

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Tinjauan Teori Stabilitas Lereng

Pentingnya kestabilan lereng dalam suatu kegiatan penambangan terbuka akan sangat mempengaruhi kegiatan produksinya. Permasalahan kestabilan lereng ini sering ditemukan pada lereng tambang aktif, tempat penimbunan *disposal*, penimbunan batubara, atau lereng disekitar tambang yang lainnya. Jika lereng terbentuk sebagai akibat dari proses penambangan (*pit slope*) dan yang merupakan sarana penunjang operasi penambangan itu tidak stabil, kegiatan produksi terganggu dan mengakibatkan ketidaksinambungan produksi. Oleh karena itu analisis pemantapan lereng, baik pada tahap perancangan maupun tahapan penambangan dan pasca tambang merupakan suatu bagian yang penting dan harus dilakukan untuk mencegah terjadinya gangguan-gangguan terhadap kelancaran produksi serta bencana fatal yang akan berakibat pada keselamatan pekerja dan peralatan (Harries dkk, 2009).

Lereng dapat dibedakan menjadi dua jenis apabila dibedakan berdasarkan material penyusunnya, yaitu lereng tanah dan lereng batuan. Namun apabila dilihat pada tambang lereng penyusunnya merupakan lereng campuran material batuan dan material tanah. Dalam menganalisis kestabilan lereng tersebut tidak bisa disamakan karena parameter dan penyebab longsor pada kedua jenis material tersebut sangatlah berbeda (Romana, 2003). Pada umumnya tanah dan batuan apabila berada di alam mempunyai keadaan yang seimbang karena gaya yang bekerja baik itu gaya dari dalam atau gaya dari luar. Namun gangguan dari luar sangat banyak seperti penggalian, penimbunan, erosi atau aktivitas lain dapat mengganggu

keseimbangan tanah atau batuan tersebut sehingga tanah atau batuan berusaha untuk mencari keseimbangan yang baru. Proses ini dapat dalam bentuk longsoran karena longsoran ini dapat mengurangi atau menghilangkan sebagian beban padanya untuk mendapatkan keseimbangan kembali.

3.1.1 Faktor Keamanan

Faktor keamanan adalah sebuah angka yang dihasilkan dari perbandingan antara kuat geser batuan yang berperan sebagai gaya penahan untuk tidak terjadi longsor dengan tegangan geser yang berperan sebagai gaya pemberat yang bekerja pada bidang longsor. Apabila nilai kuat geser batuan lebih besar daripada nilai tegangan geser maka nilai faktor keamanan atau $FK > 1,0$ dan itu dinyatakan stabil begitu juga sebaliknya, apabila nilai kuat geser batuan lebih kecil daripada tegangan geser maka nilai faktor keamanan atau $FK < 1,0$ dan dinyatakan dengan longsor.

Oleh karena itu harus ada batasan minimum nilai faktor keamanan yang ditambahkan nilai lebih sebagai batas terendah yang masih aman agar lereng dapat dinyatakan stabil atau tidak. Pada penelitian ini faktor keamanan memakai prosedur dari Joseph E. Bowles (2000) sebagai batas minimum dari nilai kestabilan lereng dengan ketentuan sebagai berikut :

- $FK \geq 1,25$: Lereng dalam kondisi aman.
- $FK < 1,07$: Lereng dalam kondisi tidak aman.
- $FK \ 1,07 - 1,25$: Lereng dalam kondisi kritis.

3.2 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kestabilan Lereng

Menurut Gde Suratha pada tahun 1994, terdapat 5 faktor utama yang berpengaruh pada stabilitas lereng atau kelongsoran diantaranya yaitu :

1. Geometri lereng, yaitu tinggi dan kemiringan lereng.
2. Sifat fisik-mekanik, kekuatan (terutama kuat geser) dan bobot isi massa batuan pembentuk lereng.
3. Orientasi umum struktur diskontinuitas massa batuan lereng terhadap orientasi muka lereng bukaan tambang.
4. Adanya air tanah di dalam massa batuan lereng.
5. Faktor luar sistem lereng, berupa beban luar dan atau getaran (gempa bumi dan akibat peledakan tambang).

3.2.1 Geometri Lereng

Geometri lereng adalah tinggi lereng dan kemiringan lereng, yang dapat dipandang sebagai lereng tunggal (*single bench*), lereng ganda (*double benches*), *triple benches*, *inter-ramp slope* atau *overall slope*. Untuk suatu jenis material, makin tinggi dan makin curam sudut lereng, makin rendah stabilitas lereng tersebut. Demikian juga sebaliknya.

