

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Stabilitas Lereng

Pada tempat di mana terdapat dua permukaan tanah yang berbeda ketinggiannya, maka akan ada gaya-gaya yang bekerja mendorong sehingga tanah yang lebih tinggi kedudukannya cenderung bergerak ke arah bawah. Apabila komponen gravitasi sedemikian besar sehingga perlawanan terhadap geseran yang dapat dikembangkan oleh tanah pada bidang longsornya terlampaui, maka akan terjadi kelongsoran. Dengan kata lain, suatu lereng akan longsor apabila keseimbangan gaya yang bekerja terganggu yaitu gaya pendorong melampaui gaya penahan.

Longsoran adalah suatu proses perpindahan massa tanah / batuan dengan arah miring dari kedudukan semula, sehingga terpisah dari massa yang mantap karena pengaruh gravitasi. Indrawahjuni (2011:93) mengungkapkan bahwa gaya pendorong merupakan komponen berat tanah yang akan longsor dan Sunggono (1984:251) menambahkan bahwa gaya-gaya penahan berupa gaya gesekan / geseran, lekatan (dari kohesi), kekuatan geser tanah. Antara permukaan dari tanah yang lebih tinggi ke permukaan yang lebih rendah dihubungkan suatu permukaan yang disebut lereng.

2.2 Keruntuhan Lereng

Setiap massa tanah yang terletak di bawah permukaan tanah yang miring atau di bawah sisi miring dari suatu galian terbuka memiliki kecenderungan bergerak ke arah bawah dan ke arah luar karena pengaruh gravitasi. Seandainya kecenderungan ini ditiadakan oleh tahanan geser tanah, maka lereng berada dalam keadaan stabil. Pada kondisi yang sebaliknya penggelinciranlah yang terjadi. Tanah yang terlibat dalam suatu peristiwa penggelinciran bisa terdiri atas tanah yang diendapkan secara alami, timbunan tanah hasil pekerjaan manusia atau kombinasi dari kedua macam tanah tersebut.

Pengelinciran pada tanah alami mungkin disebabkan oleh gangguan-gangguan eksternal seperti penggalian kaki dari suatu lereng atau membuat galian tanpa memberikan penyangga. Di lain hal, penggelinciran mungkin juga terjadi tanpa adanya provokasi eksternal pada lereng yang mulanya telah berada dalam keadaan stabil selama bertahun-tahun. Keruntuhan semacam ini disebabkan oleh naiknya tekanan air pori secara temporer atau oleh kemunduran yang progresif dari kekuatan tanah.

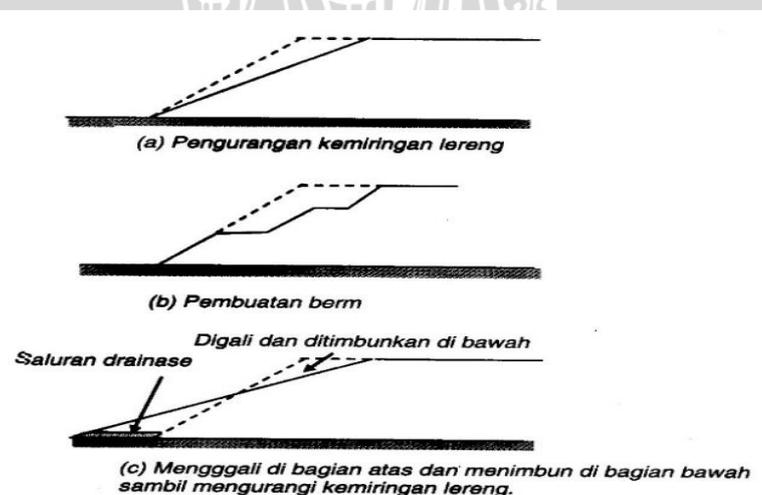
Metode-metode untuk menangani lereng-lereng yang tak stabil terutama bergantung kepada sifat tanah yang dijumpai. Dengan demikian, untuk keperluan-keperluan praktis pengelompokan macam-macam gelinciran menurut jenis tanahnya merupakan hal yang paling sesuai. Jenis tanah dan jenis formasi tanah yang berbahaya di atas merupakan lapisan-lapisan yang tersusun atas *schist* yang lapuk atau lempung lunak yang berupa serpihan, lempung kaku yang retak, lempung yang mengandung pasir atau lanau, dan massa tanah kohesif yang mengandung lapisan-lapisan atau kantung-kantung lanau atau pasir yang berair.

2.3 Perbaikan Lereng

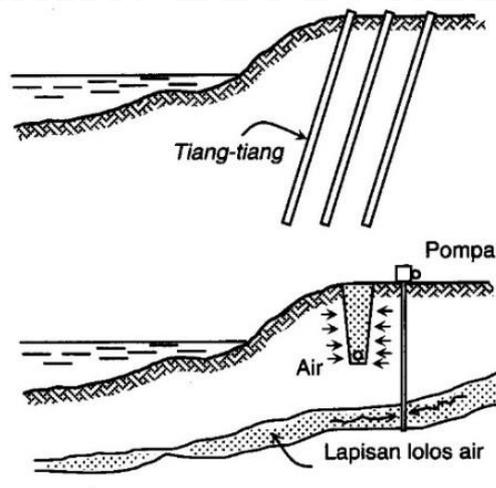
Banyak cara dapat dilakukan untuk menambah stabilitas lereng, antara lain: pemotongan lereng, pembuatan berm, menurunkan muka air tanah, pemasangan tiang-tiang dan lain-lainnya

Menurut Hardiyatmo (2010:479), metode perbaikan stabilitas lereng dibagi dalam tiga kelompok, yaitu:

1. Metode geometri yaitu perbaikan lereng dengan cara mengubah geometri lereng seperti terlihat pada **Gambar 2.1**.
2. Metode hidrologi yaitu dengan cara menurunkan muka air tanah atau menurunkan kadar air tanah pada lereng seperti pada **Gambar 2.2 b**.
3. Metode-metode kimia dan mekanis yaitu dengan cara *grouting* semen untuk menambah kuat geser tanah atau memasang bahan tertentu (tiang) di dalam tanah seperti pada **Gambar 2.2 a**.



