

Karakteristik Stabilitas Lereng *High-Wall* Tambang Batubara PT XYZ di Kabupaten Musi Banyuasin, Provinsi Sumatera Selatan

Characteristics of PT XYZ's High-Wall Slope Stability Slope in Musi Banyuasin Regency, South Sumatra Province

¹Juni Rahmad Hasibuan, ²R. Febri Hirnawan, ³Maryanto

^{1,2}Prodi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung,
Jl. Tamansari No.1 Bandung 40116

email: ¹rahmathasibuan69@gmail.com, ²febrihirnawan@gmail.com, ³maryanto.geo@gmail.com

Abstrak. Based on ESDM KEPMEN No. 1827 K / 30 / MEM / 2018 the most important factor of coal mining is the slope stability of the mine. Mine slope stability is used as a parameter to determine the safety of workers and mining equipment. PT XYZ is a company that will develop the site so that the previous slope stability analysis must be carried out. Slope stability analysis at PT XYZ was carried out at DP 47 site and DS05 & DS06 site with input parameters from three geotechnical drill samples and slope conditions assumed to be saturated and seismic factors 0.05 g. Slope stability analysis method is Limited Equilibrium Method (LEM) and landslide probability analysis using Monte Carlo method and analysis of data distribution in descriptive and analytical (Kolmogorov-Smirnov). Slope stability analysis carried out in this research area aims to determine the physical and mechanical properties of the rock, single slope stability and overall high-wall as well as recommendations for single slope geometry and overall high-wall safe and stable. Based on the slope stability analysis that has been carried out physical and mechanical properties of rocks with normal distribution and the recommended single slope geometry of the site DP 47 is 6 m / 50° with a safety factor dynamic 1.27, probability of failure 20% and static safety factor 1.38, probability of failure is 16.90%. Site DS05 & DS06 is 8 m / 60° with dynamic safety factor 1.29, probability of failure 19.30% and static safety factor 1.37, probability of failure is 15.40%. While for the overall slope of the DP 47 site is 74 m / 25° with a dynamic safety factor of 1.13, the probability of failure is 14.50% and the static safety factor is 1.3, the probability of failure is 1.10%. Site DS05 & DS06 100, 19 m / 25° with dynamic safety factor 1.24, probability of failure 11.40% and static safety factor 1.31, probability of failure 3.10.

Keyword : Safety factor, failure probability

Abstrak. Berdasarkan KEPMEN ESDM No 1827 K / 30 / MEM / 2018 faktor terpenting dari tambang batubara adalah stabilitas lereng tambang. Stabilitas lereng tambang dijadikan parameter penentu keselamatan para pekerja dan alat tambang. PT XYZ merupakan perusahaan yang akan melakukan pengembangan *site* sehingga harus dilakukan analisis stabilitas lereng terdahulu. Analisis stabilitas lereng pada PT XYZ dilakukan pada *site* DP 47 dan *site* DS05&DS06 dengan input parameter dari sampel tiga bor geoteknik dan keadaan lereng diasumsikan jenuh serta faktor kegempaan 0,05 g. Metode analisis stabilitas lereng adalah *Limited Equilibrium Method* (LEM) dan analisis probabilitas kelongsoran menggunakan metode *Monte Carlo* serta analisis distribusi data secara deskriptif dan analitik (*Kolmogorov- Smirnov*). Analisis stabilitas lereng yang dilakukan pada daerah penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat fisik dan mekanik batuanannya, stabilitas lereng tunggal dan keseluruhan *high-wall* serta rekomendasi geometri lereng tunggal dan keseluruhan *high-wall* aman dan stabil. Berdasarkan analisis stabilitas lereng yang telah dilakukan sifat fisik dan mekanik batuan berdistribusi normal dan geometri lereng tunggal *site* DP 47 yang direkomendasikan adalah 6 m / 50° dengan faktor keamanan dinamik 1,27 , probabilitas keongsoran 20 % dan faktor keamanan statik 1,38, probabilitas kelongsoran 16,90 % . *Site* DS05&DS06 adalah 8 m / 60° dengan faktor keamanan dinamik 1,29, probabilitas kelongsoran 19,30 % dan faktor keamanan statik 1,37 , probabilitas kelongsoran 15,40%. Sedangkan untuk lereng keseluruhan *site* DP 47 adalah 74 m / 25° dengan faktor keamanan dinamik 1,13, probabilitas kelongsoran 14,50 % dan faktor keamanan statik adalah 1,3 , probabilitas kelongsoran 1,10 % . *Site* DS05&DS06 100, 19 m / 25° dengan faktor keamanan dinamik 1,24 , probabilitas kelongsoran 11,40 % dan faktor keamanan statik 1,31 , probabilitas kelongsoran 3,10.