3.2.2 Bobot Isi dan Kekuatan Massa Batuan

Bobot isi (*unit weight*) adalah densitas x gravitasi bumi, menentukan gaya berat yang mendorong lereng untuk longsor. Sedangkan, dalam konteks *slope stability*, kekuatan massa batuan yang paling berperan adalah kuat geser, yang mempunyai parameter kohesi, tegangan normal, tekanan air, dan sudut geser dalam

$$S = c + (\sigma - u) \tan \phi \dots\dots\dots(3.1)$$

Untuk material tanah atau batuan lunak, parameter kuat geser dapat diperoleh dari uji kuat geser langsung dan uji triaksial di laboratorium, atau uji lapangan. Perlu diperhatikan penggunaannya dikaitkan dengan perkiraan model bentuk sirkular bidang longsor. Pada bagian bidang longsor yang mendekati mendatar maka lebih tepat menggunakan parameter kuat geser hasil uji geser langsung, sedangkan pada bagian bidang longsor yang agak tegak mendekati vertikal, parameter hasil triaksial

test yang lebih tepat. Analisis stabilitas lereng untuk batuan yang keras dan terkekarkan, parameter kuat geser yang diperhitungkan adalah kuat geser pada bidang diskontinuitas. Parameter kuat gesernya diperoleh dari uji “*direct shear test*” melalui bidang pecah atau diskontinuitasnya, menggunakan *shear box test*.

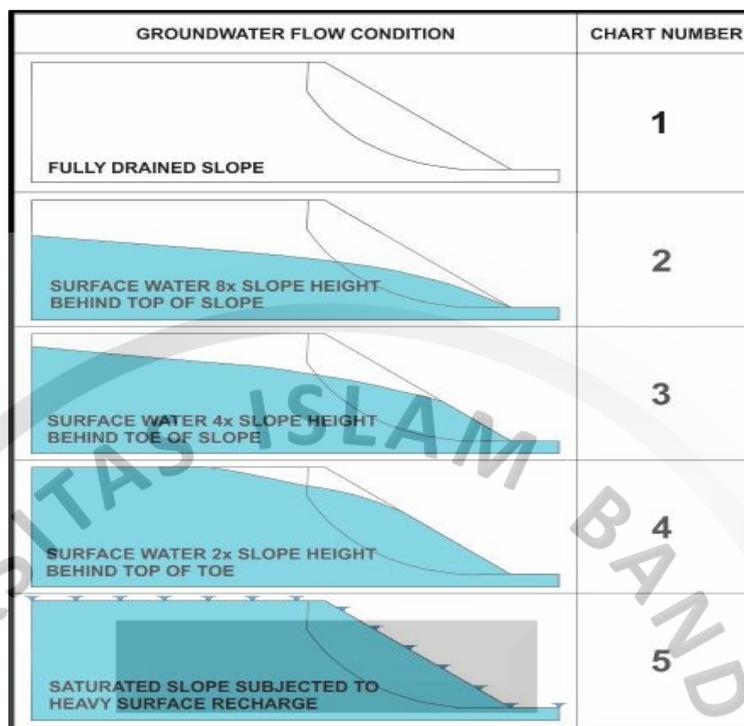
3.2.3 Orientasi Bidang Diskontinuitas Batuan

Yang dimaksud dengan orientasi bidang diskontinuitas adalah arah umum dan kemiringan (*dip*) bidang-bidang struktur dibandingkan dengan arah dan kemiringan lereng bukaan tambang. Sebagai ilustrasi, bila bidang diskontinuitas searah atau mendekati arah lereng, dan *dip* nya lebih landai daripada *dip* lereng, maka dikatakan bahwa, secara langsung bidang diskontinuitas berpengaruh terhadap stabilitas lereng. Dalam kenyataannya, yang sering dijumpai adanya 2 atau 3 set bidang diskontinuitas yang saling berpotongan membentuk potensi longsoran baji (*wedge failure*). Dalam praktiknya, pengaruh bidang diskontinuitas ini yang pertama kali harus dianalisis dan dicari solusinya.

3.2.4 Air Tanah di Dalam Massa Batuan

Air tanah di dalam massa batuan lereng, mempunyai 3 pengaruh terhadap stabilitas lereng. Dua sebagai pengaruh langsung, yaitu dapat mengurangi kekuatan geser massa batuan lereng karena tegangan normal efektif berkurang akibat tekanan air pori atau air pada *cracks*, dan beban lereng yang mendorong kelongsoran bertambah besar akibat beratnya karena densitas massa batuan basah meningkat.

Pengaruh tidak langsung adanya air tanah dapat berupa sebagian batuan menurun kekuatannya bila kena air (alterasi, atau progradif berubah). Atau pada sistem lereng yang mengandung bidang diskontinuitas, adanya air dapat menjadi pelicin untuk mendorong terjadinya geseran.



Sumber: E. Hoek and Bray, 1981

Gambar 3.1
Pembagian Lereng Berdasarkan Kondisi Air Tanah

3.2.5 Faktor-Faktor Luar

Faktor luar yang berpengaruh terhadap stabilitas lereng dapat berupa beban statik dan beban dinamik. Beban statik, antara lain; di bagian belakang *crest* lereng ditempatkan alat-alat berat tambang, lokasi *setling pond*, dan lain-lain. Beban dinamik, dapat berupa getaran gempa bumi dan atau akibat peledakan yang kurang terkontrol, dan lain-lain.