Gambar 2.1 Perbaikan stabilitas lereng menggunakan geometri lereng



a) Perbaikan dengan pemasangan perkuatan tiang/*pile*

b) Perbaikan dengan menurunkan muka air tanah

Gambar 2.2 Perbaikan stabilitas lereng a) menggunakan tiang dan b) muka air tanah

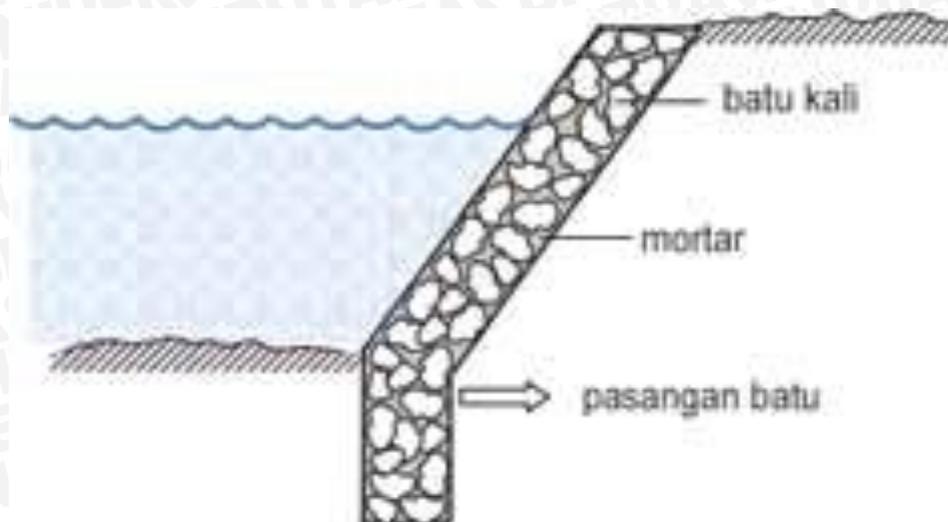
2.4 Dinding Penahan Tanah

Bangunan dinding penahan tanah digunakan untuk menahan tekanan tanah lateral yang diakibatkan oleh tanah urug atau tanah asli yang berpotensi terjadinya longsor. Bangunan ini banyak digunakan pada proyek-proyek seperti irigasi, jalan raya, pelabuhan, tebing dan lain-lainnya. Elemen-elemen fondasi, seperti bangunan ruang bawah tanah (*basement*), pangkal jembatan (*abutment*) dan lain sebagainya, selain berfungsi sebagai bagian bawah dari struktur juga sebagai penahan tanah di sekitarnya.

Kestabilan dinding penahan tanah diperoleh terutama dari berat sendiri struktur penahan tanah tersebut dan berat tanah yang berada di atas pelat fondasi. Besar dan distribusi tekanan tanah pada dinding penahan sangat bergantung pada besarnya gerakan ke arah lateral tanah terhadap dinding.

2.5 Konstruksi Pasangan Batu

Pasangan batu adalah susunan dari batu-batu pecah yang berukuran kurang lebih 30 cm dimana diantara batu-batu tersebut diisi dengan mortar: campuran 1 semen dan 3 pasir dengan air secukupnya. Campuran semen pasir setelah lama akan mengeras yang dapat mengikat satu batu dengan yang lain dalam wujud suatu bangunan. *Facing* pasangan batu memiliki keunggulan mudah dibentuk sesuai kebutuhan, tetapi penggunaan pasangan batu relatif lebih mahal. *Facing* ini mampu menahan erosi seperti terlihat pada **Gambar 2.3** dan kedap air, maka untuk mengantisipasi rembesan aliran air tanah diberikan lubang – lubang berdiameter 5 cm dan diberi ijuk agar tidak tersumbat.



Gambar 2.3 Pasangan batu kali

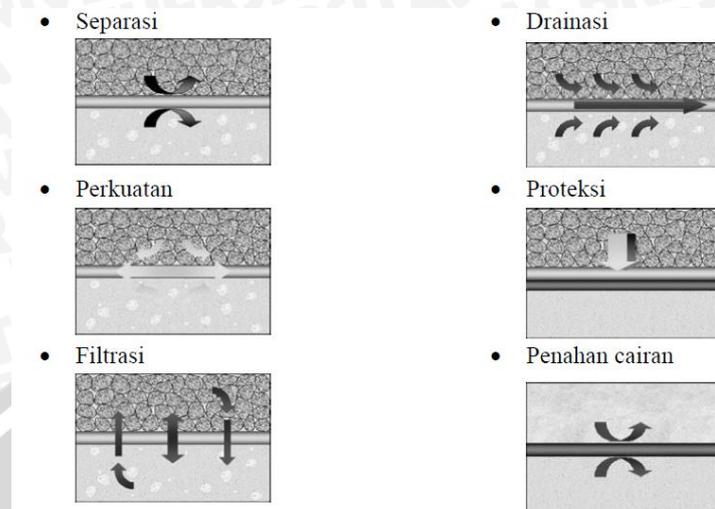
2.6 Geosynthetic (geosintetik)

Geosynthetic didefinisikan sebagai "produk buatan dari bahan polimer yang digunakan pada tanah, batu, tanah, atau rekayasa geoteknik yang terkait sebagai bagian peningkatan kinerja struktur atau sistem" (ASTM D 4439-11, 2011). Tujuan utama untuk penggunaan geosynthetic adalah untuk meningkatkan Karakteristik hidrolis, mekanik dan fisik tanah.

Berdasarkan sifat permeabilitas, geosintetik terbagi menjadi kedap air dan lolos air. Geotekstil adalah jenis geosintetik yang lolos air yang berasal dari bahan tekstil. Geomembran merupakan jenis geosintetik kedap air yang biasa digunakan sebagai penghalang zat cair.

Dengan kemajuan teknologi yang berdampak pada perkembangan geosintetik sehingga banyak temuan jenis-jenis geosintetik yang sekarang digunakan. Jenis geosintetik disesuaikan dengan kondisi dan kebutuhan. Antara lain adalah Geotextile / geotekstil, geogrid, geocomposites, geokomposit, geomembrane / geomembran, geonet, geocell, dan lainnya.

Material geosintetik dalam struktur dirancang untuk berbagai fungsi, seperti ditunjukkan pada **Gambar 2.4**.



Gambar 2.4 Fungsi-fungsi material geosintetik

Fungsi-fungsi dari bermacam jenis Geosintetik yang dijelaskan dalam **Tabel 2.1**

Tabel 2.1 Fungsi-fungsi bermacam jenis Geosintetik (Sumber: Zonberg, Jorge G. 2007.

