

BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

A. Tinjauan Pustaka

Pradini (2016) dalam penelitiannya “Analisis Angka Aman Stabilitas Lereng Jalan Gunung Tugel-Banyumas dengan Metode Fellenius dan Program Slope/ W” mengungkapkan bahwa Ruas jalan Pegalongan-Gunung Tugel sepanjang 4,9 km dengan lebar 8-10 m, termasuk dalam jalan Provinsi dengan kelas jalan IIIA mengalami kerusakan pada awal bulan Februari 2015. Daerah ruas jalan Gunung Tugel termasuk perbukitan kemiring lereng sedang – curam, dengan kemiringan $15^{\circ} - 35^{\circ}$.

**Tabel 2.1. Data Properties Tanah pada Ruas Jalan Gunung Tugel-
Kabupaten Banyumas:**

No	Kedalaman	Keterangan	γ (kN/m ³)	C (kPa)	ϕ (°)
1	0 -5	Soft Clay	16,9	1	10,96
3	5 - 10	Medium Clay	17,2	50	20
4	>10 m	Bedrock	18	100	30

Sumber: SDABM Kabupaten Banyumas, 2015

Hasil analisis angka aman pada ruas jalan Gunung Tugel – Banyumas pada titik S $07^{\circ} 28. 076$ dan E $109^{\circ} 14. 027'$ (Sta 2 + 850) yaitu $F=1,20$ dengan metode Fellenius dan $F=1,230$ dengan metode Slope /W, titik S $07^{\circ} 28. 389'$ dan E $109^{\circ} 14.091'$ (Sta 2 + 200) nilai $F=1,28$ dengan metode Fellenius dan $F=1,252$ dengan metode slope/W, titik 3 S $07^{\circ} 28. 432'$ dan E $109^{\circ} 14. 093'$ (Sta 2 + 000) nilai $F=1,48$ dengan metode Fellenius dan $F=1,476$ dengan metode Slope /W.

Khoiroh (2014) dalam penelitiannya “Analisis Stabilitas Lereng Jalan Prupuk-Bumiayu Kabupaten Brebes dengan Metode Fellenius Dan Slope/W” mengungkapkan bahwa hasil analisis stabilitas lereng menggunakan metode Fellenius menghasilkan nilai F untuk kondisi sebelum diberi talud $F= 1.51$ dan setelah ada talud $F= 9.46$ dan dengan menggunakan program Slope /W metode Ordinary diperoleh nilai F untuk kondisi lereng sebelum diberi talud $F= 0.212$ dan setelah ada talud $F= 1.40$, kedua metode tersebut mengabaikan pengaruh tekanan air pori.

Handayani (2014) dalam penelitiannya “Pengaruh Muka Air Tanah Terhadap Kestabilan Lereng Menggunakan Geoslope/W 7.12” mengungkapkan bahwa proses analisis kestabilan lereng tersebut menggunakan metode Fellenius, Bishop dan Janbu yang dalam proses analisisnya menggunakan software GEOSLOPE /W. Berdasarkan hasil analisis menggunakan ketiga metode tersebut diperoleh nilai Faktor Keamanan dari lereng 1 dan 4 dengan $FK = 2,523 - 3,705$ sehingga tergolong lereng stabil, lereng 2 dengan $FK = 0,065 - 1,203$ tergolong lereng kritis, dan lereng 3 dengan $FK = 0,625 - 0,710$ tergolong lereng labil.

Hossain (2016) dalam penelitiannya “ Numerical Analysis of the Effects of Soil Nail on Slope Stability”, Mengungkapkan bahwa penggunaan *software* SLOPE /W dalam analisis teknik perbaikan dengan *soil nail* pada stabilitas lereng, dilakukan analisis dengan kemiringan yang berbeda-beda pada permukaan lereng terhadap bidang horisontal. Hasilnya nilai faktor keamanan pada lereng tanpa *nail* sebesar 1,34 nilai faktor keamanan pada lereng dengan kemiringan 20° $FK = 1,558$ lereng 25° $FK = 1,583$ lereng 30° $FK = 1,586$ nilai F_k menurun seiring dengan peningkatan kemiringan lereng yaitu lereng 35° $FK = 1,558$ lereng 40° $FK = 1,531$ dan lereng 45° $FK = 1,499$. Sehingga lereng dengan kemiringan 30° merupakan lereng dengan stabilitas paling baik.