3.3 Klasifikasi Massa Batuan

Klasifikasi Massa Batuan atau *Rock Mass Rating (RMR)* dikembangkan oleh Beniaowski pada tahun 1979. Pada sistem klasifikasi ini, massa batuan dibagi menjadi sejumlah wilayah struktural dan setiap wilayah kurang lebih memiliki ciri yang seragam. Batas dari wilayah struktural biasanya serupa dengan ciri struktur utama seperti patahan, *dike*, *zona shear*, dan lain sebagainya.

Lebih lanjut Hoek (2006) mengilustrasikan dalam beberapa kondisi, yaitu karena perubahan signifikan pada spasi diskontinuitas atau karakter diskontinuitas untuk tipe batuan yang sama, mungkin mengharuskan pembagian massa batuan ke dalam sejumlah kecil wilayah struktural pada metode RMR. Sistem klasifikasi massa batuan dengan RMR dari Bieniawski (1973) menggunakan enam parameter dasar untuk pengklasifikasian dan evaluasi hasil uji. Keenam parameter tersebut membantu perkiraan lebih lanjut hasil analisis stabilitas sampai permasalahan khusus geomekanika batuan. Keenam parameter yang digunakan untuk menentukan nilai RMR meliputi kuat tekan uniaksial (*uniaxial compressive stress, UCS*), *rock quality designation (RQD)*, spasi diskontinuitas, keadaan diskontinuitas, keadaan air tanah dan orientasi diskontinuitas (Bieniawski, 1989). Untuk tabelnya dapat dilihat pada gambar 3.2.

A. CLASSIFICATION PARAMETERS AND THEIR RATINGS						
Parameter		Range of values				
1	Strength of intact rock material	Point-load strength index >10 MPa	4-10 MPa	2-4 MPa	1-2 MPa	For this low range uniaxial compressive test is preferred
		Uniaxial comp. Strength >250 MPa	100-250 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	5-25 MPa 1-5 MPa <1 MPa
	Rating	15	12	7	4	2 1 0
2	Drill core quality RQD	90%-100%	75%-90%	50%-75%	25%-50%	< 25%
	Rating	20	17	13	8	3
3	Spacing of discontinuities	>2 m	0.6-2 m	200-600 mm	60-200mm	< 60 mm
	Rating	20	15	10	8	5
4	Condition of discontinuities (see E)	Very rough surfaces Not continuous No separation Unweathered wall rock	Slightly rough surfaces Separation < 1mm Slightly weathered walls	Slightly rough surfaces Separation < 1mm Highly weathered walls	Slackenside surfaces or Gauge < 5mm thick or Separation 1-5 mm continuous	Splice gauge > 5 mm thick or Separation > 5 mm continuous
	Rating	30	25	20	10	0
5	Ground water	Inflow per 10 m Tunnel length (l/m) (Joint water press) (Major principal σ)	None < 10	0.1-0.2	0.2-0.5	> 0.5
	General Conditions	Completely dry	Damp	Wet	Dripping	Flowing
	Rating	15	10	7	4	0
B. RATING ADJUSTMENT FOR DISCONTINUITY ORIENTATIONS (See F)						
Strike and dip orientations		Very favourable	Favourable	Fair	Unfavourable	Very unfavourable
Rating	Tunnels and mines	0	-2	-5	-10	-12
	Foundations	0	-2	-7	-15	-25
	Slopes	0	-5	-25	-30	
Rating		100-81	80-61	60-41	40-21	< 21
C. ROCK MASS CLASSES DETERMINED FROM TOTAL RATINGS						
Class number		I	II	III	IV	V
Description		Very good rock	Good rock	Fair rock	Poor rock	Very poor rock
D. MEANING OF ROCK CLASSES						
Class number		I	II	III	IV	V
Average stand-up time		20 yrs for 15 m span	1 year for 10 span	1 week for 5 m span	10 hrs for 2.5 m span	30 min for 1 m span
Cohesion of rock mass (kPa)		> 400	300-400	200-300	100-200	< 100
Friction angle of rock mass (deg)		> 45	35-45	23-35	15-25	< 15
E. GUIDELINES FOR CLASSIFICATION OF DISCONTINUITY conditions						
Discontinuity length (persistence)		< 1m	1-3 m	3-10	10-20	> 20 m
Rating		6	4	2	1	0
Separation (aperture)		None	< 0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	> 5
Rating		5	4	3	2	0
Roughness		Very rough	Rough	Slightly rough	Smooth	Slackensided
Rating		6	5	3	1	0
Infilling (gauge)		6	Hard filling < 4mm	Hard filling > 5mm	Soft filling < 5mm	Soft filling > 5mm
Rating		6	4	2	2	0
Weathering		Unweathered	Slightly weathered	Moderately weathered	Highly weathered	Decomposed
Rating		6	5	3	1	0
F. EFFECT OF DISCONTINUITY STRIKE AND DIP ORIENTATION IN TUNNELLING**						
Strike perpendicular to tunnel axis None			Strike parallel to tunnel axis			
Drive with dip-Dip 45-90°	Drive with dip-Dip 20-45°		Dip 45-90°		Dip 20-45°	
Very favourable	Favourable		Very unfavourable		Fair	
Drive against dip-Dip 45-90°	Drive against dip-Dip 20-45°		Dip 0-20 - Irrespective of strike*		Fair	
Fair	Unfavourable					