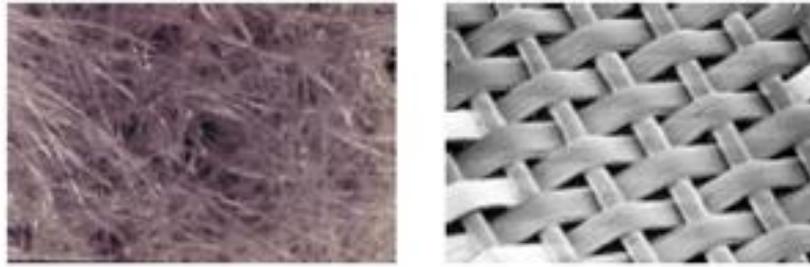
Geosynthetics)

	Geotextile	Geo-membrane	Geogrid	GCL	Geocomposite sheet drain	Geocomposite strip (wick) drain	Geocell	Erosion control product	HDPE vertical barrier
Separation	X	X			X				
Reinforcement	X		X				X		
Filtration	X				X				
Drainage	X				X	X			
Barrier	X ^a	X		X					X
Protection	X			X	X		X	X	

^aAsphalt-saturated geotextiles.

2.7 Geotekstil

Geotekstil merupakan salah satu jenis geosintetik atau produk buatan dari bahan polimer yang berfungsi untuk memperbaiki kinerja tanah. Dalam proses pembuatan geotekstil, elemen tekstil seperti serat-serat atau beberapa untai serat yang dikombinasikan menjadi struktur tekstil lembaran. Jenis geotekstil kemudian dibagi berdasarkan metode yang digunakan untuk mengkombinasikan filamen atau pita menjadi struktur lembaran. Jenis geotekstil yang utama adalah tak-teranyam (non-woven) dan teranyam (woven) **Gambar 2.5**. Geotekstil teranyam terbuat dari monofilamen, multifilamen, fibrillated yarns atau dari potongan film dan pita.



Gambar 2.5 Nonwoven dan Woven geotekstil (Sumber: Grenite Envirinental)

2.7.1 Fungsi dan Aplikasi Geotekstil

Geosintetik memiliki fungsi primer dan fungsi sekunder yang biasanya lebih dari satu fungsi. Kedua fungsi tersebut menjadikan geosintetik dapat berkontribusi secara total pada saat penerapannya. Dengan demikian, kedua fungsi ini perlu dipertimbangkan pada saat perhitungan dan pembuatan spesifikasi perencanaan. (Pedoman Konstruksi dan Bangunan Dinas PU. 2009)

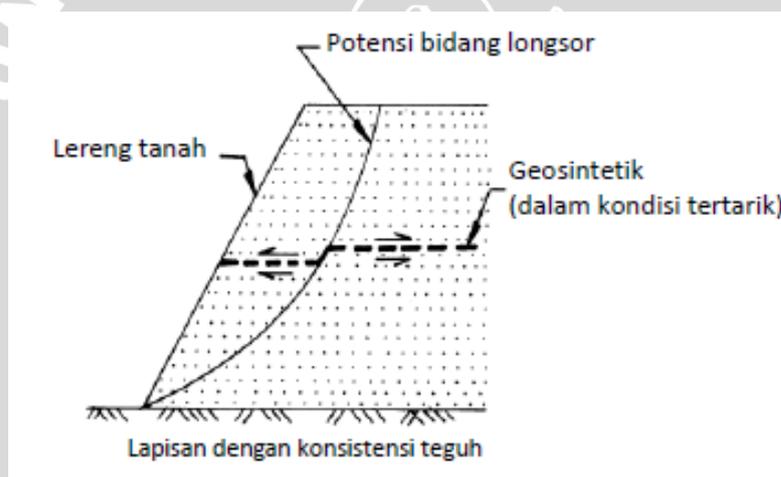
Pada pembuatan struktur-struktur yang berkaitan dengan tanah, geotekstil mempunyai 4 fungsi primer, baik secara tersendiri maupun bersama dengan tanah, tergantung dari aplikasi penggunaannya.

1. Lapisan pemisah (*separation*), yakni mencegah tercampur massa tanah yang secara sengaja dipisahkan baik ukuran dan distribusi butirannya, maupun mutu dan sifatnya.
2. Penyaring (*filtration*) dan sebagai penyaluran air (*drainage*) yang berfungsi untuk menyaring gradasi butiran tanah dan membantu sistem mengalirkan air sekaligus menahan butiran tanah yang mengikutinya (Manfred R. Hausmann, 1990).
3. Proteksi (*erosion control*) dimana geotekstil membantu melindungi massa tanah baik digunakan sendiri maupun digunakan dengan material lain.
4. Perkuatan tanah (*reinforcement*). Maksud dasar dari perkuatan ini adalah meningkatkan stabilitas tanah (daya dukung dan stabilitas lereng) dan mengurangi deformasinya (penurunan dan deformasi lateral) (Manfred R. Hausmann, 1990). Dan
5. Pelindung (*moisture barrier*) bila terselimuti oleh bitumen. sebagai lapisan yang memperkecil tegangan lokal untuk mencegah atau mengurangi kerusakan pada permukaan atau lapisan tersebut. Sebagai contoh, tikar geotekstil (mat) digunakan untuk mencegah erosi tanah akibat hujan dan aliran air. Contoh lainnya, geotekstil tak-teranyam digunakan untuk mencegah tertusuknya geomembran oleh tanah atau batu di sekelilingnya pada saat pemasangan.

2.7.2 Mekanisme Kerja Geotekstil pada Tanah

Geosintetik memiliki banyak kegunaan dalam rekayasa teknik sipil. Salah satunya adalah sebagai fungsi stabilisasi tanah untuk meningkatkan sifat mekanis massa tanah, meningkatkan faktor keamanan lereng dan menstabilkan lereng dengan kemiringan curam (kurang dari 70°).

Lereng tanah yang diperkuat umumnya terdiri dari timbunan padat yang digabungkan dengan perkuatan geosintetik yang disusun ke arah horisontal. Ketika tanah dan geosintetik digabungkan, material komposit (tanah yang diperkuat) tersebut menghasilkan kekuatan tekan dan tarik tinggi sehingga dapat menahan gaya yang bekerja dan deformasi. Pada tahapan tersebut, geosintetik berlaku sebagai bagian tahanan tarik (gesekan (*adhesi*), saling mengikat (*interlocking*) atau pengurungan (*confinement*)) yang digabungkan ke tanah/timbunan dan menjaga stabilitas massa tanah.