Kata kunci : Faktor keamanan, Probabilitas kelongsoran.

A. Pendahuluan

Berdasarkan KEPMEN ESDM No 1827 K / 30 / MEM / 2018, hal terpenting dari tambang batubara

adalah stabilitas lereng tambang. Stabilitas lereng tambang dijadikan sebagai parameter penentu keselamatan para pekerja dan alat tambang. Salah satu masalah dari stabilitas lereng

tambang adalah terjadinya longsor yang akan menyebabkan sebahagian atau seluruh kegiatan produksi tambang akan berhenti sementara. PT XYZ adalah perusahaan tambang batubara yang terletak di kabupaten Musi Banyuasin, Provinsi Sumatera Selatan. Yang akan melakukan pengembangan *site* sehingga harus dilakukan analisis stabilitas lereng tambang terdahulu. Selain hal tersebut perusahaan ini menerapkan metode penambangan *stripe mining* yang mengawali aktivitas penambangan dari *low-wall* menuju ke *high-wall*. Karena latarbelakang diatas, maka perlu dilakukan penelitian tentang “ Karakteristik Stabilitas Lereng *High-wall* Tambang Batubara PT XYZ di Kabupaten Musi Banyuasin, Provinsi Sumatera Selatan”.

Berdasarkan latarbelakang diatas, maka perumusan masalah penelitian adalah “ bagaimana sifat fisik dan mekanik batumannya, sejauhmana stabilitas lereng tunggal dan keseluruhan *high-wall* tambang dan bagaimana geometri lereng *highwall* yang aman dan stabil”. Dari rumusan masalah tersebut, tujuan dari penelitian terdiri dari :

1. Mengetahui sifat fisik dan mekanik batuan pembentuk lereng tambang.
2. Analisis stabilitas lereng tunggal *high-wall*.
3. Analisis stabilitas lereng keseluruhan *high-wall* .
4. Merekomendasikan geometri lereng tunggal dan lereng keseluruhan *high-wall* yang aman dan stabil berdasarkan kriteria KEPMEN ESDM 1827 K/MEM/30/2018.

B. Landasan Teori

Metode kesetimbangan batas merupakan metode yang sangat populer untuk digunakan dalam analisis stabilitas lereng tipe gelincir translasional dan rotasional. Kondisi stabilitas lereng

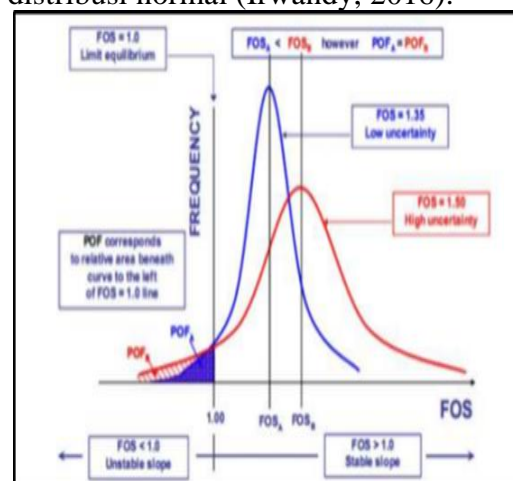
dalam metode kesetimbangan batas dinyatakan dalam indeks faktor keamanan yang dihitung menggunakan kesetimbangan gaya, kesetimbangan momen, atau menggunakan kedua kondisi (Irwandy,2016). Metode kesetimbangan yang diterapkan dalam penelitian ini adalah metode *Bishop*, karena metode ini mengabaikan gaya geser antar irisan dan mengasumsikan bahwa gaya normal cukup untuk mendefinisikan gaya-gaya antar irisan (*Bishop*, 1955).

$$F = \frac{1}{\Sigma W \cdot \sin \alpha} \Sigma (C' + W (1 - ru) \tan \phi \left(\frac{\sec \alpha}{1 + \frac{\tan \alpha \cdot \tan \phi}{F}} \right))$$

Keterangan :

- F : Faktor Keamanan
- W : Berat irisan
- c : Kohesi
- ϕ : sudut geser dalam
- u : tekanan air pori
- α : Kemiringan Lereng
- b : Lebar irisan

Analisis probabilitas kelongsoran ditentukan berdasarkan *Metode Monte Carlo*. Probabilitas kelongsoran dihitung sebagai rasio antara area pada distribusi FK < 1 dibagi dengan total area pada kurva distribusi normal (Irwandy, 2016).