Sumber : Bieniawski, 1989

Gambar 3.2
Rock Mass Rating System

3.4 Klasifikasi Slope Mass Rating

Klasifikasi Slope Mass Rating adalah suatu penilaian atau pemberian bobot pada kekar yang di modifikasi dari RMR. Klasifikasi ini digunakan untuk memberikan paduan awal dalam analisis stabilitas lereng dan memberikan informasi berguna tentang tipe keruntuhan serta hal-hal yang diperlukan untuk perbaikan lereng. SMR didefinisikan dengan persamaan 3.1.

$$SMR = RMR + (F1 \times F2 \times F3 \times F4) \dots \dots \dots (3.2)$$

Nilai SMR didapatkan dari nilai RMR yang ditambah dengan faktor-faktor koreksi F1, F2, F3, dan F4 merupakan faktor terhadap metode penggalian yang digunakan pada lereng. Faktor koreksi untuk kekar (joints), seperti pada tabel 3.1, merupakan perkalian dari 3 faktor sebagai berikut :

1. F1 tergantung pada paralelisme antara kekar dan kemiringan muka lereng (strike)
2. F2 berhubungan dengan sudut dip kekar pada bidang kelongsoran
3. F3 menunjukkan hubungan antara kemiringan lereng dan kemiringan kekar.
4. F4 bergantung pada metode penggalian lerengnya, apakah lereng alamiah, digali dengan peledakan persplit, peledakan atau penggalian mekanis

Tabel 3.1
Bobot Pengatur Untuk Kekar

Case		Very	Favourable	Fair	Unfavourable	Very
		Favourable				Unfavourable
P	$ \alpha_j - \alpha_s $	$> 30^\circ$	$30^\circ - 20^\circ$	$20^\circ - 10^\circ$	$5^\circ - 10^\circ$	$< 5^\circ$
T	$ \alpha_j - \alpha_s - 180^\circ $					
P/T	$F1 = (1 - \sin \alpha_j - \alpha_s)^2$	0.15	0.4	0.7	0.85	1
P	$ \beta_j $	$< 20^\circ$	$20^\circ - 30^\circ$	$30^\circ - 35^\circ$	$35^\circ - 40^\circ$	$> 45^\circ$
P	$F2 = \tan 2 \beta_j$	0.15	0.4	0.7	0.85	1
T	F2	1	1	1	1	1
P	$\beta_j - \beta_s$	$> 10^\circ$	$10^\circ - 0^\circ$	0°	$0^\circ - (10^\circ)$	$< -10^\circ$
T	$\beta_j - \beta_s$	$< 110^\circ$	$110^\circ - 120^\circ$	$> 120^\circ$	-	-
P/T	F3	0	-6	-25	-50	-60

Sumber : Romana, 2003.

3.5 Analisis Jenis Longsoran Busur

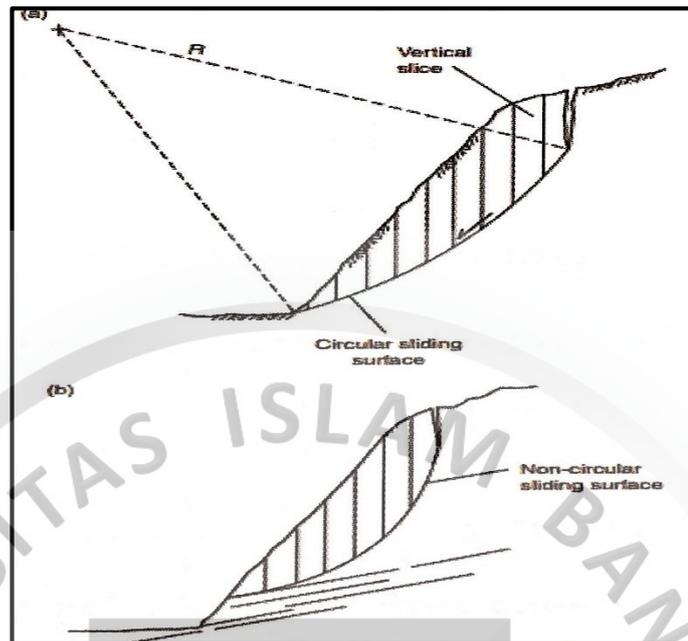
Longsoran busur adalah longsoran yang banyak terjadi pada lereng tambang, naik itu lereng dengan penyusun tanah atau lereng batuan yang sudah lapuk atau terkekarkan. Bentuk bidang gelincir pada longsoran ini membentuk busur. Untuk analisis kinematik longsoran busur dapat dilihat contohnya pada **gambar 3.3**.