B. Landasan Teori

1. Teori Kelongsoran

Tanah longsor adalah perpindahan material pembentuk lereng berupa batuan, bahan rombakan, tanah, atau material campuran tersebut, bergerak ke bawah atau keluar lereng. Proses terjadinya tanah longsor diawali dengan adanya air yang meresap ke dalam tanah yang akan menambah bobot tanah, jika air tersebut menembus sampai tanah kedap air yang berperan sebagai bidang gelincir, maka tanah tersebut menjadi licin dan tanah pelapukan di atasnya akan bergerak mengikuti lereng dan keluar lereng.

Menurut Arsyad (dalam Ahmad Denil Efendi 1989: 27) Mengemukakan bahwa lapisan yang terdiri dari tanah liat atau mengandung kadar tanah liat tinggi setelah jenuh air akan bertindak sebagai peluncur. Longsoran akan terjadi jika terpenuhi tiga keadaan sebagai berikut :

- a. Adanya lereng yang cukup curam sehingga massa tanah dapat bergerak atau meluncur ke bawah.
- b. Adanya lapisan di bawah permukaan massa tanah yang agak kedap air dan lunak, yang akan menjadi bidang luncur, dan
- c. Adanya cukup air dalam tanah sehingga lapisan massa tanah yang tepat di atas lapisan kedap air tersebut menjadi jenuh.

2. Jenis Longsoran

Jenis longsoran dibagi menjadi 6, yaitu:

a. Longsoran Translasi

Longsoran translasi yaitu Bergeraknya massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk rata atau menggelombang landai.



Gambar 2.1 Longsoran Translasi
Sumber : Efendi, 1989

b. Longsoran Rotasi

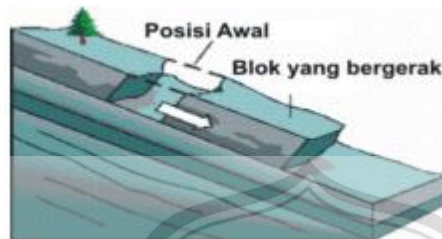
Longsoran rotasi adalah Bergeraknya massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk cekung.



Gambar 2.2 Longsoran Rotasi
Sumber : Efendi, 1989

c. Pergerakan Blok

Pergerakan blok adalah perpindahan batuan yang bergerak pada bidang gelincir berbentuk rata. Longsoran ini disebut juga longsor translasi blok batu.



Gambar 2.3 Pergerakan Blok
Sumber : Efendi, 1989

d. Runtuhan Batu

Runtuhan batu terjadi ketika sejumlah besar batuan atau material lain bergerak ke bawah dengan cara jatuh bebas. Umumnya terjadi pada lereng yang terjal hingga menggantung terutama di daerah pantai. Batu-batu besar yang jatuh dapat menyebabkan kerusakan yang parah.



Gambar 2.4 Runtuhan Batu
Sumber : Effendi, 1989

e. Rayapan Tanah

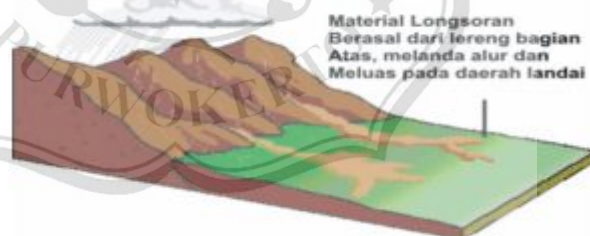
Rayapan Tanah adalah jenis tanah longsor yang bergerak lambat. Jenis tanahnya berupa butiran kasar dan halus. Jenis tanah longsor ini hampir tidak dapat dikenali. Setelah waktu yang cukup lama longsor jenis rayapan ini bisa menyebabkan tiang-tiang telepon, pohon, atau rumah miring ke bawah.



Gambar 2.5 Rayapan Tanah
Sumber : Efendi, 1989

f. Aliran Bahan Rombakan

Jenis tanah longsor ini terjadi ketika massa tanah bergerak didorong oleh air. Kecepatan aliran tergantung pada kemiringan lereng, volume dan tekanan air, dan jenis materialnya. Gerakannya terjadi di sepanjang lembah dan mampu mencapai ratusan meter jauhnya. Di beberapa tempat bisa sampai ribuan meter seperti di daerah aliran sungai disekitar gunungapi. Aliran tanah ini dapat menelan korban cukup banyak



Gambar 2.6 Alihan Bahan Rombakan
Sumber : Efendi, 1989

Penyebab terjadinya tanah longsor dapat bersifat statis dan dinamis. Statis merupakan kondisi alam seperti sifat batuan (geologi) dan lereng dengan kemiringan sedang hingga terjal, sedangkan dinamis adalah ulah manusia. Ulah manusia banyak sekali jenisnya dari perubahan tata guna lahan hingga pembentukan gawir yang terjal tanpa memperhatikan stabilitas lereng.