Sumber : *Tapia, 2017*

Gambar 1. Konsep Probabilitas Kelongsoran

Tabel 1. Kriteria Probabilitas Kelongsoran Lereng Tambang
(**KEPMEN No 1827 K/30/MEM/2018**)

Jenis Longsoran	Dampak Longsoran	FK min (Statik)	FK min (Dinamik)	PK _{min} P [FK < 1]
Tunggal/Jenjang(Bench)	Low – High	1.1	NA	25 - 50 %
Multi Jenjang (Interramp)	Low	1.15 - 1.2	1.0	25%
	Medium	1.2	1.0	20%
	High	1.2 - 1.3	1.1	10%
Keseluruhan (Overall)	Low	1.2 - 1.3	1.0	15 -20%
	Medium	1.3	1.05	5 - 10%
	High	1.5	1.1	≤ 5%

Sumber : Irwandy, 2016

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Perilaku Batuan

Secara median nilai kuat tekan GT 4 (Site DP47) batulempung adalah 0,19 MPa, batupasir 0,79 MPa, GT 6 (Site DS05&DS06) batulempung 0,47 MPa, batupasir 0,60 MPa, dan GT 7 (Site DS06) batulempung adalah 0,71 MPa.

Tabel 2. Klasifikasi Kuat Tekan Menurut Bieniawski dan Tamrock

Klasifikasi	Kuat Tekan Uniaxial (MPa)	
	Bieniawski, 1973	Tamrock, 1988
Sangat keras	250-700	200 [7]
Keras	100-250	120 – 200 [6-7]
Keras sedang	50-100	60 – 120 [4,5-6]
Cukup lunak	-	30 – 60 [3-4,5]
Lunak	25-50	10 – 30[2-3]
Sangat lunak	1-25	- 10

Sumber : Tamrock Surface Drilling and Blasting, 1988

Menurut klasifikasi kuat tekan batuan *Bieniawski*,1973 dan *Tamrock*, 1988 batuan pembentuk lereng tambang daerah penelitian tergolong sangat lunak, maka metode analisis stabilitas lereng *high-wall* PT XYZ tepat digunakan adalah metode

kesetimbangan batas (*limit equilibrium method*).

Analisis Statistik Sifat Fisik dan Mekanik Batuan Pembentuk Lereng High-Wall

Analisis ini dilakukan untuk mengetahui distribusi data sifat fisik dan mekanik batuan yang dijadikan sebagai input parameter analisis stabilitas lereng *high-wall* dan dasar perhitungan probabilitas kelongsoran. Analisis statistik yang dilakukan pada penelitian ini adalah uji normalitas secara deskriptif dan uji normalitas secara analitik (*kolmogorov-smirnop*).

Tabel 3. Hasil Uji Normalitas Secara Deskriptif Site SD05&SD06

Parameter	DIRECT SHEAR					
	Natural Density γ (gr/cm ³)	Saturated Density γ (gr/cm ³)	Kohesi peak C (KPa)	Kohesi residual C (KPa)	Sudut Geser Dalam peak ϕ (°)	Sudut Geser Dalam residual ϕ (°)
GT 6 dan GT 7 (Site DS05&DS06)						
Batu Lempung						
rata-rata	1,99	2,15	191,88	44,09	21,78	5,58
median	1,98	2,15	189,00	43,00	21,86	5,59
standar deviasi	0,06	0,08	110,50	13,72	4,18	1,16
Skewness	0,70	0,25	0,76	-0,098	-0,428	0,26
Standar Error Skewness	0,38	0,38	0,41	0,41	0,41	0,41
Kurtosis	0,02	-0,8	-0,024	-0,637	-0,436	-0,548
Standar Error Kurtosis	0,75	0,75	0,80	0,80	0,80	0,80
Koefisien Varians (%)	3,24	3,49	57,59	31,12	19,21	20,86
Rasio Skewness	1,81	0,66	1,85	-0,24	-1,05	0,64
Rasio Kurtosis	0,03	-1,07	-0,03	-0,8	-0,55	-0,65
Distribusi	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal

Sumber : PT XYZ, 2019

Uji normalitas secara deskriptif ditentukan oleh 3 parameter, yaitu

koefisien varians $\leq 30\%$, rasio skewness dan rasio kurtosis $-2 - 2$. Berdasarkan tabel 3, sifat fisik dan mekanik batuan mempunyai koefisien varians rata-rata $\leq 30\%$, rasio skewness dan rasio kurtosis berada diantara nilai $-2 - 2$. Dari ketiga parameter tersebut dapat dinyatakan bahwa sifat fisik dan mekanik batuan mempunyai distribusi normal.