Gambar 2.6 Dasar Mekanisme Perkuatan Lereng Tanah dengan Geosintetik

2.7.3 Mekanisme Transfer Beban antara Geotekstil dengan Tanah

Menurut Mitchell dan Villet (1987), dalam suatu perkuatan tanah kombinasi antara material tanah dan perkuatan harus sedemikian rupa sehingga interaksi antara keduanya menghasilkan material komposit yang perilakunya jauh lebih baik. Tanah yang umumnya memiliki kekuatan tekan yang baik dan kemampuan tarik yang sangat lemah dapat diperbaiki perilakunya dengan menambahkan perkuatan yang memiliki kekuatan tarik. Kerjasama kedua material ini dapat menghasilkan material koheren dan memperbaiki perilaku teknis tanah asli.

Perbaikan perilaku teknis tanah asli ini terjadi karena adanya transfer beban antara perkuatan dan tanah.

Mitchell dan Villet (1987) selanjutnya membagi perkuatan ke dalam dua golongan, yaitu *extensible* (dapat memanjang) dan *inextensible* (tidak dapat memanjang). Pada dasarnya, hampir semua material perkuatan adalah *inextensible* kecuali geotekstil. Oleh karena material perkuatan ini mempunyai modulus yang jauh lebih tinggi dibanding tanah, maka mampu menahan deformasi tanah dalam arah sejajar perkuatan. Sehingga keberadaan perkuatan ini dapat dianggap menaikkan kohesi tanah atau menambah *confining pressure*.

Transfer tegangan antara tanah dan perkuatan dapat terjadi melalui dua mekanisme, yaitu tahanan friksi dan tahanan pasif. Umumnya kedua mekanisme transfer beban ini bekerja bersama secara aktif. Perkuatan yang tergolong kedalam kategori friksi antara lainnya adalah *Reinforced Earth*, *Plastic Strip*, *Geotextile*.

Meskipun demikian, hanya geotekstil yang bidang permukaannya halus. Sehingga hanya geotekstil saja yang transfer bebannya terjadi melalui friksi murni. Oleh karena sistem perkuatan yang lainnya tidak mempunyai permukaan yang rata dan halus, maka koefisien friksinya didapat dari pengukuran langsung.

2.8 Teori Perhitungan Penyaluran Geotekstil

Besarnya panjang penyaluran geotekstil harus mampu menahan gaya geotekstil yang bekerja. Prinsip kerja dari panjang penyaluran geotekstil adalah besarnya gaya friksi antara tanah dan geotekstil di sepanjang penyaluran yang tidak berada di dalam bidang longsor, harus mampu menahan gaya geotekstil yang bekerja menahan kelongsoran. Perhitungan panjang penyaluran dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$L = L_e + L_r$$

Dimana:

$$L_e = \frac{S_v \sigma_h (F_s)}{2(c + \gamma z \tan \delta)} = \frac{S_v \sigma_h (F_s)}{2E(c + \gamma z \tan \phi)}$$

$$L_r = (H - z) \times \left(\tan \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \right)$$

Dengan ;

L_e = Panjang penyaluran geotekstil yang berada di belakang bidang longsor (m)

L_r = Panjang penyaluran geotekstil yang berada di depan bidang longsor (m)

S_v = Jarak vertikal antar geotekstil (m)

σ_h = Tegangan tanah (kNm)

F_s = Faktor keamanan

c = Kohesi tanah (kN/m²)

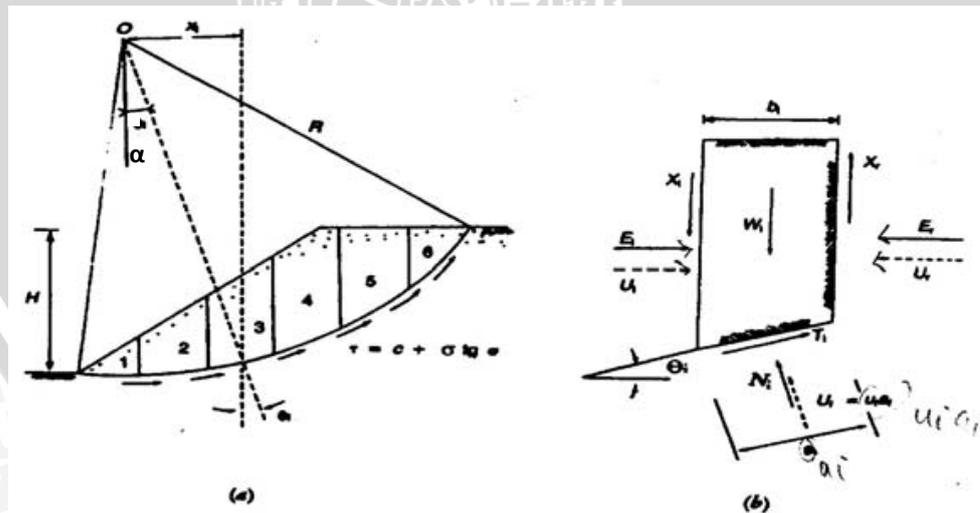
- γ = Berat jenis tanah timbunan (kN/m^3)
 z = Tinggi timbunan hingga geotekstile yang ditinjau (m)
 H = Tinggi timbunan (m)
 δ = Sudut friksi tanah dengan geotekstil
 ϕ = Sudut friksi tanah
 E = Efisiensi geotekstil ke tanah = 0.8 – 1.2

Dalam penggunaan geotekstile perlu diperhitungkan panjang lipatan (L_0) dengan memperhitungkan gaya $\frac{1}{2} \sigma_h$. Perhitungan panjang lipatan diformulasikan sebagai berikut;

$$L_0 = \frac{Sv \sigma_h (Fs)}{4 (c + \gamma z \tan \delta)} = \frac{Sv \sigma_h (Fs)}{4 E (c + \gamma z \tan \phi)} \quad (2.1)$$