Stabilitas lereng (*slope stability*) sangat dipengaruhi oleh kekuatan geser tanah untuk menentukan kemampuan tanah menahan tekanan tanpa mengalami keruntuhan/ longsoran.

Tujuan analisis stabilitas lereng adalah untuk mengetahui nilai stabilitas lereng dari bidang longsor yang potensial . Dalam Laporan skripsi ini, dasar-dasar teori dipakai untuk menyelesaikan masalah tentang analisis stabilitas lereng pada ruas Jalan Banjarparakan-Menganti menggunakan dasar teori metode Fellenius dan aplikasi Geostudio.

3. Kemiringan Lereng

Kemiringan lereng adalah ukuran kemiringan lahan relatif terhadap bidang datar yang secara umum dinyatakan dalam persen atau derajat.

Tabel 2.2 Klasifikasi Kemiringan Lereng Berdasarkan USSSM dan USLE

Kemiringan lereng (°)	Kemiringan lereng (%)	Keterangan	Klasifikasi USSSM* (%)	Klasifikasi USLE* (%)
< 1	0 - 2	Datar – hampir datar	0 - 2	1 - 2
1 - 3	3 - 7	Sangat landai	2 - 6	2 - 7
3 - 6	8 - 13	Landai	6 - 13	7 - 12
6 - 9	14 - 20	Agak curam	13 - 25	12 - 18
9 - 25	21 - 55	Curam	25 - 55	18 - 24
25 - 26	56 - 140	Sangat curam	> 55	> 24
> 65	> 140	Terjal		

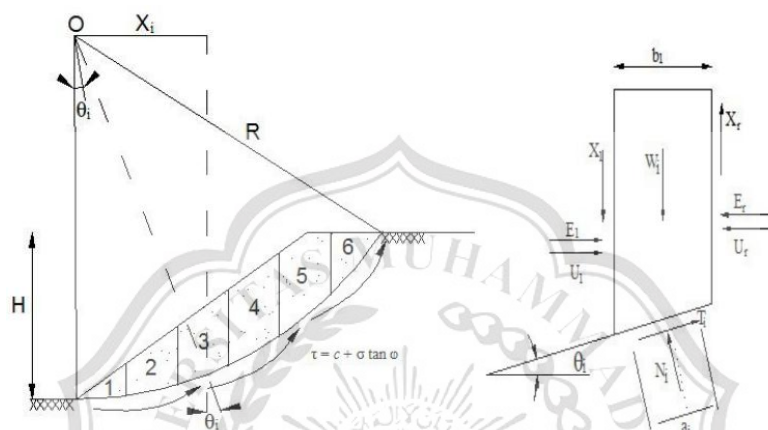
Sumber: Zuidam; 1985

4. Metode Irisan (*Method of Slice*)

Metode irisan merupakan cara-cara analisa stabilitas yang telah dibahas sebelumnya hanya dapat digunakan bila tanah homogen. Bila tanah tidak homogen dan aliran rembesan terjadi didalam tanahnya memberikan bentuk aliran dan berat volume tanah yang tidak menentu, cara yang lebih cocok adalah dengan metode irisan (*method of slice*).

Gaya normal yang bekerja pada suatu titik dilingkaran bidang longsor, terutama dipengaruhi oleh berat tanah di atas titik tersebut. Dalam metode irisan ini, massa tanah yang longsor dipecah-pecah menjadi

beberapa irisan (pias) vertikal. Kemudian, keseimbangan dari tiap-tiap irisan diperhatikan. Gaya-gaya ini terdiri dari gaya geser (X_r dan X_l) dan gaya normal efektif (E_r dan E_l) disepanjang sisi irisannya, dan juga resultan gaya geser efektif (Tl) dan resultan gaya normal efektif (Nl) yang bekerja disepanjang dasar irisannya. Pada irisannya, tekanan air pori (U_l) dan (U_r) bekerja pada dasarnya.



Gambar 2.7 Gaya gaya yang bekerja pada irisan bidang longsor
Sumber: Hary Christady Hardiyatmo; 2002; 363

5. Metode Fellenius

Metode Fellenius (Ordinary Method of Slice) diperkenalkan pertama oleh Fellenius (1927, 1936) menganggap gaya-gaya yang bekerja pada sisi kanan-kiri dari sembarang irisan mempunyai resultan nol pada arah tegak lurus bidang longsor.

