

ANALISIS KESTABILAN LERENG MENGGUNAKAN METODE KINEMATIKA PADA TAMBANG BATUPASIR KECAMATAN LOA JANAN ILIR, KOTA SAMARINDA, PROVINSI KALIMANTAN TIMUR

(Analysis of Safety Factor by Using Kinematic Method on Sandstone Mine, District Loa Janan Ilir, Samarinda City, East Kalimantan Provinces)

Nur Qarima Azis, Revia Oktaviani, Tommy Trides

Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Samarinda

Email: nurqarimaazis@gmail.com

Abstrak

Kestabilan lereng sangat erat kaitannya dengan longsor atau pergerakan tanah atau batuan. Terjadinya longsor pada lereng disebabkan gaya penggerak lebih besar dibandingkan gaya penahan. Pada umumnya pada tambang rakyat tidak diketahui secara pasti keadaan kestabilan lereng. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui keadaan lereng dalam kondisi stabil atau tidak pada lereng penambangan yang diamati. Untuk menentukan kestabilan lereng maka dilakukan analisis menggunakan metode kinematika. Nilai faktor keamanan (FK) dihasilkan dari perhitungan uji sifat fisik dan mekanik batuan, dan penentuan jenis longsor berdasarkan orientasi kekar dengan bantuan program aplikasi proyeksi stereografis yaitu Dips. Dari perhitungan uji sifat fisik batuan didapatkan nilai bobot isi natural batuan, uji sifat mekanik batuan didapatkan nilai sudut geser dalam dan kohesi. Penelitian dilakukan di dua sisi lereng yaitu lereng samping dan lereng depan. Hasilnya menunjukkan potensi longsor adalah 1 longsor bidang yang terjadi antara joint set 1 dengan lereng pada bidang samping (Lereng A) memiliki Faktor Keamanan sebesar 74,97 yang berarti aman dan 1 longsor guling yang terjadi antara joint set 2 dengan lereng pada bidang depan (Lereng B) memiliki Faktor Keamanan bernilai aman dengan $P1t$ dari longsor sebesar -2604,04. Ini menandakan kalau FK dari longsor guling aman.

Kata Kunci: Analisis kinematika, faktor keamanan, longsor.

Abstract

Air Fuel Ratio (AFR) is the ratio of the amount of air and fuel in the combustion process in units of mass or volume. In this study, Air Fuel Ratio (AFR) stoichiometry measured by calculating the amount of substance, chemical reaction equivalence, and air mass required in the combustion process of coal. Research data obtained by proximate analysis, namely inherent moisture, ash content, volatile matter, and fixed carbon. Ultimate analysis consist of carbon (C), hydrogen (H), oxygen (O), nitrogen (N), and sulfur (S). Data processing of this study based on each basis of coal analysis report, namely as received, air dried, dry, and dry ash free. AFR stoichiometry analysis is carried by calculating the amount of substances for each element, chemical reaction equivalence, and calculating the amount of combustion oxygen. Because the AFR analysis of this study used mass units, the calculation of the amount of air mass and the AFR value is based on the basis and chemical reaction. The results of this study showed that the type of coal based on proximate and ultimate analysis was lignite coal. The results of chemical reactions consist of $CHS+O_2$ and $CHONS+O_2$ which affect the AFR value due to the difference in the amount of oxygen in the chemical reaction equivalence. The air fuel ratio (AFR) value of $CHS+O_2$ and $CHONS+O_2$ as received basis 5.42 and 3.42, air dried basis 6.49 and 4.95, dry basis 8.09 and 7.23, dry ash free base 9.71 and 8.67.

Keywords: Kinematics Method, Safety Factors, Failure.