Sumber : Hoek and Bray, 1981

Gambar 3.3
Contoh analisis kinematik longsoran busur

Untuk analisis longsoran busur dapat dilakukan dengan diagram yang telah dibuat oleh Hoek and Bray (1981) namun diagram-diagram tersebut dibuat berdasarkan asumsi bahwa material penyusun lereng memiliki karakteristik yang homogen sepanjang lereng dan longsoran yang terbentuk melewati kaki lereng. Selanjutnya apabila syarat tersebut tidak memenuhi harus digunakan analisis lebih lanjut menggunakan metode irisan yang dibuat oleh Bishop (1955), Janbu (1954), Nonveiller (1965), Spencer (1967), Morgenstern and Price (1965), dan Sarma (1979) seperti pada **Gambar 3.4**.



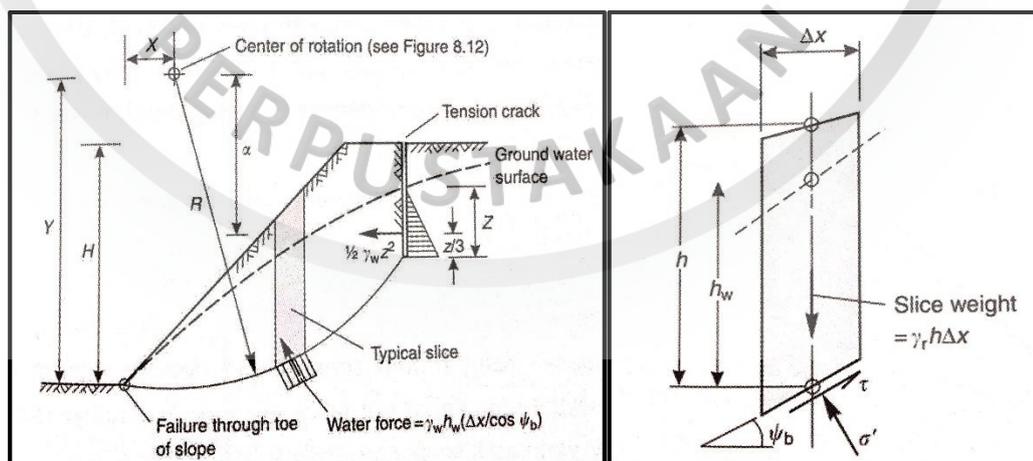
Sumber : Hoek & Bray, 1981

Gambar 3.4
Longsoran Jenis Busur

3.5.1 Analisis Longsoran Busur dengan Metode Bishop

Metode Bishop ini menggunakan kesetimbangan gaya dalam arah vertikal dan kesetimbangan momen pada pusat lingkaran bidang gelincir seperti pada **Gambar**

3.5. Dalam metode ini gaya geser antara irisan diasumsikan nol.

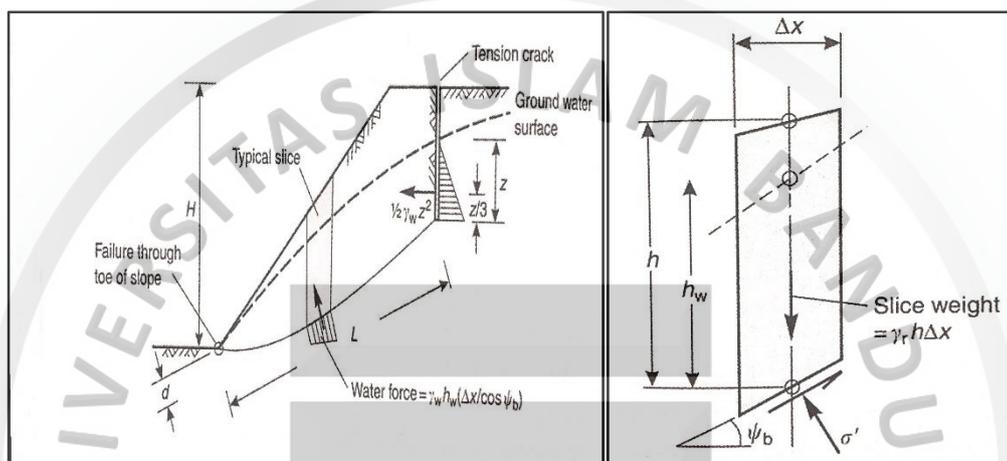


Sumber : Hoek & Bray, 1981

Gambar 3.5
Metode Bishop

3.5.2 Analisis Longsoran Busur dengan Metode Janbu

Longsoran busur dengan bidang gelincir non-sirkular juga dapat dianalisis menggunakan metode Janbu. Agar pengaruh adanya beban dinamis (getaran) ikut diperhitungkan dalam analisis, dilakukan sedikit modifikasi terhadap rumus faktor keamanan, Janbu menambahkan faktor kegunaan seperti pada **Gambar 3.6**.