Fellenius mengemukakan metodenya dengan menyatakan asumsi bahwa keruntuhan terjadi melalui rotasi dari suatu blok tanah pada permukaan longsor berbentuk lingkaran (sirkuler) dengan titik O sebagai titik pusat rotasi. Metode ini juga menganggap bahwa gaya normal P bekerja ditengah-tengah slice. diasumsikan juga bahwa resultan gaya-gaya antar irisan pada tiap irisan adalah sama dengan nol, atau dengan kata lain bahwa resultan gaya-gaya antar irisan diabaikan.

Jadi total asumsi yang dibuat oleh metode ini adalah:

- Posisi gaya normal P terletak di tengah alas irisan: n
- Resultan gaya antar irisan sama dengan nol: n - 1

Total : $2n - 1$

Dengan anggapan-anggapan ini maka dapat diuji persamaan keseimbangan momen untuk seluruh irisan terhadap titik pusat rotasi dan diperoleh suatu nilai Faktor Keamanan. Dengan anggapan ini, keseimbangan arah vertikal dan gaya-gaya yang bekerja adalah :

Pada lereng yang tidak dipengaruhi oleh muka air tanah nilai F (dengan metoda sayatan, Fellenius) adalah sbb :

$$F = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} ca_i + N_i \operatorname{tg} \varphi}{\sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin \theta} \dots\dots\dots(2.1)$$

Bila terdapat air pada lereng, akibat pengaruh tekanan air pori persamaan menjadi :

$$F = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} ca_i + (W_i \cos \theta_i - \mu_i a_i) \operatorname{tg} \varphi}{\sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin \theta_i} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

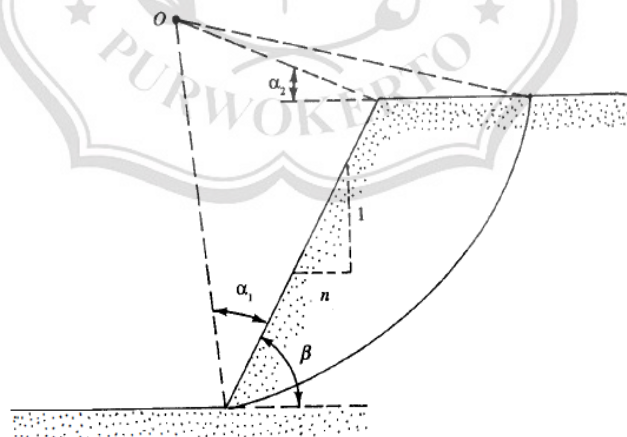
- F = faktor aman
- n = Jumlah irisan
- c = kohesi (kN/m²)
- φ = sudut gesek dalam tanah (°)
- (θ) ai = panjang lengkung lingkaran pada irisan ke-i (m)
- Wi = berat irisan tanah ke-i (kN)
- μi = tekanan air pori ke-i (kN)
- θi = sudut antara jari-jari lengkung dengan garis kerja massa tanah

Jika terdapat gaya-gaya selain berat tanahnya sendiri, seperti beban bangunan diatas lereng, maka momen akibat beban ini diperhitungkan sebagai M_d .

Metode Fellenius menghasilkan faktor aman yang lebih rendah dari cara hitungan yang lebih teliti. Batas-batas nilai kesalahan dapat mencapai kira-kira 5 sampai 40% tergantung dari faktor aman, sudut pusat lingkaran yang dipilih, dan besarnya tekanan air pori. Walaupun analisis ditinjau dalam tinjauan tegangan total, kesalahan masih merupakan fungsi dari faktor aman dan sudut pusat lingkaran (Whiteman dan Baily, 1967 dalam Hardiyatmo, 2002). Cara ini telah banyak digunakan, karena cara hitungan sederhana dan kesalahan yang terjadi pada sisi yang aman.