PENDAHULUAN

Kestabilan lereng sangat erat kaitannya dengan longsor atau pergerakan tanah atau batuan, pergerakan ini terjadi karena perubahan keseimbangan daya dukung tanah atau batuan tersebut dan akan berhenti setelah mencapai keseimbangan baru. Terjadinya longsor pada lereng disebabkan gaya penggerak lebih besar dibandingkan dengan gaya penahan. Tetapi bila gaya penahan ini lebih besar daripada gaya penggerak, maka lereng tersebut dalam keadaan

stabil dan tidak akan longsor. Karena itu, harus dibuat suatu desain lereng tambang yang sudah memperhitungkan kemantapan dan kestabilan lereng pada daerah tersebut. Adanya desain lereng yang stabil dan tepat dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas pertambangan yang maksimal dan terjaminnya keselamatan dan kesehatan kerja (K3) serta perolehan hasil tambang yang optimal.

Pada umumnya pada tambang rakyat tidak diketahui secara pasti keadaan kestabilan lereng. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui keadaan lereng dalam kondisi stabil

atau tidak pada lereng penambangan yang diamati. Sehingga dengan diketahuinya keadaan lereng, dapat menjadi informasi bagi para penambang rakyat dalam menciptakan lereng tambang yang aman.

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Menentukan jenis longsoran akibat bidang lemah yang terjadi pada lereng lokasi penelitian.
2. Menentukan nilai Faktor Keamanan pada lereng lokasi penelitian.
3. Menentukan kestabilan lereng berdasarkan nilai faktor keamanan pada lereng lokasi penelitian.

Secara geografis daerah penelitian terletak pada koordinat $0^{\circ}35'35,99''$ S dan $117^{\circ}05'53,59''$ E dan secara administrative penelitian ini terletak pada Kecamatan Loa janan Iilir, Kota Samarinda, Provinsi Kalimantan Timur.

METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan di daerah Loa Janan Iilir Kota Samarinda. Dalam kegiatan penelitian ini akan dibagi menjadi tiga tahapan yaitu pertama tahap pra penelitian berupa studi literatur, perumusan masalah serta metodologi penelitian. Tahap kedua adalah kegiatan penelitian berupa pengambilan data. Tahap ketiga berupa analisis penelitian yaitu mengolah data yang diperoleh dari tahap kedua, kemudian dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai faktor keamanan.

Pelaksanaan penelitian dibagi menjadi beberapa tahap yaitu tahap pra-lapangan, tahap lapangan dan tahap pasca lapangan.

Tahap Pra-lapangan

Pada tahap persiapan ini hal-hal yang dilakukan antara lain:

1. Studi Literatur

Tahapan ini dilakukan berkaitan dengan masalah yang ada, termasuk juga kajian yang telah dilakukan sebelumnya yang berkaitan dengan analisis kestabilan lereng. Selain itu dilakukan pula studi terhadap literatur-literatur yang mendukung penelitian ini seperti jurnal-jurnal, laporan tugas akhir, serta buku-buku.

2. Pengamatan Lapangan

Meliputi pengamatan terhadap lokasi penelitian, menentukan objek penelitian beberapa lereng dan untuk mendapatkan kondisi lereng tersebut yang meliputi geometri lereng serta orientasi bidang lemah dan pengamatan muka air tanah.

Tahap Lapangan

1. Data Kekar

Pengukuran data kekar dilakukan dengan mengukur *strike dan dip, di direction* dari

setiap bidang diskontinu sepanjang garis *scanline*.

2. Data Lereng

Untuk menyatakan lereng dalam dimensi ruang agar dapat dianalisis dengan mudah, maka untuk menentukannya sama halnya dengan penentuan kekar, yaitu pengukuran arah utara (azimuth) sedangkan untuk menentukan kemiringan lereng diambil besaran sudut terhadap bidang datar, peralatan yang digunakan adalah kompas geologi sehingga diperoleh sudut kemiringan lereng dan tinggi lereng.