Untuk meningkatkan keyakinan, maka dilakukan uji normalitas secara analitik menggunakan metode *Kolmogorov-smirnop*. $P \geq 0,05$ adalah distribusi normal. $P \leq 0,05$ adalah distribusi tidak normal. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil Uji Normalitas Secara Analitik *Site SD05&SD06*

DIRECT SHEAR						
Parameter	Natural Density γ (gr/cm ³)	Saturated Density γ (gr/cm ³)	Kohesi peak C (KPa)	Kohesi residual C (KPa)	Sudut Geser Dalam peak ϕ (°)	Sudut Geser Dalam residual ϕ (°)
GT 6 dan GT 7 (Site DS05&DS06)						
Batu Lempung						
rata-rata	1,99	2,15	191,88	44,09	21,78	5,58
median	1,98	2,15	189,00	43,00	21,86	5,59
standar deviasi	0,06	0,08	110,50	13,72	4,18	1,16
signifikansi	0,10	0,20	0,18	0,20	0,20	0,20
Distribusi	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal

Sumber : PT XYZ, 2019

Berdasarkan tabel 4 sifat fisik dan mekanik batuan mempunyai nilai signifikansi $\geq 0,05$, hal ini menunjukkan bahwa sifat fisik dan mekanik batuan pada daerah penelitian mempunyai distribusi normal. Baik itu uji normalitas secara deskriptif maupun uji normalitas secara analitik

Stabilitas Lereng Tunggal High-Wall

Analisis stabilitas lereng tunggal *high-wall site DP 47* dan *site SD05&SD06*, disimulasikan pada variasi ketinggian lereng 6 m – 12 m dengan variasi kemiringan $80^0 - 50^0$.

Tabel 5. Rekapitulasi Analisis Stabilitas Lereng Tunggal *High-Wall DP 47*

Kemiringan lereng (°)	Ketinggian Lereng (m)	Faktor Keamanan (FK) dan Probabilitas Kelongsoran (PK) Lereng Tunggal <i>High-Wall Site DP 47</i>			
		FK(Det) Dinamik	PK(%)	FK(Det) Statik	PK(%)
Batulempung (<i>Claystone</i>)					
50	6	1,27	17,90	1,38	12,80
	8	0,98	49,70	1,05	40,10
	10	0,80	77,70	0,85	67,70
	12	0,67	94,80	0,72	89,00

Sumber : PT XYZ, 2019

Faktor keamanan dan probabilitas kelongsoran yang memenuhi kriteria KEPMEN ESDM NO 1827 K / 30 / MEM / 2018 pada *site DP 47* adalah tinggi lereng 6m dengan kemiringan 50^0 . Litologi batulempung dijadikan sebagai acuan penentu faktor keamanan dan probabilitas kelongsoran lereng tunggal *high-wall* di *site DP 47*, karena batulempung mempunyai kekuatan batuan yang lebih lemah diantara litologi lainnya. Dengan asumsi keadaan terlemah dari litologi diperoleh nilai faktor keamanan dan probabilitas kelongsoran yang aman, maka pada litologi yang mempunyai kekuatan batuan yang lebih kuat pasti akan mempunyai lereng yang lebih stabil.

Tabel 6. Rekapitulasi Analisis Stabilitas Lereng Tunggal *High-Wall DS05&DS06*

Kemiringan lereng (°)	Ketinggian Lereng (m)	Faktor Keamanan (FK) dan Probabilitas Kelongsoran (PK) Lereng Tunggal <i>High-Wall Site DS05&DS06</i>			
		FK(Det) Dinamik	PK(%)	FK(Det) Statik	PK(%)
Batulempung (<i>Claystone</i>)					
60	6	1,70	6,60	1,82	5,20
	8	1,29	19,30	1,37	15,40
	10	1,04	42,00	1,11	35,80
	12	0,87	66,70	0,93	57,00

Sumber : PT XYZ, 2019

Faktor keamanan dan probabilitas kelongsoran yang memenuhi kriteria KEPMEN ESDM NO 1827 K / 30 / MEM / 2018 pada *site* SD05&SD06 adalah tinggi lereng 8 m dengan kemiringan lereng 60°. Sama halnya dengan *site* DP 47 litologi batuan yang dijadikan sebagai acuan analisis stabilitas lereng tunggal *high-wall* adalah batulempung.

