

GEOLOGI & ANALISIS KESTABILAN LERENG PADA TAMBANG BATUGAMPING, DESA TEGALDOWO, KECAMATAN GUNEM, KABUPATEN REMBANG, JAWA TENGAH

Mason Harry Roy Sinaga, Sari Bahagiarti K, Jatmika Setiawan
¹Teknik Geologi, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta
Jl. SWK 104 (Lingkar Utara) Condong Catur, Depok, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55283
masonsinnaga24@gmail.com

Sari – Lokasi penelitian secara administratif terletak pada Desa Tegaldowo, Kecamatan Gunem, Kabupaten Rembang, Provinsi Jawa Tengah, dengan koordinat UTM - WGS84 - 49S dengan X: 556885 mE - 555885 mE dan Y: 9241800 mN- 9239800 mN. Dalam operasi penambangan terbuka masalah kestabilan lereng menjadi salah satu perhatian khusus, sehingga perlu mengetahui Faktor Keamanan dari lereng tersebut, guna untuk memastikan operasi penambangan berjalan dengan lancar. Penelitian menggunakan metode elemen hingga (FEM) dengan kriteria keruntuhan *Generalized Hoek & Brown*. Bentuk asal daerah penelitian dibagi menjadi dua, berdasarkan satuan bentuk lahan berupa Perbukitan Denudasional (D1), Dataran Antar Bukit (D2), dan Lahan PIT / Lahan Bukaan Tambang (A1). Stratigrafi daerah penelitian dibagi menjadi dua satuan batuan antara lain, Satuan wackestone Paciran dan Satuan floatstone Paciran dengan kontak menjari. Struktur geologi daerah penelitian berupa kekar dengan tegasan berarah relatif utara - selatan dan sesar mendatar kanan naik dengan arah N 249° E / 72°. Berdasarkan hasil analisis kestabilan lereng pada lereng Blok J didapatkan nilai FK sebesar 1,23 pada kondisi asli dan 1,13 pada kondisi jenuh, pada lereng Blok K didapatkan nilai FK sebesar 1,34 pada kondisi asli dan 1,3 pada kondisi jenuh, pada lereng Blok L didapatkan nilai FK sebesar 1,78 pada kondisi asli dan 1,72 pada kondisi jenuh, pada lereng Blok M didapatkan nilai FK sebesar 1,36 pada kondisi asli dan 1,34 pada kondisi jenuh. Pada lereng Blok J didapatkan nilai FK dalam kondisi kritis sehingga dibutuhkan suatu rekomendasi lereng untuk memperbesar nilai faktor keamanan dengan cara penurunan sudut lereng menjadi 70,5° sehingga didapatkan nilai FK sebesar 1,32 pada kondisi asli dan 1,27 pada kondisi jenuh.

Kata Kunci : geologi, kestabilan lereng, faktor keamanan, Rembang

PENDAHULUAN

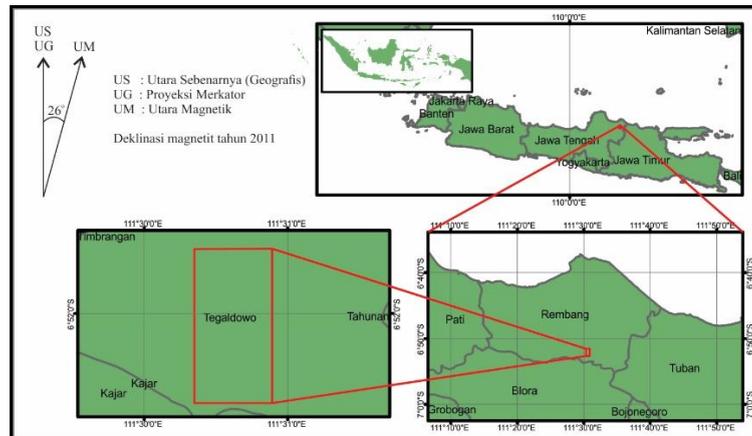
Di dalam operasi penambangan, masalah kestabilan lereng akan ditemukan pada penggalian tambang terbuka (open pit dan open cut) (Suyartono, 2003). Jika lereng yang terbentuk sebagai akibat dari proses penambangan itu tidak stabil, kegiatan produksi akan terganggu dan mengakibatkan ketidaksinambungan produksi. Oleh karena itu, analisis kestabilan lereng, baik pada tahap perancangan maupun tahap 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).