3. Sampel Batuan

Sampel adalah contoh atau wakil dari suatu populasi, aktifitas pengumpulan sampel disebut sampling, yang berfungsi sebagai objek penelitian untuk mendapatkan data yang mewakili dari keseluruhan populasi batuan yang ada di daerah tersebut. Pada pengambilan sampel dilakukan dengan cara manual yakni dengan menggunakan alat-alat sederhana seperti: palu geologi dan pahat sedimen. Dengan demikian sampel batuan yang diperoleh berupa bongkahan-bongkahan bukan berupa coring dengan ukuran sampel yang bervariasi

Tahap Pasca-lapangan

Tahap pasca-lapangan berupa tahap pengolahan dengan melakukan perhitungan menggunakan bantuan software dalam penentuan jenis longsoran dan perhitungan faktor keamanan lereng.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan dalam dua tahapan yaitu tahap penelitian lapangan dan laboratorium. Penelitian di lapangan berupa pengamatan terhadap lereng, pengamatan muka air tanah (MAT), pengukuran bidang lemah, pengukuran dimensi lereng, pengambilan sampel batuan pada lereng di bagian bidang samping dan bidang depan untuk pengujian di laboratorium.

Kondisi muka air tanah (MAT) terbilang tidak ada atau masih dalam kondisi kering atau berada di bawah lereng sehingga lereng tidak dipengaruhi oleh air tanah. Berdasarkan Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) normal curah hujan terbagi menjadi 3 kategori, yaitu rendah (0-100 mm), menengah (100-300 mm), dan tinggi (300-500 mm). Nilai rata-rata data curah hujan bulanan Samarinda adalah 119,70-298,65 mm termasuk dalam kategori curah hujan menengah sehingga pengaruh beban dari air tidak terlalu besar.

Pengamatan dan pencatatan terhadap orientasi diskontinuitas dilakukan dengan cara sistematis dengan menggunakan metode *scanline*. Data yang diukur adalah arah kemenerusan kekar

Pengujian Sifat Fisik Batuan

Di daerah penelitian ini jenis batuan utamanya yaitu berupa batupasir (*sandstone*). Sampel yang diambil berada pada bidang samping untuk mewakili batuan pada lereng bagian

samping dan sampel batuan pada bidang depan untuk mewakili semua batuan pada lereng bagian depan untuk pengujian di laboratorium

Tabel 1. Hasil pengujian uji sifat fisik batuan pada bidang samping

Kode	Jenis Batuan	γ_n	γ_d	γ_w	SG	ω_n	ω_s	S	n	e
		gr/cm ³	gr/cm ³	gr/cm ³		%	%	%	%	
SS1	Sandstone	2	1,78	2,06	2,5	12,28	15,43	79,58	27,52	0,38
SS2	Sandstone	2,01	1,78	2,06	2,5	12,92	15,84	81,53	28,14	0,39
SS3	Sandstone	1,94	1,75	2,03	2,4	11,17	16,01	69,75	27,98	0,39
Rata-rata		1,98	1,77	2,05	2,4	12,12	15,76	76,95	27,88	0,39

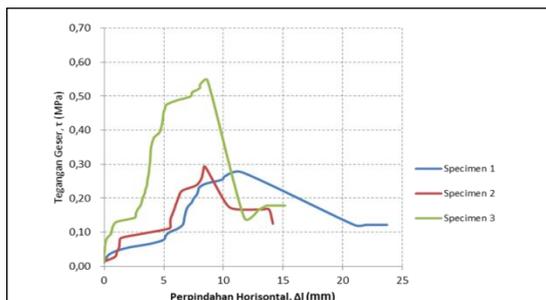
Tabel 2. Hasil pengujian uji sifat fisik batuan pada bidang depan

Kode	Jenis Batuan	γ_n	γ_d	γ_w	SG	ω_n	ω_s	S	n	e
		gr/cm ³	gr/cm ³	gr/cm ³		%	%	%	%	
SS4	Sandstone	2,09	1,89	2,16	2,6	10,75	14,1	76,26	26,63	0,36
SS5	Sandstone	2,03	1,84	2,1	2,5	10,23	14	73,05	25,82	0,35
SS6	Sandstone	1,95	1,78	2,04	2,4	9,18	14,66	62,59	26,13	0,35
Rata-rata		2,02	1,84	2,1	2,5	10,05	14,25	70,63	26,19	0,35