Stabilitas Lereng Keseluruhan High-Wall

Pada *site* DP 47 analisis stabilitas lereng *high-wall* disimulasikan pada variasi tinggi lereng 30 m – 83 m dengan variasi kemiringan lereng 40° - 25°.

Tabel 7. Rekapitulasi Analisis Stabilitas Lereng Keseluruhan *High-Wall* DP 47

FAKTOR KEAMANAN (FK) DAN PROBABILITAS KELONGSORAN (PK) LERENG KESELURUHAN HIGH-WALL SITE DP 47						
Kemiringan Lereng (°)	Elevasi	FK(Det) Dinamik	PK (%)	FK (Det) Statik	PK (%)	H (m)
25	0	2,88	0	2,90	0	28,04
	-10	2,39	0	2,44		32,16
	-20	2,01	0	2,13	0	38,56
	-30	1,93	0	2,02	0	36,90
	-40	1,55	0	1,59	0	48,71
	-50	1,50	0	1,56	0	56,20
	-60	1,29	1,70	1,34	0,10	64,39
	-70	1,13	14,50	1,30	1,10	74,37
	-80	1,00	60,90	1,159	6,06	84,19

Sumber : PT XYZ, 2019

Dari analisis stabilitas lereng keseluruhan *high-wall* SD DP 47 yang telah dilakukan, geometri yang memenuhi kriteria yang ditentukan adalah tinggi lereng 74 m dan kemiringan lereng 25°.

Sedangkan pada DS05&DS06 analisis stabilitas lereng disimulasikan pada tinggi lereng 17 m – 108 m dengan variasi kemiringan lereng 40° – 25°.

Tabel 8. Rekapitulasi Analisis Stabilitas Lereng Keseluruhan *High-Wall* DS05&DS06

FAKTOR KEAMANAN (FK) DAN PROBABILITAS KELONGSORAN (PK) LERENG KESELURUHAN HIGH-WALL SITE SD05&SD06						
Kemiringan Lereng (°)	Elevasi	FK(Det) Dinamik	PK (%)	FK (Det) Statik	PK (%)	H (m)
25	0	4,90	0	5,03	0	16,98
	-10	3,19	0	3,26	0	27,21
	-20	2,41	0	2,50	0	28,80
	-30	2,15	0	2,16	0	48,73
	-40	1,91	0	1,93	0	59,31
	-50	1,52	0,40	1,58	0	73,24
	-60	1,35	6,30	1,41	0,60	86,93
	-70	1,24	11,40	1,31	3,10	100,19
	-80	1,17	17,10	1,23	10,30	112,76

Sumber : PT XYZ, 2019

Geometri lereng *site* DS05&DS06 yang memenuhi kriteria faktor keamanan dan probabilitas kelongsoran berdasarkan KEPMEN ESDM No 1827 K / 30 / MEM / 2018 adalah tinggi lereng 100,19 m dengan kemiringan lereng 25°.

D. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan pada pembahasan diatas, maka dapat diambil kesimpulan.

1. Sifat fisik dan mekanik batuan pembentuk lereng tambang mempunyai *natural density* adalah 1,24 gr/cm³ – 1,93 gr/cm³, *saturated density* adalah 1,29 gr/cm³ – 1,99 gr/cm³, *kohesi peak* adalah 25,5 KPa – 250 KPa, *kohesi residual* adalah 25,5 Kpa – 56 KPa, sudut geser dalam *peak* adalah 7,20° - 32°, sudut geser dalam *residual* adalah 7,20° – 25,68°.
2. Analisis stabilitas lereng tunggal *high-wall* pada *site* DP47 dan *site* DS05&DS06 disimulasikan dengan variasi tinggi lereng 6 m – 12 m dengan kemiringan 80° – 50°.
3. Stabilitas lereng keseluruhan *high-wall* Site DP 47

disimulasikan pada tinggi lereng rata-rata 30 m - 83 m. Site DS05&DS06 disimulasikan pada tinggi lereng rata-rata 17 m - 108 m. Dengan variasi kemiringan lereng 40° - 25° .

