudulus young* (E), *poisson's ratio* ( $\nu$ ), kohesi (c), sudut geser dalam ( $\phi$ ), berat isi tanah kering ( $\gamma_{dry}$ ), berat isi tanah jenuh air ( $\gamma_{sat}$ ). Dalam panduan buku plaxis (Brinkgreve, 2005) tahapan perhitungan plaxis dibagi dalam tiga bagian perhitungan, yaitu

### 2.9.1. Plaxis Input

Tahap plaxis input terdiri dari beberapa bagian adalah sebagai berikut :

- ✓ Melakukan input data pada general setting terdiri atas dua yaitu : *project* dan *dimenssion*.
- ✓ Menggambar geometri dua dimensi yang akan dianalisis dengan mengklik *toolbar* .
- ✓ Klik  pada *toolbar* untuk menentukan kondisi batas.
- ✓ Klik  pada *toolbar* untuk memasukkan sifat-sifat material.

- ✓ Klik  pada *toolbar* untuk memasukkan beban yaitu beban merata.
- ✓ Klik  pada *toolbar* untuk menyusun jaring elemen.
- ✓ Klik  dan  untuk menentukan muka air tanah (MAT) dan KO *procedure*.
- ✓ Kemudian klik  untuk melakukan perhitungan.

### 2.9.2. *Plaxis Calculation*

Tahap perhitungan (*calculation*) terdiri dari beberapa tipe perhitungan sering digunakan dalam perhitungan yang terdapat pada *plaxis calculation*, yaitu :

#### 1. Perhitungan Plastis

Dalam kalkulasi plastis harus memilih untuk sebelum pada melakukan analisis deformasi elastis-plastis dan tidak diperlukan untuk diikutsertakan proses menurunnya tekanan air pori eksis dengan waktu dalam kalkulasi. Bila pilihan pada jaringan elemen yang diperbarui dalam tampilan pengaturan umum pada tingkat lanjut tidak dipakai, maka perhitungannya akan dilaksanakan sesuai teori deformasi yang kecil. Matriks kekakuan pada kalkulasi plastis yang normal dengan dasar sesuai geometri semula yang belum dideformasi. Dalam kalkulasi plastis terdapat 3 pembebanan, yaitu tahap konstruksi, total pengali, dan peningkatan faktor pengali.

#### 2. Perhitungan Consolidation

Kalkulasi konsolidasi dipilih bila akan dilakukan analisis terhadap tekanan muka air tanah eksis pada tanah lempung yang memiliki kejenuhan dengan fungsinya terhadap lamanya waktu. Sifat analisis konsolidasi adalah elastis-elastis yang dapat dianalisis dengan PLAXIS. Analisis konsolidasi dilakukan tanpa dilakukan pembebanan dalam melakukan kalkulasi plastis yang sifatnya tidak terdrainase (*undrained*). Kalkulasi pada analisis konsolidasi sedang berlangsung juga dapat dilakukan, tapi harus memperhatikan bila terjadi gelincir

yang disebabkan adanya proses iterasi kemungkinan tidak akan ada konvergensi yang dihasilkan pada keadaan seperti itu..

### 3. Perhitungan *Phi/c Reduction*

Suatu kalkulasi keamanan yang terdapat dalam PLAXIS yang dapat dilakukan dengan cara mereduksi parameter ketahanan dari tanah. Proses yang berlangsung ini disebut *Reduksi Phi-c* ialah perhitungan yang dilakukan secara terpisah. Reduksi dari *phi-c* harus dipilih terlebih dahulu untuk kalkulasi angka keamanan global pada keadaan tertentu.

#### 2.9.3. *Plaxis Output*

Pada bagian output plaxis atau keluaran dari hasil perhitungan terdiri dari beberapa bagian, yaitu :

##### 1. Deformasi

- ✓ Jarimg elemen terdeformasi
- ✓ Petpindahan total
- ✓ Peningkatan perpindahan
- ✓ Regangan total
- ✓ Regangan cartesius
- ✓ Peningkatan regangan
- ✓ Peningkatan regangan cartesius

##### 2. Tegangan

- ✓ Tegangan efektif
- ✓ Tegangan total
- ✓ Tegangan cartesius efektif
- ✓ Tegangan cartesius total
- ✓ Rasio konsolidasi berlebih (OCR)
- ✓ Titik plastis
- ✓ Tekanan muka aiar tanah
- ✓ Tekanan muka air tanah eksis
- ✓ Tinggi tekan air tanah
- ✓ Bidang aliaran
- ✓ Derajat kejenuhan