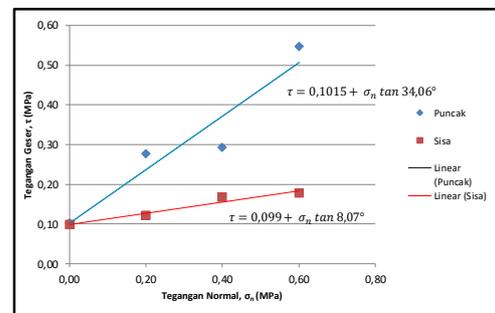
Pengujian Sifat Fisik Mekanik

Pada penelitian ini dilakukan pengujian mekanik batuan berupa *Direct Shear Strength* atau kuat geser langsung untuk menentukan nilai kohesi (c) dan nilai sudut geser dalam (ϕ) yang nantinya akan digunakan dalam perhitungan analisis kestabilan lereng untuk mendapatkan nilai Faktor Keamanan. Dari hasil uji geser yang telah dilakukan dengan pemberian gaya normal yang berbeda-beda diperoleh grafik nilai dari tegangan geser (*shear stress*) vs perpindahan horizontal. Setelah diplot maka dari grafik tersebut didapatkan nilai puncak dimana saat sampel batuan pecah/*failire*/runtuh dan nilai sisa dimana setelah batuan mengalami keruntuhan.

Berdasarkan hasil tegangan normal dan tegangan geser pengujian kuat geser. tahap selanjutnya adalah dapat dibuat grafik dari hasil tegangan normal dan tegangan geser batuan yang menghasilkan persamaan analisis regresi linier sederhana yang nantinya untuk menentukan kohesi (c) serta sudut geser dalam (ϕ) dari batuan tersebut. Data yang dimasukkan adalah tegangan normal (σ_n), dan tegangan geser (τ) dari masing-masing 3 (tiga) sampel yang sebelumnya sudah di tentukan yang mana posisi puncak dan yang mana pada posisi sisa.

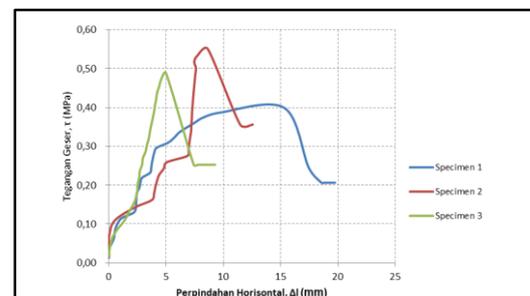


Gambar 4. Grafik tegangan geser vs perpindahan bidang samping



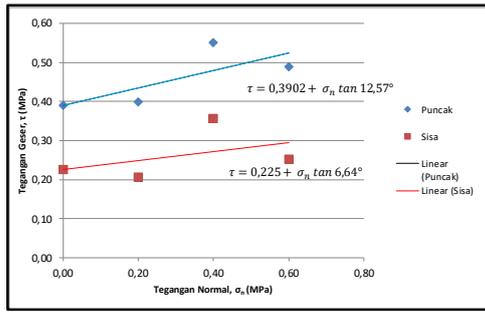
Gambar 5. Grafik tegangan geser vs tegangan normal samping

Berdasarkan grafik hubungan antara tegangan geser dan tegangan normal pada Gambar 4, didapat hasil kohesi puncak dan sisa masing-masing 0,105 dan 0,099 dari titik perpotongan garis regresi pada garis koordinat tegangan geser. Sedangkan sudut geser dalam puncak dan sisa masing-masing 34,06° dan 8,07° ditentukan dari sudut yang dibentuk oleh garis regresi dengan garis horizontal.