2.9 Metode Irisan (*Method of Slice*)

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



Gambar 2.7 Gaya-gaya yang bekerja pada irisan

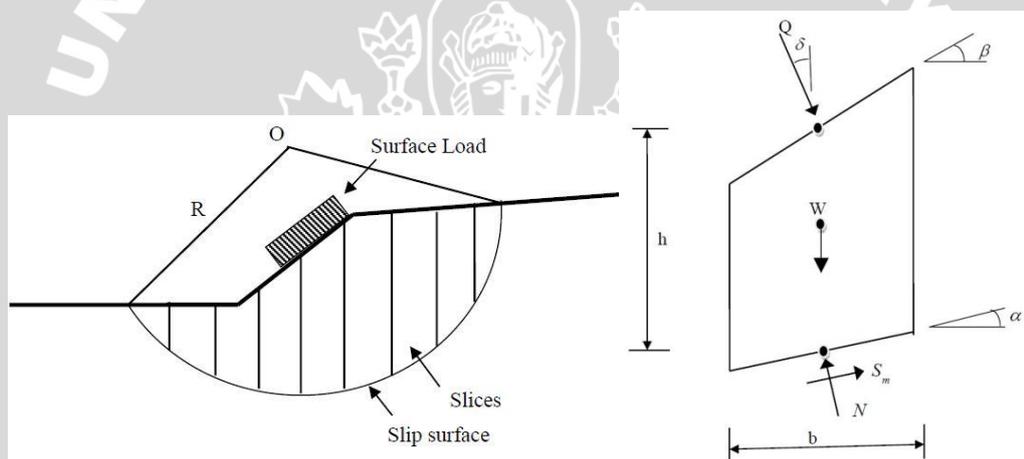
Gambar 2.8 Memperlihatkan satu irisan dengan gaya-gaya yang bekerja, gaya tersebut adalah;

- X_1 dan X_r = gaya geser efektif disepanjang sisi irisan

- E_1 dan E_r = gaya normal efektif disepanjang sisi irisan
 T_i = resultan gaya geser efektif yang bekerja sepanjang dasar irisan
 N_i = resultan gaya normal efektif yang bekerja sepanjang dasar irisan
 U_1, U_r = tekanan air pori yang bekerja dikedua sisi irisan
 U_i = tekanan air pori didasar irisan

2.9.1 Analisa Stabilitas Lereng Sebelum diperkuat Geotekstil (metode bishop)

Metode ini dibuat oleh bishop (1955) yang menggunakan bidang runtuh berbentuk busur lingkaran dan membuat potongan-potongan vertikal diatas bidang runtuh (Herlien, 2011:125). Menurut Herlien (2011:125) perhitungan hanya didasarkan pada keseimbangan momen terhadap titik pusat lingkaran longsor dan keseimbangan gaya vertikal yang bekerja pada potongan.



Gambar 2.9 Metode Bishop (Sumber: Dr. Amit Prashant et al. 2010)

Keterangan gambar :

- α = Sudut kemiringan dasar irisan
 β = Sudut kemiringan permukaan irisan
 δ = Sudut tegak lurus beban permukaan lereng terhadap garis lurus vertikal
 b = Lebar irisan
 h = Tinggi rata-rata dari irisan
 S_m = Kekuatan geser tanah
 Q = Beban luar
 N = Gaya normal
 W = Beban tanah

Maka safety factor yang diberikan untuk gaya-gaya pada irisan metode bishop ialah :

$$FS_b = \frac{\text{Gaya penahan}}{\text{Gaya pendorong}} \quad (2.2)$$

$$FS_b = \frac{\sum [c' \cdot b_i + W_i (1 - ru) \operatorname{tg} \phi'] \left(\frac{1}{\cos \theta_i (1 + \operatorname{tg} \theta_i \operatorname{tg} \phi' / FS_b)} \right)}{\sum [W \sin \alpha]} \quad (2.3)$$

Dimana :

FS_b = Faktor aman lereng bishop

FS_b' = Faktor aman lereng bishop untuk cara coba-coba

c' = Kohesi tanah efektif (kN/m^2)

ϕ' = Sudut gesek dalam tanah efektif (derajat)

b' = Lebar irisan ke-i (m)

W_i = Berat irisan tanah ke-i (kN)

α_i = Sudut yang didefinisikan dalam **Gambar 2.7** (derajat)

u_i = Tekanan air pori pada irisan ke-i (kN/m^2)

2.9.2 Analisa Stabilitas Lereng Setelah diperkuat Geotekstil (metode bishop)

Pada SLOPE/W parameter yang ditentukan getekstil adalah:

- Gesekan permukaan per satuan luas (F / L_2)
- Faktor keamanan ikatan
- Kapasitas ultimate getekstil
- Faktor keamanan getekstil
- Orientasi Beban

Tahanan geotekstil dan bahan terkait adalah properti sangat penting karena hampir semua aplikasi bergantung baik sebagai fungsi primer atau sekunder. Tes ini berguna untuk pengendalian kualitas dan juga dapat digunakan untuk keperluan desain.

Persamaan yang mewakili perkuatan geotekstil adalah:

$$\sum_{l=1}^M T_l Y_l \quad (2.4)$$

Dimana Nilai tahanan cabut (T) dapat ditentukan berdasarkan

$$T = RRF \cdot \sigma_v \cdot L_e \cdot C \quad (2.5)$$

Dimana:

RRF = Faktor tahanan cabut nilai RRF diberikan pada **Tabel 2.2**.

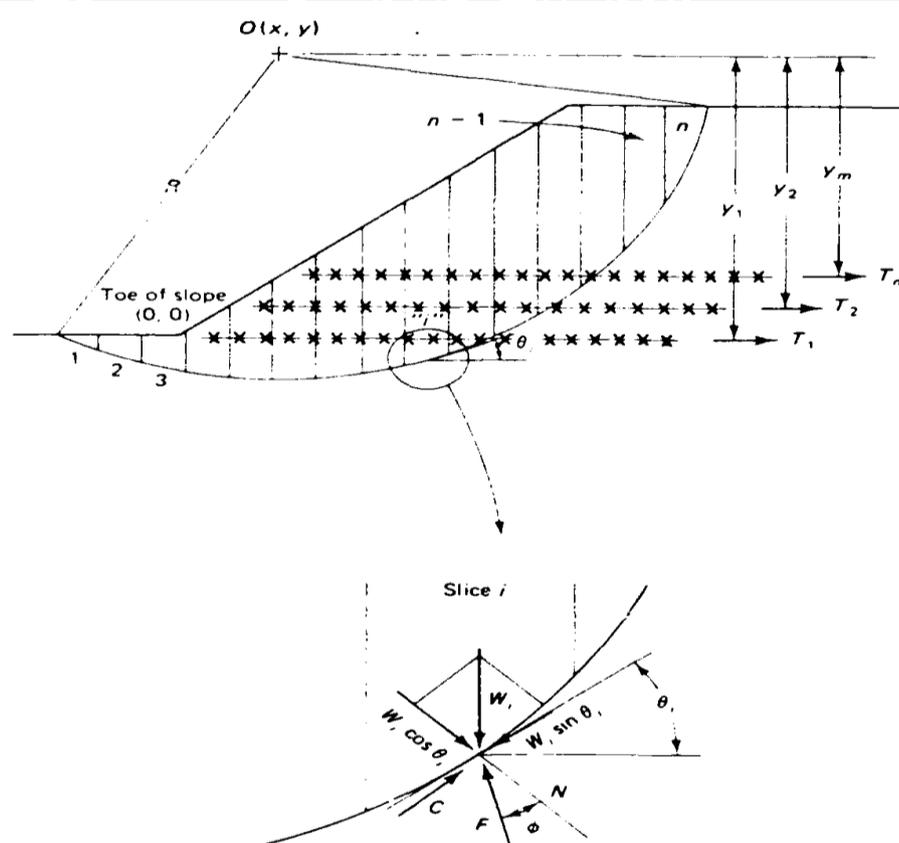
σ_v = Tegangan vertikal efektif pada antarmuka (batas) antara tanah dan geosintetik (kN/m²)