6. Menentukan Titik Pusat Bidang Longsor

Untuk menentukan letak titik pusat lingkaran (O), metode Fellenius membedakan antara kemiringan lereng (β) $> 53^\circ$ dan kemiringan lereng (β) $< 53^\circ$. Letak titik pusat lingkaran (O) dengan (β) $< 53^\circ$ ditentukan seperti gambar dibawah ini :



Gambar 2.8. Lokasi dari titik pusat lingkaran ujung dasar lereng (toe circle) untuk ($\beta < 53^\circ$)

Sumber : Braja M. Das; 1985; 182

Untuk mengetahui nilai a maka ditentukan sesuai nilai dari n dan β , dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 2.3. Letak Titik Pusat Lingkaran (θ) dengan ($\beta < 53^\circ$)

n	B (derajat)	α_1 (derajat)	α_2 (derajat)
1.0	45	28	37
1.5	33.68	26	35
2.0	26.57	25	35
3.0	18.43	25	35
5.0	11.32	25	37

Sumber : Braja M. Das; 1985; 180

7. Metode Aplikasi Geostudio

Geostudio merupakan perangkat lunak dalam bidang desain geoteknik yang berasal dari Kanada. Fasilitas geostudio yang dapat digunakan untuk analisis stabilitas lereng adalah pada menu Slope /W. Suatu perencanaan khusus di bidang teknik sipil menggunakan alat bantu Slope /W untuk mendapatkan hasil perhitungan secara mudah dan cepat.

Menggunakan aplikasi geostudio Slope /W memiliki banyak keuntungan antara lain yaitu : menghemat waktu dan tenaga, sehingga perhitungan akan lebih cepat dan mudah dibandingkan dengan menghitung manual. Dalam penelitian tugas akhir ini program Slope/ W digunakan untuk membantu menghitung stabilitas lereng dengan mengetahui bidang longsor yang aman, sesuai dengan data tanah yang akan direncanakan.

Program Slope /W membutuhkan data nilai kohesi (c), nilai sudut gesek dalam tanah (ϕ), berat unit tanah (γ), tinggi lereng (H).

Didalam aplikasi Geostudio Slope /W untuk metode Fellinius disebut juga dengan metode Ordinary.

$$F = \frac{\sum [c \cdot \beta + N \cdot \tan \phi]}{\sum W \cdot \sin \alpha} = \frac{\sum S_{resistance}}{\sum S_{mobilized}} \dots \dots \dots (2.3)$$

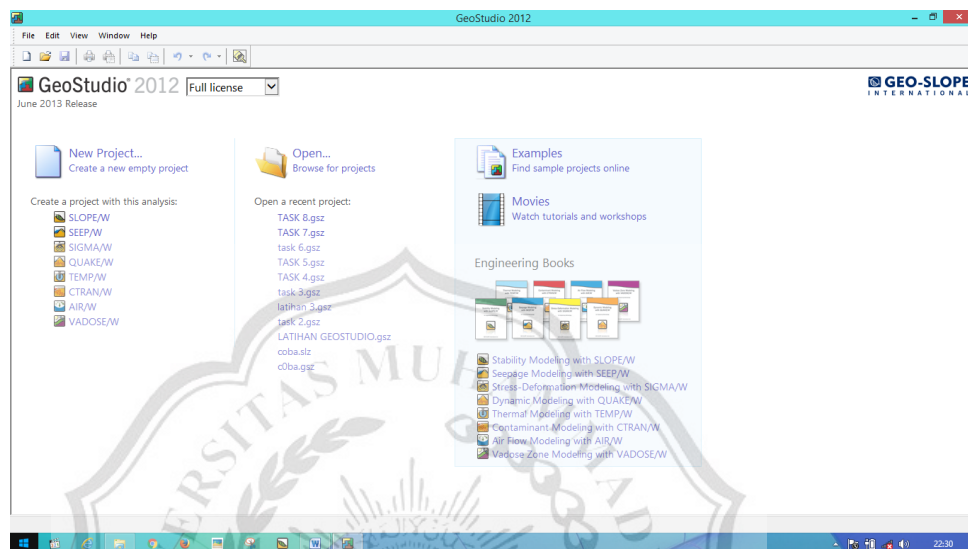
Dimana :

- c = Kohesi (kg/cm^2)
- β = Kemiringan lereng ($^\circ$)
- N = Jumlah irisan ($W \cos \alpha$)

ϕ = Sudut gesek dalam tanah ($^{\circ}$)

W_i = Berat irisan (kN)

α = Sudut irisan ($^{\circ}$)



Gambar 2.9 Tampilan Kerja Geostudio.