Gambar 6. Grafik tegangan geser vs perpindahan bidang depan

Berdasarkan grafik hubungan antara tegangan geser dan tegangan normal pada Gambar 6, didapat hasil kohesi puncak dan sisa masing-masing 0,3902 dan 0,225 dari titik



Gambar 7. Grafik tegangan geser vs tegangan normal depan

perpotongan garis regresi pada garis koordinat tegangan geser. Sedangkan sudut geser dalam puncak dan sisa masing-masing 12,57° dan 6,64° ditentukan dari sudut yang dibentuk oleh garis regresi dengan garis horisontal. Nilai ini yang akan dibawa dalam perhitungan faktor keamanan longsor, baik itu faktor keamanan longsor baji, longsor bidang, maupun longsor guling. Hal ini membawa pada satu kesimpulan yakni betapa pentingnya pengujian kuat geser batuan dalam analisis kinematika batuan ini.

Faktor Keamanan

Perhitungan Faktor Keamanan (FK) dilakukan untuk mengetahui nilai keamanan dari lereng tersebut, perhitungan kali ini menggunakan data yang bersumber dari kohesi bidang lemah, sudut geser dalam bidang lemah, bobot isi batuan, bobot isi air, dan beberapa hasil dari analisis stereoplot geometri. Dari hasil pengamatan masing-masing bidang didapatkan potensi longsor yang akan terjadi adalah longsor guling dan bidang dengan rumus Faktor Keamanan didapatkan hasil sebagai berikut.

Analisis Faktor Keamanan Metode Kinematika Longsor Guling

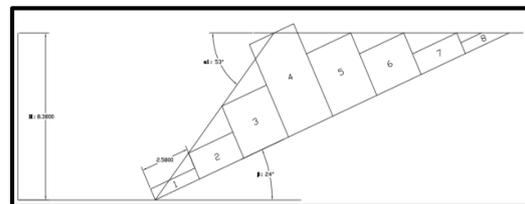
Tabel 3. Hasil perhitungan longsor guling

No	t(m) (1)	h(m) (2)	W(kg/m ³) (3)	l (m) (4)	m (m) (5)	Ps(kg/m) (6)	Pt (kg/m) (7)
1	2,58	0,72	1444,4	0,4	0,72	-2072,39	-2604,04
2	2,58	2,15	4333,3	2,15	2,15	-304,06	-2365,66
3	2,58	3,58	7222,1	3,58	3,58	1142,08	-1183,87
4	2,58	5,01	10110,9	5,01	5,01	2052,89	-324,27
5	2,58	3,99	8050,2	3,99	3,99	0	0
6	2,58	2,84	5727,4	2,84	2,84	0	0
7	2,58	0,56	1123,6	0,56	0,56	0	0
8	2,58	0,41	829,5	0,41	0,41	0	0

Berdasarkan Tabel 3, t pada kolom 1 (satu) adalah spasi diskontinu (jarak antar kekar) sebenarnya. H pada kolom 2 (dua) adalah tinggi masing-masing balok yang tersusun pada lereng. W pada kolom 3 (tiga) adalah berat dari masing-masing blok. l pada kolom 4 (empat) adalah hasil pengurangan antara tinggi blok dengan rongga yang terdapat lereng. m pada kolom 5 (lima) adalah hasil dari pengurangan tinggi blok n dengan blok n-1. Ps pada kolom 6 (enam) adalah gaya terjadi pada blok dengan

metode sliding. Pt pada kolom 7 (tujuh) adalah gaya terjadi pada blok dengan metode *toppling* (guling).