L_e = Panjang tertanam pada zona yang ditahan di belakang bidang keruntuhan (m)

C = Keliling efektif perkuatan, untuk geogrid dan geotekstil nilai $C=2$

Tabel 2.2 Faktor tahanan cabut (Elias dkk, 2001)

Tipe Perkuatan	Nilai RRF
Geogrid	$2/3 \tan \phi$
Geotekstil	$2/3 \tan \phi$



Gambar 2.10 Detail analisa keamanan dengan adanya kekuatan tarik (sumber: Koerner, 1990)

Dalam aplikasinya pada rumus Bhisop adalah sebagai berikut:

$$FS_b = \frac{\sum [c'.b_i + W_i (1-ru)tg \phi'] \left(\frac{1}{\cos \theta_i(1+tg \theta_i tg \phi' / FS_b)} \right) + \sum_{i=1}^M T_i}{\sum [W \sin \alpha]} \quad (2.6)$$

Keterangan:

- FS_b = Faktor aman lereng bishop
- FS_b' = Faktor aman lereng bishop cara coba-coba
- c' = Kohesi tanah efektif (kN/m²)
- ϕ' = Sudut gesek dalam tanah efektif (derajat)
- b' = Lebar irisan ke-i (m)
- W_i = Berat irisan tanah ke-i (kN)
- α_i = Sudut yang didefinisikan dalam (derajat)
- u_i = Tekanan air pori pada irisan ke-i (kN/m²)
- T_i = Tegangan tarik

Faktor Reduksi adalah sebuah mekanisme yang kekuatan ultimate dapat disesuaikan dengan kekuatan yang diijinkan menggunakan nilai sesuai untuk kondisi tertentu kondisi yang disesuaikan dengan menggunakan faktor reduksi. Misalnya, untuk geotekstil dalam aplikasi penguatan, berikut harus digunakan:

$$T_{allow} = T_{ult} \left[\frac{1}{RF_{ID} \times RF_{CR} \times RF_{CD} \times RF_{BD} \times RF_{JNT}} \right] \quad (2.7)$$

Keterangan:

- T_{ult} = tegangan ultimate (kN/m atau lb/ft)
- RF_{ID} = faktor reduksi kerusakan instalasi
- RF_{CR} = faktor reduksi untuk deformasi merayap
- RF_{CD} = faktor reduksi untuk degradasi kimia
- RF_{BD} = faktor reduksi degradasi untuk biologi
- RF_{JNT} = faktor reduksi degradasi sendi (jahitan dan koneksi)

Tabel 2.3 Nilai Geotextiles untuk berbagai Faktor Pengurangan

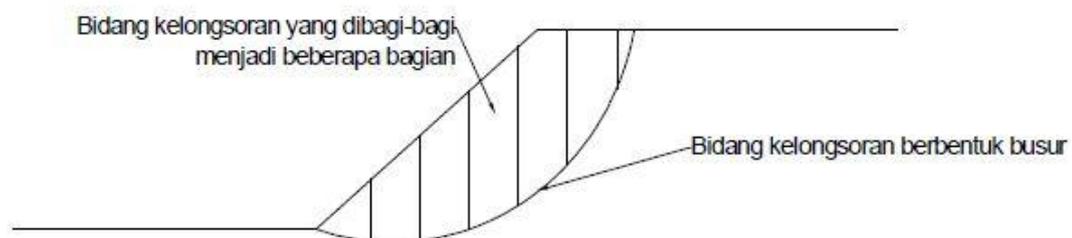
Kegunaan	RF _{ID}	RF _{CR}	RF _{CD}	RF _{BD}	RF _{JNT}
Tanggul	1.4	3.0	1.4	1.1	2.0
Lereng	1.4	3.0	1.4	1.1	2.0
Dinding Penahan	1.4	3.0	1.4	1.1	2.0
Daya dukung	1.5	3.0	1.6	1.1	2.0

(Sumber: GRI Standard Practice GT7. Geosynthetic Institute)

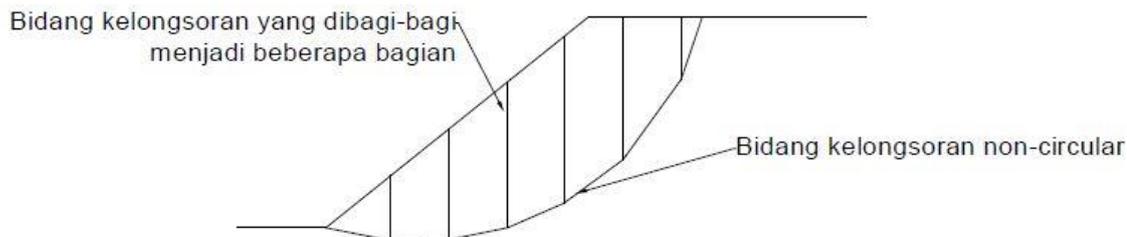
2.10 Geostudio

Geostudio merupakan perangkat lunak di bidang geoteknik yang dikembangkan dari Kanada. Dalam penelitian ini program ini dipakai untuk menganalisa stabilitas lereng. Dalam menganalisa stabilitas lereng pada perangkat lunak tersebut kita menggunakan menu *SLOPE/W*, adapun metode yang digunakan di dalam program ini adalah Metode *Limit Equilibrium*.