Kestabilan lereng dipengaruhi oleh faktor geometri lereng, karakteristik fisik dan mekanik material pembentuk lereng, air (hidrologi dan hidrogeologi), struktur bidang lemah batuan, tegangan alamiah dalam massa batuan, konsentrasi tegangan lokal, getaran (alamiah: gempa: dan perbuatan manusia: efek peledakan, efek lalu lalang alat-alat berat), iklim, hasil perbuatan pekerja tambang (Moshab, 1997). Oleh karena itu, faktor-faktor ini harus sangat diperhatikan agar kondisi lereng dapat dijaga kestabilannya. Dalam menentukan kestabilan lereng dikenal istilah faktor keamanan (safety factor) yang merupakan perbandingan antara gaya penahan yang membuat lereng tetap stabil dengan gaya penggerak yang menyebabkan longsor.

Pada tambang batugamping Desa Tegaldowo, Kecamatan Gunem, Kabupaten Rembang, Provinsi Jawa Tengah memiliki dua bahan baku utama yang digunakan untuk produksi semen yaitu tanah liat (clay) dan batu kapur. Tambang batu gamping diperlukan untuk memenuhi kebutuhan komponen kalsium karbonat (CaCO₃) pada semen dan tambang tanah liat diperlukan untuk memenuhi kebutuhan komponen alumina (Al₂O₃) dan silika (SiO₂). Tambang batugamping tersebut terletak pada area tambang terbuka maka desain suatu lereng tambang merupakan hal penting yang perlu diperhatikan karena akan menentukan efisiensi dan efektivitas penambangan yang maksimal serta keselamatan selama proses penambangan.

Maka dari itu tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk menganalisis kestabilan lereng tambang PT. Semen Indonesia untuk mendapatkan nilai FK (Faktor Keamanan) minimum pada lereng tersebut. Hasil analisis

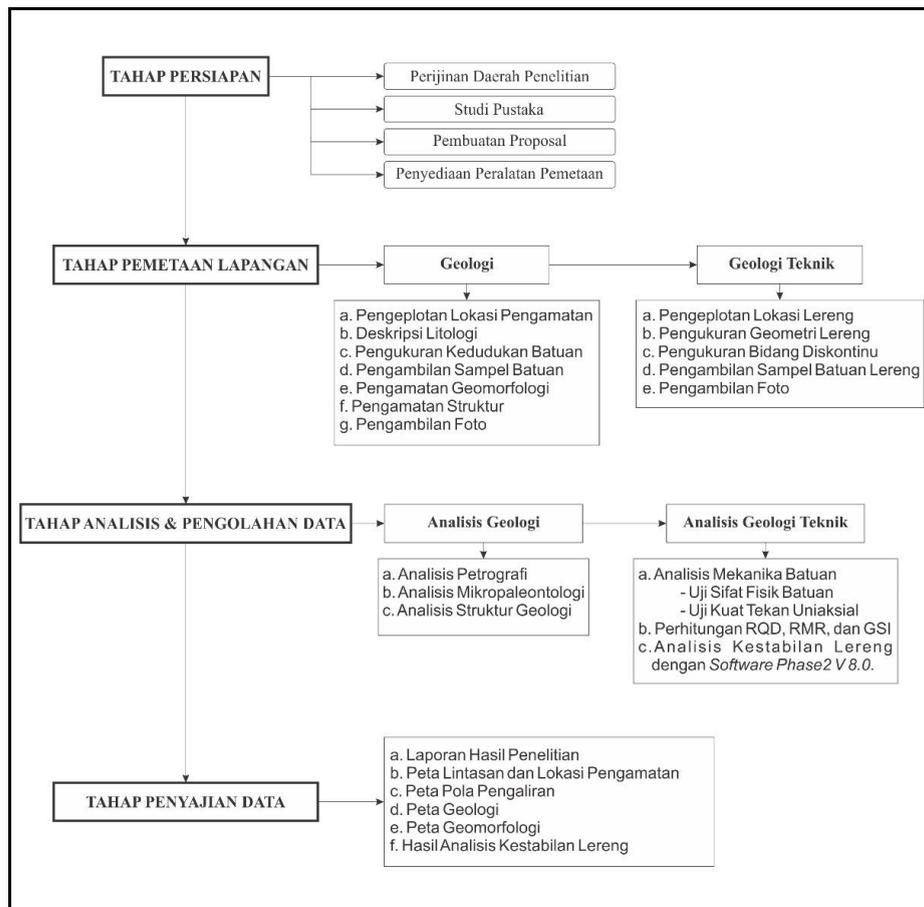
kestabilan lereng tersebut dapat menjadi parameter data bagi perusahaan untuk mendapatkan geometri lereng yang optimum, agar proses penambangan untuk kedepannya dapat berjalan dengan lancar, sehingga target produksi dapat tercapai (Gambar 1).