Sumber : Hoek & Bray, 1981

Gambar 3.6
Metode Janbu

3.6 Metode Kestimbangan Batas (*Limit Equilibrium Method*)

Metode ini dinyatakan dengan persamaan-persamaan kesetimbangan dari satu atau beberapa blok yang diasumsikan tidak terdeformasi, dan mengurangi gaya-gaya yang tidak diketahui (reaksi dari bagian stabil dari massa batuan atau gaya-gaya antar blok), khususnya gaya geser yang bekerja pada permukaan longsoran yang dipilih sebelumnya. Hipotesa yang dibuat secara umum adalah bahwa gaya-gaya geser ini mewakili seluruh bagian yang sama dari kuat geser batuan dimana gaya-gaya geser ini bekerja.

Kondisi kestabilan lereng dengan menggunakan metode ini dinyatakan dalam indeks faktor keamanan. Faktor keamanan dihitung menggunakan kesetimbangan gaya atau kesetimbangan momen, atau menggunakan kedua kesetimbangan gaya tersebut tergantung dari metode perhitungan yang dipakai.

Dalam menentukan faktor keamanan dengan metode ini, terdapat beberapa persamaan statis yang digunakan dalam penentuan faktor keamanan, diantaranya :

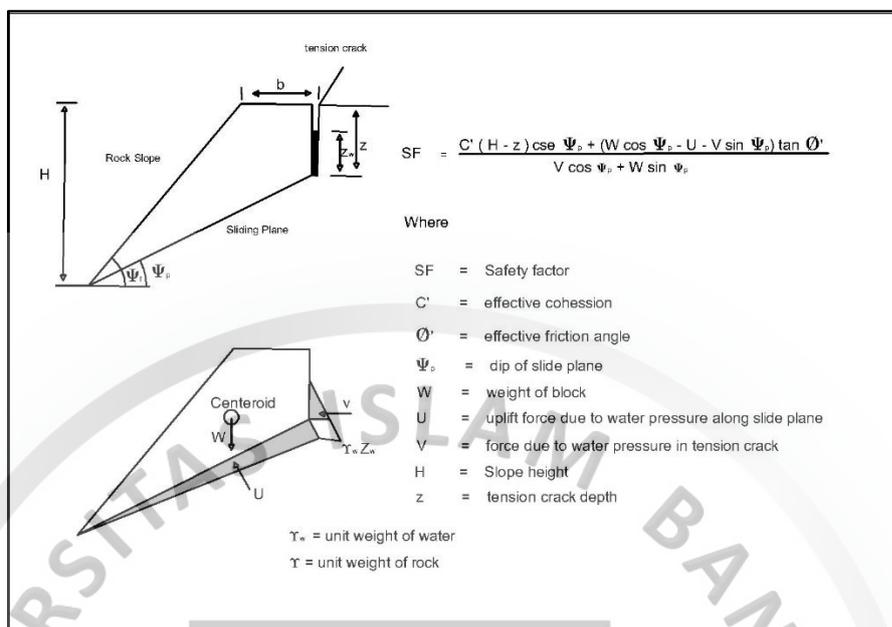
1. Penjumlahan gaya pada arah vertikal untuk setiap irisan yang digunakan untuk menghitung gaya normal pada bagian dasar irisan.
2. Penjumlahan gaya pada arah horizontal untuk setiap irisan yang digunakan untuk menghitung gaya normal antar irisan.
3. Penjumlahan momen untuk keseluruhan irisan yang bertumpu pada satu titik.
4. Penjumlahan gaya pada arah horizontal untuk irisan.

Sifat-sifat material yang relevan dengan masalah kemantapan lereng adalah sudut geser dalam (ϕ), kohesi (c), dan berat satuan (γ) batuan. Hubungan antara kuat geser (τ) dan tegangan normal (σ) dapat dinyatakan oleh persamaan 3.2.

$$\tau = c + \sigma_n \tan \phi \dots \dots \dots (3.2)$$

3.6.1 Analisis Longsoran Tipe Translasional

Metode keetimbangan batas telah digunakan secara luas dalam analisis kestabilan lereng yang dikontrol dengan adanya bidang tak menerus yang berupa bidang planar atau baji yang dihasilkan oleh perpotongan dua buah bidang planar. Longsoran diasumsikan terjadi sepanjang bidang planar dan diasumsikan blok massa tidak mengalami rotasi. Faktor keamanan lereng dihitung dengan membandingkan gaya penahan dengan gaya geser yang bekerja sepanjang bidang runtuh seperti pada **Gambar 3.7**