8. Stabilitas Lereng (*Slope Stability*)

Lereng (*slope*) merupakan suatu permukaan tanah yang miring yang membentuk sudut tertentu terhadap bidang horisontal. Lereng dapat terjadi secara alamiah atau dibuat oleh manusia untuk tujuan tertentu. Lereng alamiah adalah lereng yang terjadi dan terbentuk secara alamiah contohnya pada suatu bukit atau tebing-tebing sungai. Sedangkan lereng buatan adalah lereng yang sengaja dibuat oleh manusia untuk memenuhi kebutuhan tertentu, pembuatan lereng ini dapat menggunakan tanah asli melalui pemotongan tanah seperti untuk jalan raya, saluran air, ataupun lereng yang dibuat dari tanah yang dipadatkan seperti tanggul, bendungan tanah (Ruskandi, 2003).

Lereng merupakan suatu tempat yang memiliki dua permukaan tanah yang memiliki ketinggian yang berbeda dan dihubungkan oleh suatu permukaan (Vidayanti, 2012), Adanya perbedaan ketinggian muka tanah akan memungkinkan terjadinya kelongsoran.

Dalam perhitungan stabilitas, lengkungan dianggap sebagai lingkaran spiral logaritmis, Bidang ini disebut bidang gelincir. Stabilitas lereng (Slope Stability) sangat dipengaruhi oleh kekuatan geser tanah untuk menentukan kemampuan tanah menahan tekanan tanah yang mengalami keruntuhan.

Dalam prakteknya, analisa stabilitas lereng didasarkan pada konsep keseimbangan batas plastis (limit plastic equilibrium). Menurut Terzaghi (1950) penyebab kelongsoran lereng dibagi menjadi 2 :

- a. Akibat pengaruh dalam, yaitu longsoran yang terjadi dengan tanpa adanya perubahan kondisi luar atau gempa bumi.
- b. Akibat pengaruh luar, yaitu pengaruh yang menyebabkan bertambahnya gaya geser tanpa adanya perubahan kuat geser tanah.

Adapun maksud analisa stabilitas lereng adalah untuk mengetahui nilai faktor aman dari bidang longsor yang potensial. Faktor – faktor yang mempengaruhi hasil hitungan stabilitas lereng yaitu :

- a. Kondisi tanah yang berlapis
- b. Kuat geser tanah yang isotropis
- c. Aliran rembesan air dalam tanah

9. Angka Keamanan (*Safety Factor*)

Lereng dapat dianalisis melalui perhitungan *Faktor Keamanan Lereng* dengan melibatkan data sifat fisik tanah, mekanika tanah (*geoteknis tanah*) dan bentuk geometri lereng (Pangular, 1985). Tujuan utama dari analisis stabilitas lereng adalah menentukan Angka Keamanan (*safety factor*), menurut Braja M. Das Jilid 2 faktor keamanan didefinisikan sebagai :

$$F_s = \frac{\tau_f}{\tau_d}$$

.....(2.4)

Dengan :

F_s = angka keamanan terhadap kekuatan tanah

τ_f = Kekuatan geser rata-rata dari tanah

τ_d = Tegangan geser rata-rata yang bekerja sepanjang bidang longsor
 Kekuatan geser tanah terdiri dari dua komponen, yaitu kohesi dan geseran, dan dapat kita tuliskan sebagai berikut :

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

Dengan :

- c = kohesi
- ϕ = sudut geser tanah
- σ = tegangan normal rata-rata pada permukaan bidang longsor

Dengan cara yang sama, kita juga dapat menuliskan

$$\tau_d = c_d + \sigma_d \tan \phi_d \dots\dots\dots(2.6)$$

Dengan c_d adalah kohesi dan ϕ_d sudut geser yang bekerja sepanjang bidang longsor. Dengan memasukan (2.5) dan (2.6) ke dalam (2.4) kita dapatkan :

$$F_s = \frac{c + \sigma \tan \phi}{c_d + \sigma_d \tan \phi_d} \dots\dots\dots(2.7)$$

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dan studi tentang keruntuhan lereng, maka dibagi 3 kelompok rentang Faktor Keamanan (F) ditinjau dari intensitas kelongsorannya (Bowles, 1989).

Tabel 2.4. Hubungan nilai faktor keamanan lereng dan intensitas longsor

Nilai Faktor Keamanan	Intensitas Longsor
F < 1,07	Longsor sering terjadi (lereng labil)
F = 1,07 sampai 1,25	Longsor pernah terjadi (lereng kritis)

$F > 1,25$	Lereng jarang terjadi (lereng relatif stabil)
------------	---

Sumber : Bowles; 1996

Biasanya, 1,5 untuk angka keamanan terhadap kekuatan geser yang dapat diterima untuk merencanakan suatu stabilitas lereng.