Metode *Limit Equilibrium* adalah metode yang menggunakan prinsip kesetimbangan gaya, metode ini juga dikenal dengan metode irisan karena bidang kelongsoran dari lereng tersebut dibagi menjadi beberapa bagian. Dalam Metode *Limit Equilibrium* terdapat dua asumsi bidang kelongsoran yaitu bidang kelongsorannya yang diasumsikan berbentuk *circular* dan bidang kelongsoran yang diasumsikan berbentuk *non-circular*. Pada metode kesetimbangan batas dengan asumsi bidang kelongsoran berbentuk *circular*.

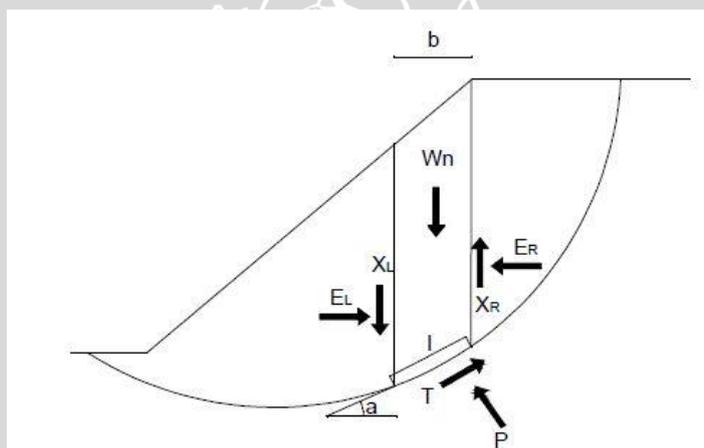


Gambar 2.11 Metode *limit equilibrium circular*



Gambar 2.12 Metode *limit equilibrium non-circular*

Berbagai solusi yang berbeda untuk metode irisan telah dikembangkan selama bertahun-tahun. Pada dasarnya, semua sangat mirip dan sama. Perbedaan antara metode yang tergantung pada persamaan kesetimbangan batas dan asumsi gaya kekuatan interslice disertakan dan hubungan yang diasumsikan antara geser interslice dan kekuatan normal. Gambar 12 menggambarkan massa geser yang bekerja pada irisan dan gaya yang bekerja. Gaya normal dan geser bertindak atas dasar irisan dan di sisi irisan.



Gambar 2.13 Gaya yang bekerja pada bidang irisan

Bishop (1955) memasukan gaya yang bekerja di sekitar bidang irisan diperhitungkan, tetapi hanya melakukan perhitungan dengan kesetimbangan momen. Yang terpenting dari metode ini adalah kenyataan bahwa dengan memasukkan pasukan interslice normal, faktor keamanan menjadi persamaan nonlinier dan sebuah prosedur iteratif diperlukan untuk menghitung faktor keamanan. Metode Janbu yang disederhanakan mirip dengan metode Bishop yang disederhanakan dalam hal itu termasuk gaya interslice normal dan mengabaikan kekuatan geser interslice. Perbedaan antara Bishop yang disederhana dan metode Janbu yang sederhana adalah bahwa metode Janbu yang sederhana memenuhi kesetimbangan gaya hanya terhadap arah horisontal.

Tabel 2.4 Kondisi kesetimbangan yang diperhitungkan oleh berbagai batas metode

Method	Force Equilibrium		Momen
	Vertical Direction	Horizontal Direction	Equilibrium
Ordinary or Fellenius	Yes	No	Yes
Bishop's Simplified	Yes	No	Yes
Janbu's Simplified	Yes	Yes	No
Spencer	Yes	Yes	Yes
Morgenstern-Price	Yes	Yes	Yes**
Corps of Engineers	Yes	Yes	No
Lowe-Karafiath	Yes	Yes	No
Janbu Generalized	Yes	Yes	No
Sarma	Yes	Yes	Yes

** Moment equilibrium on individual slice is used to calculate interslice shear forces

(Sumber: *Stability modeling with SLOPE/W 2007 version*)

2.10.1 Input Data Soil Reinforcement Geotekstil pada SLOPE/W

Data yang dibutuhkan dalam melakukan input perkuatan tanah geotekstil dapat pada software SLOPE/W dapat dilihat pada gambar dibawah. Nilai *Pullout Resistance* (tahanan cabut) dapat langsung ditentukan manual atau dengan input parameter – parameter *Pullout Resistance*. Pada SLOPE/W parameter yang ditentukan getekstil adalah:

The screenshot shows the 'KeyIn Reinforcement Loads' dialog box. It contains a table with the following data:

Reinf.	Type	Outside Pt X	Outside Pt Y	Inside Pt X	Inside Pt Y
1	Fabric	24.65	11	14	11
2	Fabric	23.6	12	13.5	12
3	Fabric	22.6	13	11.5	13
4	Fabric	26.4	10	15.5	10

Below the table, there are input fields for:

- F of S Dependent: Yes
- Load Distribution: Conc. in 1 slice
- Bond Skin Friction (F/Area): 1 kPa
- Fabric Capacity: 400 kN
- Calculate Bond Resistance from: (selected)
- Fabric Safety: 1.4
- Contact Cohesion: 12 kPa
- Load Orientation: 0
- Contact Phi: 15.273 ° (0 - Axial, 1 - Parallel to Slice Base)
- Interface Factor: 1
- Bond Safety Factor: 0.6

Applied Load: 0 - 285.71 kN / F of S Bond Resistance: ---

Gambar 2.14 Form input data pada SLOPE/W (sumber: Manual.SLOPE/W)

Keterangan parameter-parameter:

- *Bond safety factor* atau RRF merupakan faktor tahanan cabut yang paling akurat melalui pengujian tarik cabut terhadap contoh material timbunan akan digunakan. Jika data hasil pengujian tidak tersedia, maka dapat ditentukan seperti pada **Tabel 2.2**
- *Fabric safety* adalah faktor reduksi untuk memperhitungkan kerusakan instalasi geotekstil, *creep*, dan daya tahan tercantum pada **Tabel 2.3**
- *Interface faktor* adalah keliling efektif perkuatan, untuk geogrid dan geotekstil nilai $C=2$
- *Bond skin friction*
Menurut manual book Slope/W pullout resistance didapat dari Bond Resistance $(F/L^2) = (c + \text{overburden stress} \times \tan\phi) \times \text{interface factor}$
- *Fabric capacity* merupakan nilai kuat tarik dari *geotekstile* yang didapat dari uji laboratorium terhadap bahan yang digunakan, uji laboratorium ini berdasarkan ASTM D4595 09 atau RSNI M 05 2005. Dalam penelitian ini digunakan geotekstil woven dengan kuat tarik 400 kN.