Sumber : Hoek & Bray, 1974

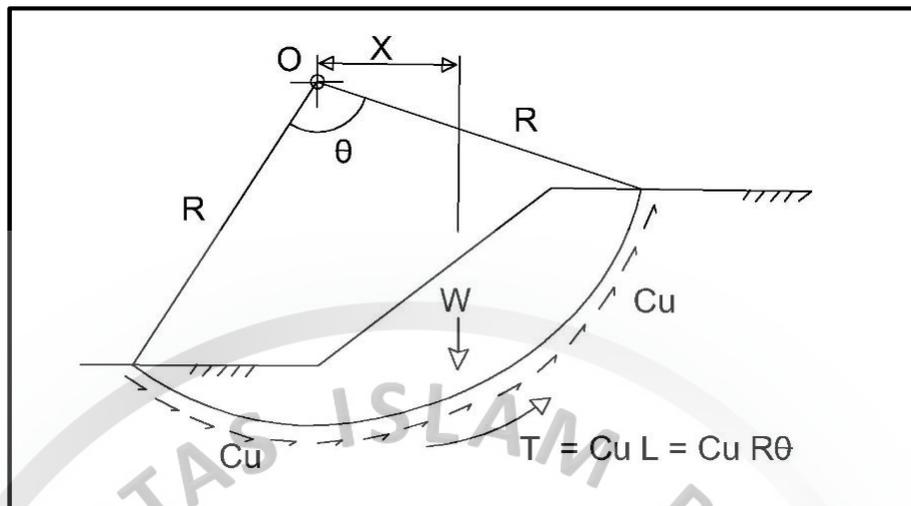
Gambar 3.7
Metode kesetimbangan batas untuk bidang runtuh planar

3.6.2 Analisis Longsor Tipe Rotasional

Untuk lereng tanah atau lereng batuan lemah, longsor terjadi umumnya terjadi karena gaya penahan disepanjang bidang runtuh tidak mampu menahan gaya geser yang bekerja. Pada kasus ini biasanya bidang runtuh berupa sebuah busur lingkaran atau berupa bidang lengkung. Metode kesetimbangan batas merupakan metode yang sangat populer untuk tipe longsor tersebut. Secara umum metode untuk menganalisis longsor tipe rotasional dapat dibagi 2 yaitu metode massa dan metode irisan.

1. Metode Massa

Pendekatan yang digunakan dalam metode ini ialah massa diatas bidang runtuh dianggap sebagai sebuah benda kaku, bidang runtuh dianggap berupa sebuah busur lingkaran dan parameter kekuatan geser hanya ditentukan oleh kohesi. Metode ini sangat cocok digunakan pada lereng material lempung. Untuk metode massa dapat dilihat pada **Gambar 3.8**.

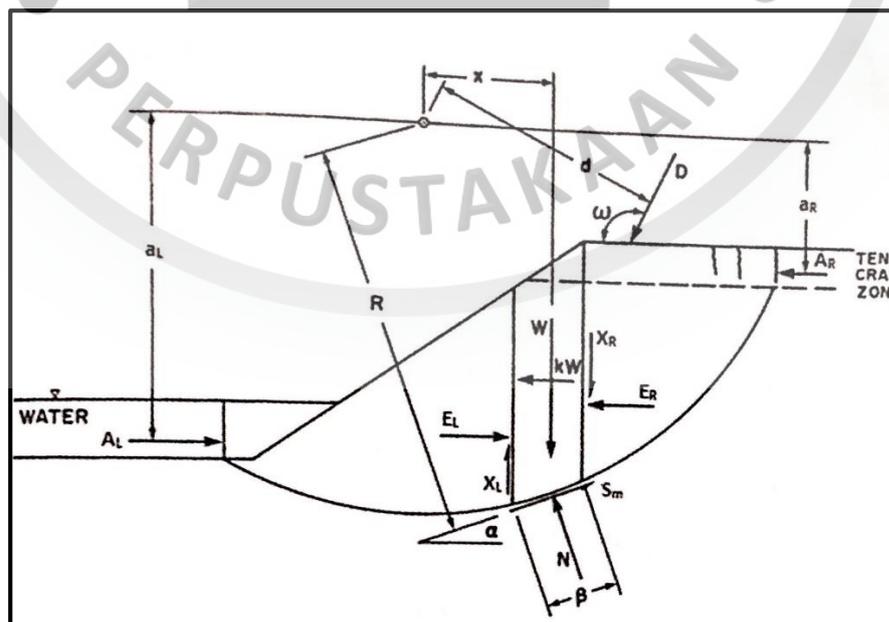


Sumber : Fredlund, Krahn, dan Puhfal, 2004.

Gambar 3.8
Metode Massa

2. Metode Irisan

Salah satu karakteristik metode irisan yaitu geometri dari bidang gelinciran harus ditentukan atau diasumsikan terlebih dahulu. Untuk menyederhanakan perhitungan, bidang runtuh biasanya dianggap berupa sebuah busur lingkaran, gabungan busur lingkaran dengan garis lurus, atau gabungan dari beberapa garis lurus seperti pada **Gambar 3.9**.



Sumber : John Krahn, 2004.