Resiko tinggi jika ada konsekuensi terhadap manusia cukup besar (ada pemukiman), dan atau bangunan sangat mahal, dan atau sangat penting. Resiko menengah bila ada konsekuensi terhadap manusia tetapi sedikit (bukan pemukiman), dan atau bangunan tidak begitu mahal dan atau tidak begitu penting. Resiko rendah bila tidak ada konsekuensi terhadap manusia dan terhadap bangunan (sangat murah).

10. Analisis Stabilitas Lereng

Analisis stabilitas lereng digunakan untuk menentukan faktor aman atau angka keamanan (*safety factor*) dari bidang longsor yang potensial (Hardiyatmo, 2002).

Analisis stabilitas lereng didasarkan pada konsep keseimbangan plastis batas (*limit plastic equilibrium*). Dalam analisis stabilitas lereng, dibuat beberapa anggapan diantaranya:

1. Kelongsoran terjadi di sepanjang permukaan bidang longsor tertentu dan dapat dianggap sebagai masalah bidang dua dimensi.
2. Massa tanah yang longsor dianggap sebagai benda masif.
3. Tahanan geser dari massa tanah pada setiap titik sepanjang bidang longsor tidak tergantung dari orientasi permukaan longsor, atau dengan kata lain kuat geser tanah dianggap isotropis.
4. Faktor aman didefinisikan dengan memperhatikan tegangan geser rata-rata sepanjang bidang longsor potensial, dan kuat geser tanah rata-rata sepanjang permukaan longsor. Sehingga, kuat geser tanah mungkin terlampaui di titik-titik tertentu pada bidang longsornya, padahal faktor aman hasil hitungan lebih besar 1.

Secara umum, analisis stabilitas lereng dibagi menjadi dua kelompok besar yaitu:

a. Prosedur Massa (*Mass Procedure*)

Pada cara analisis ini massa tanah yang berada di atas bidang gelincir diambil sebagai satu kesatuan. Prosedur ini berguna bila tanah yang membentuk lereng dianggap homogen (Das, 2002).

b. Metode Irisan (*Method of Slice*)

Metode irisan merupakan metode yang tepat untuk analisis stabilitas lereng dan aliran rembesan terjadi di dalam tanah tidak menentu (Hardiyatmo, 2002).

Pada cara analisis ini tanah yang ada di atas bidang gelincir dibagi menjadi beberapa irisan-irisan paralel tegak. Stabilitas dari tiap-tiap irisan dihitung secara terpisah (Das, 2002). Kemudian keseimbangan dari tiap-tiap irisan diperhatikan (Hardiyatmo, 2002).

Dalam mengantisipasi lereng longsor, sebaiknya nilai F yang diambil adalah nilai F yang terkecil, dengan demikian antisipasi akan diupayakan maksimal. Data yang diperlukan dalam suatu perhitungan sederhana untuk mencari nilai F (faktor keamanan lereng) adalah sebagai berikut :

- a. Data lereng (terutama diperlukan untuk membuat penampang lereng) meliputi: sudut lereng, tinggi lereng, atau panjang lereng dari kaki lereng ke puncak lereng.
- b. Data mekanika tanah
 - a) sudut geser dalam (ϕ ; derajat)
 - b) bobot satuan isi tanah basah (γ_{wet} ; g/cm^3 atau kN/m^3 atau ton/m^3)
 - c) kohesi (c ; kg/cm^2 atau kN/m^2 atau ton/m^2)
 - d) kadar air tanah (ω ; %)

Data mekanika tanah yang diambil sebaiknya dari sampel tanah tak terganggu, Kadar air tanah (ω) diperlukan terutama dalam perhitungan yang menggunakan komputer (terutama bila memerlukan data γ_{dry} atau bobot satuan isi tanah kering, yaitu :

$$\gamma_{dry} = \gamma_{wet} / (1 + \omega). \dots\dots\dots(2.8)$$

11. Parameter Tanah

a. Indeks Plastisitas (Plasticity Index)

Indeks plastisitas (*PI*) adalah selisih batas cair dan batas plastis.

$$PI = LL - PL \dots\dots\dots(2.9)$$

Indeks plastisitas (*PI*) merupakan interval kadar air dimana tanah masih bersifat plastis. Karena itu, indeks plastisitas menunjukkan sifat keplastisan tanah. Jika tanah mempunyai *PI* tinggi, maka tanah mengandung banyak butiran lempung. Jika *PI* rendah, seperti lanau, sedikit pengurangan kadar air berakibat tanah menjadi kering. Batasan mengenai Indeks plastisitas, sifat, macam tanah, dan kohesi diberikan oleh Atterberg.