Berdasar buku manual Geoslope dikatakan kekuatan geser dari antarmuka tanah dengan geotekstil merupakan parameter penting dari analisis stabilitas lereng di mana busur membentang di sepanjang geotekstil tersebut. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kekuatan geser antarmuka tidak linier terhadap tegangan normal di sebagian besar kasus. Maka hubungannya menjadi kekuatan geser antarmuka dan tegangan normal pada antarmuka umumnya dianggap linear dan didefinisikan oleh persamaan:

$$PR = (S_{IA} + \sigma'_v \tan\delta) SAF \quad (2.8)$$

Keterangan:

- S_{AF} = *surface area factor*/antarmuka geser tanah dengan geosintetik
 S_{IA} = *interface adhesion*/adhesi antarmuka
 PR = *pullout resistance*/tahanan cabut

Faktor tahanan cabut untuk penguatan ini per satuan panjang geotekstil permukaan dihitung dari perlawanan penarikan, faktor reduksi resistensi, dan faktor global aman:

$$FPR = \frac{PR}{RRF(FS)} \quad (2.9)$$

FPR = *factored pullout resistance*/tahanan cabut tereduksi

RRF = *Bond safety factor* /faktor reduksi tahanan cabut

Kekuatan penarikan maksimum tidak boleh melebihi kapasitas tarik yang diperhitungkan:

$$FTC = \frac{TC}{RF(FS)} \quad (2.10)$$

FTC = *factor tensile capacity*/faktor tahanan tarik

TC = *tensile capacity*/tahanan tarik

FS = *safety factor*/angka keamanan

RF = *reduction factor*/faktor reduksi

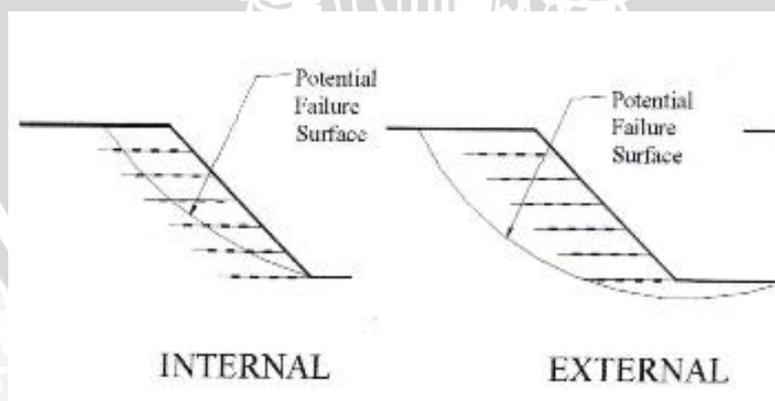
Penarikan maksimum untuk geosynthetic teratas diatur oleh perlawanan penarikan terfaktor dan karena itu dihitung dari panjang tersedia.

$$PF = FPR (l) \quad (2.11)$$

PF = *Pullout force* (gaya ikatan geotekstil)

2.11 Model Kegagalan dari Perkuatan Geotekstil

Dalam analisis perkuatan lereng dengan geotekstil, perlu diketahui bahwa terdapat beberapa model kegagalan yang harus diperhatikan agar perencanaan geotekstil tepat dan efektif. Pada **Gambar 2.15** ditunjukkan berbagai model kegagalan yang terjadi pada sistem perkuatan geotekstil.



Gambar 2.15 Beberapa jenis kegagalan yang terdapat pada sistem geotekstil

2.11.1 Model Kegagalan Eksternal

Model kegagalan eksternal berkaitan dengan kemampuan massa tanah yang telah diperkuat untuk menahan tekanan tanah aktif yang bekerja disekitar lereng dan

tambahan beban luar atau *surcharge*. Salah satu model kegagalan eksternal yang harus diperhitungkan ialah stabilitas lereng, merupakan analisa yang diperlukan dalam menentukan faktor aman dari bidang longsor dari suatu sistem lereng yang telah direncanakan. Ada beberapa metode analisa stabilitas lereng yang dapat digunakan diantara lain; metode Fellinius, Bishop, Janbu dan Morgenstern-Price

2.11.2 Model Kegagalan Internal

Model kegagalan internal berkaitan dengan kegagalan sistem geotekstil dalam mekanisme beban yang dipikul antara tanah dan geotekstil. Ada beberapa macam model kegagalan internal yang dapat terjadi diantaranya ialah:

1. *Pullout Failure*, adalah kegagalan disepanjang permukaan geotekstil terhadap tanah karena ikatan antara geotekstil terhadap tanah kurang berfungsi dengan baik dan juga dikarenakan panjang yang kurang darigeotekstil, oleh sebab itu maka diperlukan mutugeotekstil yang tinggi agar mampu mengikat dengan baik.
2. *Tensile Failure*, adalah jenis kegagalan dikarenakan mutu baja yang kurang baik untuk menahan beban penggerak tanah sehingga baja yang digunakan tidak efektif dan dapat berakibat putus atau patah dalam sistem geotekstil yang direncanakan.

2.12 Rencana Anggaran Biaya

Kegiatan estimasi adalah salah satu proses utama dalam proyek konstruksi. Sebagai dasar untuk membuat sistem pembiayaan dalam sebuah perusahaan, kegiatan estimasi juga digunakan untuk merencanakan jadwal pelaksanaan konstruksi. Estimasi dapat diartikan peramalan kejadian pada masa datang. Dalam proyek konstruksi, khususnya pada tahap pelaksanaan, kontraktor hanya dapat memperkirakan urutan kegiatan, aspek pembiayaan, aspek kualitas dan aspek waktu dan kemudian memberi nilai pada masing-masing kejadian tersebut. (Ervianto 2002:129)

Kegiatan estimasi pada umurnya dilakukan dengan terlebih dahulu mempelajari gambar rencana dan spesifikasi. Berdasarkan gambar rencana, dapat diketahui kebutuhan material yang nantinya akan digunakan, sedangkan berdasarkan spesifikasi dapat diketahui kualitas bangunannya. Penghitungan kebutuhan material dilakukan secara teliti dan konsisten kemudian ditentukan harganya. Dalam melakukan kegiatan estimasi, seorang estimator harus memahami proses konstruksi secara menyeluruh, termasuk jenis dan kebutuhan alat, karena faktor tersebut dapat memengaruhi biaya konstruksi. (Ervianto. 2002:129)