4. Berdasarkan analisis stabilitas lereng yang telah dilakukan sifat fisik dan mekanik batuan berdistribusi normal dan geometri lereng tunggal *site* DP 47 yang direkomendasikan adalah 6 m / 50° dengan faktor keamanan dinamik 1,27, probabilitas keongsoran 20 % dan faktor keamanan statik 1,38, probabilitas kelongsoran 16,90 %. *Site* DS05&DS06 adalah 8 m / 60° dengan faktor keamanan dinamik 1,29, probabilitas kelongsoran 19,30 % dan faktor keamanan statik 1,37, probabilitas kelongsoran 15,40%. Sedangkan untuk lereng keseluruhan *site* DP 47 adalah 74 m / 25° dengan faktor keamanan dinamik 1,13, probabilitas kelongsoran 14,50 % dan faktor keamanan statik adalah 1,3, probabilitas kelongsoran 1,10 %. *Site* DS05&DS06 100, 19 m / 25° dengan faktor keamanan dinamik 1,24, probabilitas kelongsoran 11,40 % dan faktor keamanan statik 1,31, probabilitas kelongsoran 3,10.

E. Saran

1. Penerapan probabilitas kelongsoran lereng tunggal seharusnya disesuaikan dengan ketentuan Kepmen EDSM N0 1827 K/30/MEM/2018 dan penerapan geometri lereng tambang disesuaikan dengan kemampuan alat mekanik yang digunakan.
2. Koreksi dan penyesuaian perlu dilakukan terhadap probabilitas

kelongsoran lereng high-wall yang direkomendasikan sejalan dengan kemungkinan perubahan pada data hasil pengukuran dan penelitian yang detail ketika proses penambangan sedang berlangsung.

Daftar Pustaka

- Aditiawarman, (2015). Analisis Statistik. Jakarta
- Adiwidjaya, P;G.L.Decoster.1973. Pre-Tertiary Paleotopography and Related Sedimentation in South Sumatra, Indonesia Petroleum Association, 1973-2nd Annual Convebtion Proccedings. Jakarta: Indonesia Petroleum Associan.
- Anonim, (1981). Rock Characterization, Testing, and Monitoring. ISRM, I. S. Ed. E. T. Brown. Pergamon: Oxford
- Anwar, H.Z. dan Kesumadharma,2., 1991. Konstruksi jalan di Daerah Pegunungan Tropis, Makalah Ikatan Ahli Geologi Indonesia, PIT ke 20,h 471-481.
- Aririzki, 2005. Uji Normalitas Secara Analitik
- Arif, I. (2016). Geoteknik Tambang. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Bell, 1984 dalam Hirnawan, 1993. Ketanggapan Stabilitas Lereng Perbukitan Rawa_GeKPa Tanah Atas Tanaman Keras, Hujan dan GeKPa.A
- Bhina, Krahn 2013. Uji Normalitas Secara Deskriptif,
- Blake, 1989. Geologi Regional Cekungan Sumatera Selatan dan Statigrafi
- Bowles, E.J. 1989. Sifat -Sifat Fisik dan Geotekniks Tanah. PT. Erlangga. Jakarta
- BrunDSen, D and Orior, D.B. editor, 1984 : Slope Stability. Chichester :JohnWiley

- Brazilian, 1999 dalam Made, dkk, 2014. Mekanika Batuan. Bandung : ITB Penerbit
- Ferguson,G and Sim, G.A., 1985. J. Chem. Soc
- Hirnawan, R. F, 1994. Peran Faktor-Faktor Penentuan Zona Berpotensi Longsor dalam Mandala Geologi dan Lingkungan Fisiknya di Jawa Barat. Majalah Ilmiah Universitas Padjajaran.
- Hoek, & Bray. (1981). Rock Slope Engineering 3rd. London: Institution of Mining and Metallurgy.
- Holtz, R.D and Kovac, W.D. 1981. An Introduction to Geotecchnical Engineering, Prenentice Hall Civil.
- Krahn, J. (2004). Stability Modeling with SLOPE/W, 1st Edition. Canada: GEOSLOPE/W International, Ltd.
- Nasrul, 2015. Uji Normalitas Secara Deskriptif Soedarmo, D., & Purnomo, E. (1993). Mekanika Tanah. Malang: Kanisius.
- Oldeman, I,R., ZLas & N. Darwis , 1979. An Agroclimatic map of Sumatera Centr.Res,Inst.Agric, Bogor.N0. 52,35 pp
- Vanzuidam, 1985 . Klasifikasi Geomorfologi Untuk Pemetaan Geologi Yang Telah Dibakukan. Jurnal Laboratorium Geomorfologi dan Geologi Foto, Jurusan Geologu, FMIPA, Unpad.