Tabel 2.5. Nilai indeks plastisitas dan macam tanah

PI	Sifat	Macam Tanah	Kohesi
0	Non Plastis	Pasir	Non kohesif
< 7	Plastisitas rendah	Lanau	Kohesif sebagian
7-17	Plastisitas sedang	Lempung Berlanau	Kohesif
> 17	Plastisitas tinggi	Lempung	kohesif

Sumber : Hary Christady Hardiyatmo; 2002; 48

b. Sudut Geser Dalam (ϕ)

Kekuatan geser dalam mempunyai variabel kohesi dan sudut geser dalam. Sudut geser bersama dengan kohesi menentukan ketahanan tanah akibat tegangan yang bekerja berupa tekanan lateral tanah. Nilai ini juga didapatkan dari pengukuran engineering properties tanah dengan Direct Shear Test. Hubungan antara sudut geser dalam dan jenis tanah ditunjukkan pada :

Tabel 2.6. Hubungan Antara Sudut Geser Dalam dengan Jenis Tanah

Jenis Tanah	Sudut Geser Dalam (ϕ)
Kerikil kepasiran	35° - 40°
Kerikil kerakal	35° - 40°
Pasir padat	35° - 40°
Pasir lepas	30°
Lempung kelanauan	25° - 30°
Lempung	20° - 25°

Sumber : Braja M. Das; 1995

c. Kohesi (c)

Kohesi merupakan gaya tarik menarik antar partikel tanah. Bersama dengan sudut geser dalam, kohesi merupakan parameter kuat geser tanah yang menentukan ketahanan tanah terhadap deformasi akibat tegangan yang bekerja pada tanah dalam hal ini berupa gerakan lateral tanah. Deformasi ini terjadi akibat kombinasi keadaan kritis pada tegangan normal dan tegangan geser yang tidak sesuai dengan faktor aman dari yang direncanakan. Nilai ini didapat dari pengujian Direct Shear Test. Nilai kohesi secara empiris dapat ditentukan dari data sondir (qc) yaitu sebagai berikut :

$$\text{Kohesi (c)} = qc / 20 \dots\dots\dots (2.10)$$

d. Hubungan Jenis Tanah dengan Properti Tanah

Tabel 2.7. Harga-harga ϕ Berdasarkan Krey

Jenis-jenis Tanah	Kadar Pori (%)	Kadar Air (%)	Berat Isi (t/m ³)	Kohesi (t/m ²)	ϕ
1. Baik meloloskan air					
a. Pasir					
Kering	47,6-36,0	-	1,42-1,71	-	31°
Terlepas:					
Lengas	47,6-36,0	11,0-9,0	1,58-1,87	-	-
Basah	47,6-36,0	25,2-17,5	1,89-2,07	-	31°
Padat:					
Kering	32,0-29,0	-	1,83-1,90	-	32,5°
Lengas	32,0-29,0	8,0-6,0	1,99-2,02	-	-
Basah	32,0-29,0	15,0-13,0	2,15-2,19	-	32,5°
Sangat padat:					
Kering	28,0-24,5	-	1,94-2,04	-	33,5°
Lengas	28,0-24,5	6,0	2,06-2,16	-	-
Basah	28,0-24,5	12,5-10,7	2,22-2,28	-	33,5°
b. Kerikil					
Kering	30,0-24,0	-	1,80-1,90	-	30°
Terlepas:					
Lengas	30,0-24,0	3,0	1,85-1,95	-	-
Basah	30,0-24,0	14,0-10,5	2,19-2,29	-	30°
Sangat padat:					
Kering	18,0	-	2,18	-	33,5°
Lengas	18,0	3,0	2,25	-	-
Basah	18,0	7,5	2,39	-	33,5°
2. Kurang meloloskan air					
a. Tanah napal berpasir	36,0-24,0	17,5-10,0	2,07-2,26	0,1-0,3	22-26°
b. Tanah napal gemuk dan tanah lempung yang agak berpasir	50,0-30,0	27,0-14,0	1,83-2,17	0,3-0,6	16,5-22°
c. Tanah Lempung gemuk	69,0-38,0	45,0-19,0	1,53-2,03	0,6-1,2	11,5-16,5°

d. Tanah sampah	-	-	1,10-1,40	0,0-0,5	22-26°
-----------------	---	---	-----------	---------	--------

Sumber : Soerdarmo; 1997