Gambar 3.9
Model lereng bidang runtuh berbentuk busur lingkaran

3. Metode Probabilitas

Metode probabilitas menggunakan seluruh data karakteristik tanah yang ada untuk mengakomodasi setiap variasi yang mungkin terjadi. Oleh karena itu, metode ini dapat mengakomodasi ketidakpastian yang terkait dengan stratigrafi, karakteristik tanah dan batuan, dan bahkan metode analisis yang digunakan. Hasil akhir metode ini berupa probabilitas terjadinya longsor (*Corps of Engineers, 1997, dalam Irwandy, 2014*).

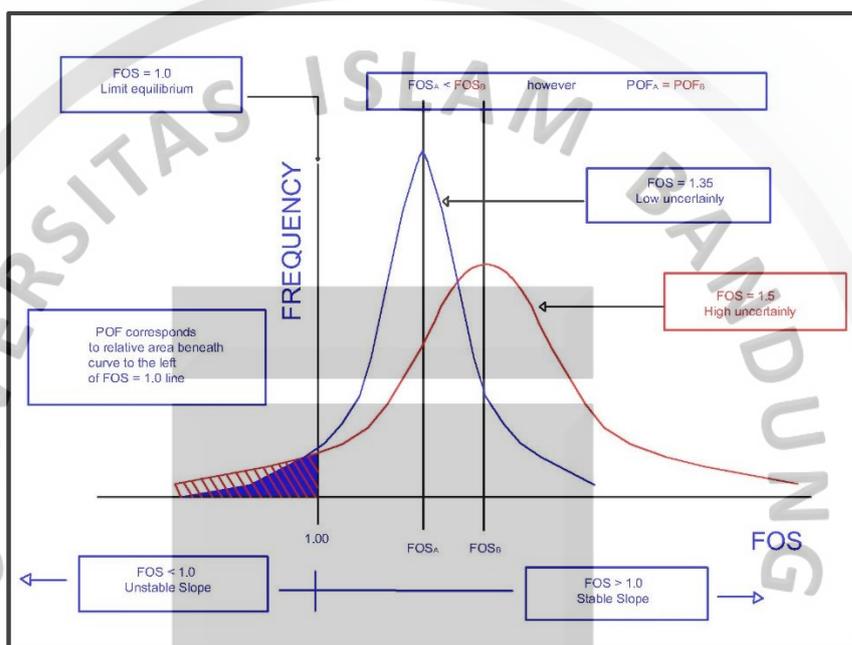
Menurut Masagus pada tahun 2011, dengan melihat beberapa kasus dan hasil penelitian terdahulu, bisa dikatakan bahwa angka FK bukanlah jaminan lereng tersebut sudah stabil, namun perlu dilihat lebih jauh dari nilai PK. Probabilitas kelongsoran lereng ditentukan dengan cara menghitung luas ($FK < 1$) di bawah fungsi yang sudah ditentukan sebelumnya dari hasil proses pencocokkan. Untuk kriteria yang dapat diterima (*Acceptance Criteria*) probabilitas kelongsoran (*probability of failure*) berdasarkan Kepmen 1827 Tahun 2018 dapat dilihat pada **Tabel 3.2**.

Tabel 3.2
Kriteria dapat Diterima Nilai FK dan PK Berdasarkan Kepmen 1827/2018

Jenis Lereng	Keparahan Longsor	Kriteria dapat diterima		
		FK Statis	FK Dinamis	Probabilitas Longsor
Lereng Tunggal	Rendah s.d. Tinggi	1,1	Tidak ada	25-50%
Inter-Ramp	Rendah	1,15-1,12	1	25%
	Menengah	1,2-1,3	1	20%
	Tinggi	1,2-1,3	1,1	10%
Lereng Keseluruhan	Rendah	1,2-1,3	1	15-20%
	Menengah	1,3	1,05	10%
	Tinggi	1,3-1,5	1,1	5%

Sumber : Kepmen 1827, 2018

Fungsi distribusi probabilitas menggambarkan penyebaran dari suatu variabel acak yang digunakan untuk memperkirakan nilai probabilitas kemunculan suatu parameter. Fungsi distribusi probabilitas memiliki sifat-sifat penyebaran yang khas dan unik menjadikan fungsi yang satu akan berbeda dengan fungsi yang lainnya (Masagus, dkk, 2011).



Sumber : Tapia, 2007

Gambar 3.10
Konsep Probabilitas Kelongsoran

Gambar 3.10 menggambarkan distribusi faktor keamanan (FK) dideskripsikan dalam bentuk kurva fungsi densitas probabilitas (PDF, *probability density function*) dan/atau fungsi distribusi kumulatif (CDF, *cumulative distribution function*). Luas kurva yang diarsir merupakan area dengan nilai FK < 1. Probabilitas kelongsoran (PK) lereng ditentukan dari perbandingan antara luas area di bawah kurva dari distribusi nilai FK < 1 terhadap distribusi nilai FK ≥ 1 (Hoek, 1987).