Pada penelitian ini memiliki tinggi lereng adalah 8,38 m dengan sudut 53°, sedangkan bidang gelincir memiliki sudut 24° yang kemudian diplot pada gambar geometri lereng model guling sehingga diperoleh 8 blok dengan lebar tiap blok adalah 2,58 m yang tercantum pada Gambar 8. Kemudian dilakukan perhitungan untuk mencari nilai (H) tinggi masing-masing blok, nilai (W) berat masing-masing blok, nilai l dan nilai M. Dan yang terakhir dilakukan perhitungan mencari gaya P_{is} dan P_{it}. Perhitungan gaya P_{is} dan P_{it} dimulai dari blok terakhir. Perhitungan dimulai pada blok 4 karena nilai (t/h) pada blok 4 yaitu 0,50 lebih kecil dari tanβ yaitu 0,52, sehingga nilai gaya P_{is} dan P_{it} pada blok 5 sampai 8 adalah 0.

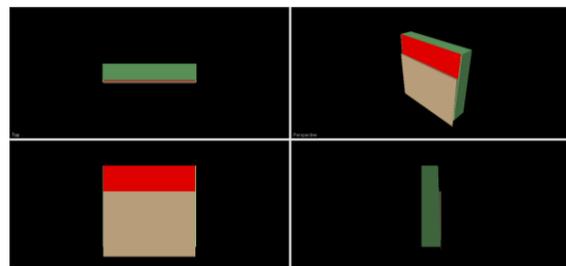


Gambar 8. Stereoplot geometri guling

Hasil yang negatif pada nilai P_{it} yang terdapat pada Tabel 3, menandakan bahwa blok aman terhadap longsor guling. Bagaimanapun, hasil positif dari nilai P_{it} membuktikan jumlah gaya dari lereng blok menghasilkan *block sliding* dan berujung pada keruntuhan seperti kartu domino. Blok 1 merupakan kunci dalam penentuan apakah Faktor Keamanan ialah stabil, runtuh atau kritis. Nilai gaya dari P_{it} longsor sebesar -2604,04.

Analisis Faktor Keamanan dengan Program Rockplane

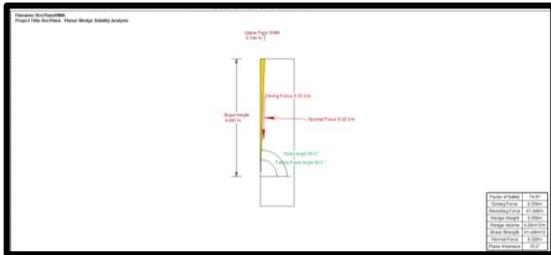
Hasil visualisasi pada program swedge adalah sebagai berikut:



Gambar 9. Visualisasi potensi longsor pada program *Rockplane* (3D)

Berdasarkan gambar 9 dapat dilihat bentuk dari geometri lereng tampilan yang menunjukkan pandangan atas, depan, sisi dan perspektif model. Tampilan atas, depan, bawah, dan samping

adalah orthogonal berkenan dengan satu sama lain yaitu sudut pandang berbeda 90 derajat. Pada bidang berwarna merah muda menunjukkan bidang yang kemungkinan akan mengalami keruntuhan atau disebut bidang gelincir.



Gambar 10. Visualisasi potensi longsoran pada program Rocplane (2D)

Berdasarkan Gambar 10 dapat dilihat hasil perhitungan stabilitas lereng menggunakan software Rocplane sesuai dengan geometri lereng dan parameter batuan yang telah di input, dimana parameter batuan pada lereng samping sesuai dengan hasil penelitian di laboratorium yaitu didapat kohesi 10,35 t/m² dan sudut gesek dalam (*friction angle*) adalah 34,06°.

Secara garis besar, analisis deterministik menghasilkan data kondisi kelerengan dan dimensi potensi longsoran. Pada Gambar 10 juga menunjukkan bahwa nilai gaya penggerak (*Driving force*) adalah 0,55 t/m dengan normal force 0,02 t/m dan sudut bidang gelincir (*failure plane angle*) yaitu 88°. Sedangkan gaya penahan (*resisting force*) pada lereng sebesar 41,44 t/m. Sehingga diperoleh *safety factor* pada lereng pengamatan yaitu 74,97 yang menunjukkan lereng tersebut aman ($SF \geq 1$) dengan kemiringan lereng 90° dan tinggi lereng 4 m.

KESIMPULAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian berupa pengolahan data yang diperoleh di lapangan maupun data pengujian di laboratorium, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Jenis longsoran yang terjadi di lokasi penelitian adalah 1 longsoran bidang yang terjadi antara *jointset* 1 dengan lereng samping dan 1 longsoran guling yang terjadi antara *jointset* 2 dengan lereng depan.
2. Hasil perhitungan menggunakan analisis kinematika didapatkan:
 - a. Nilai Faktor Keamanan longsoran bidang sebesar 74,97
 - b. Nilai Gaya Pada Pit1 sebesar -2604,04
3. Berdasarkan hasil perhitungan dapat dinyatakan Faktor Keamanan lereng depan dan samping menunjukkan lereng dalam keadaan aman atau stabil

Saran

1. Sebaiknya pada saat penambangan dapat menggunakan Alat Pelindung Diri (APD).
2. Untuk menghindari pengulangan perhitungan data kekar sebaiknya dalam penelitian selanjutnya. Peneliti harus lebih hati-hati dalam pengambilan data di lapangan agar data yang didapat merupakan data yang representatif dari kondisi aktual lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arif, Irwandy. 2016. Geoteknik Tambang. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama. Ariani.
- Azizi, M, A. 2014. Pengembangan Metode Penentuan Reliabilitas Kestabilan Lereng Tambang Terbuka di Indonesia. Disertasi. Program Doktor Rekayasa Pertambangan Institut Teknologi Bandung.
- Badan Metereologi Klimatologi Geofisika. 2008-2018. Data Curah Hujan Bulanan. Samarinda.
- Hardiyatmo, Hary Christdy. 2012. Mekanika Tanah 1 Edisi 6. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Langgu, Y., 2011, *Optimalisasi Kerja Alat Peremuk Untuk Mencapai Target Produksi Batubara di PT. Tanjung Alam Jaya Kecamatan Pengaron Kabupaten Banjar Provinsi Kalimantan Selatan*, UPN "Veteran" Yogyakarta, Yogyakarta. dilihat 29 Januari 2019.
- <http://www.rocscience.com/rocscience/product/dips/resource/update,14-1-2018>
- <http://www.rocscience.com/rocscience/product/rocplane/resource/update,18-6-2018>
- Kahfi, A., Gumilang, W.S., dan Gurning, A.M. 2018. Kemantapan Lereng dan Analisis Deterministic-probabilistic Longsoran Studi Kasus Tambang Batupasir Formasi Pulaubalang. Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Mulawarman Samarinda.
- Karyono. 2004. Kemantapan Lereng Batuan. Diklat Perencanaan Tambang Terbuka. Bandung: Unisba.
- Putra, Dean Ryanda. 2019. Studi Kestabilan Lereng Dengan Menggunakan Metode Kinematika Pada Tambang Batupasir di Kelurahan Rapak Dalam Kecamatan Loa Janan Ilir Kota Samarinda Kalimantan Timur. Skripsi. Program S1 Teknik Pertambangan Universitas Mulawarman
- Rai, M. A., Kramadibrata, S., dan Watimena, R, K. 2013. Mekanika Batuan. Bandung: ITB Press.
- Supriana, S., Sukardi dan Rustandi, E., 1995. Geological Map of The Samarinda Sheet, Kalimantan
- Suharyadi. 2004. Pengantar Geologi Teknik

- Edisi Wyllie, D.C., Mah, C.W. 2004. Rock Slope Engineering 4th Edition. London: Spon Press 4. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada
- Zuar, Bhakti Muhammad. 2018. Studi Faktor Keamanan Menggunakan Analisis Kinematika pada Tambang Batupasir Kecamatan Samarinda Ulu Kota Samarinda Provinsi Kalimantan Timur. Skripsi. Program S1 Teknik Pertambangan Universitas Mulawarman.