Gambar 1. Peta Indeks daerah penelitian

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini digunakan metode pemetaan lapangan. Metode ini digunakan oleh peneliti untuk melakukan pemetaan geologi pada daerah telitian yang membutuhkan pengamatan detail pada tiap lokasi pengamatannya. Tahapan penelitian dibagi menjadi beberapa tahapan yaitu tahap persiapan, tahap pemetaan lapangan, tahap analisis & penelitian laboratorium, dan tahap penyajian data (Gambar 2).



Gambar 2. Diagram alir penelitian

GEOLOGI DAERAH TELITIAN

Pola Pengaliran

Berdasarkan klasifikasi pola pengaliran Howard (1967), pola pengaliran yang berkembang pada lokasi penelitian adalah pola pengaliran subparalel. Pola pengaliran subparalel merupakan perkembangan dari pola pengaliran paralel yang menunjukkan lebih sedikit tingkat kesejajaran (paralelisme) dibandingkan dengan pola aliran dasar itu sendiri.

Geomorfologi

Satuan bentuk lahan daerah penelitian didasarkan atas aspek - aspek geomorfologi menurut Van Zuidam (1983). Maka daerah penelitian dibagi menjadi dua satuan bentuk asal yaitu bentuk asal denudasional dan bentuk asal antropogenik. Bentuk asal denudasional daerah penelitian dibagi menjadi dua, yaitu perbukitan denudasional (D1) dan dataran antar bukit (D2). Bentuk asal antropogenik daerah penelitian terdiri atas bentuk lahan berupa PIT/lahan bukaan tambang (A1).

Stratigrafi

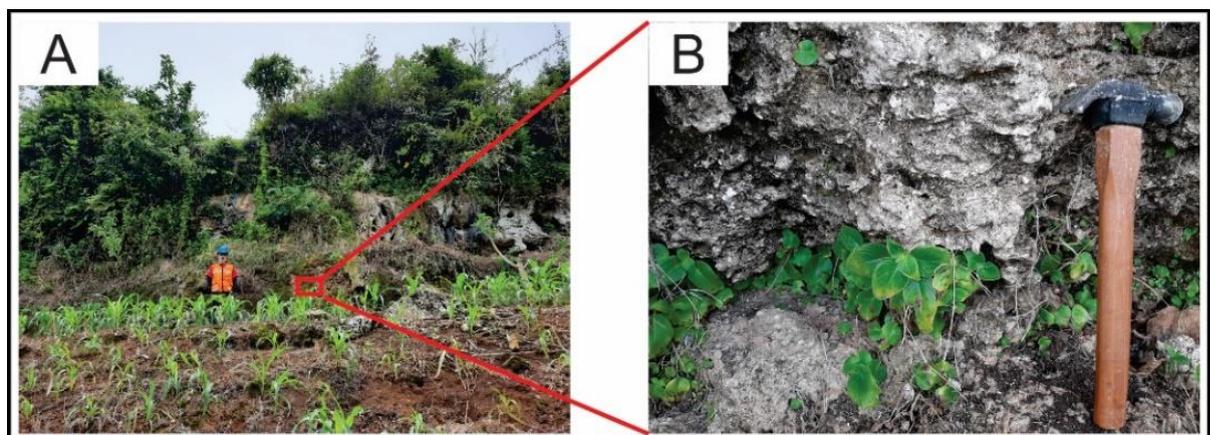
Satuan litostratigrafi daerah penelitian mengikuti tatanama litostratigrafi menurut kaidah Sandi Stratigrafi Indonesia (1996). Berdasarkan hasil pemetaan geologi permukaan, pengukuran penampang stratigrafi dan dibandingkan dengan hasil penelitian terdahulu, maka stratigrafi daerah penelitian dari tua ke muda terdiri dari (Gambar 3) :

Gambar 3. Kolom Stratigrafi daerah penelitian (Mason Sinaga, 2021)

LEGENDA :						
ZAMAN	KALA	ZONASI BOLLII (1969)	FORMASI	LITHOSTRATIGRAFI	EVOLUSI TEKTONIK	
TERSIER	PLIOSEN	N20	Formasi Paciran		Marin	
		N19				
		N18				
	MIOSEN	AKHIR				N17
	N16					

Satuan Wackestone Paciran

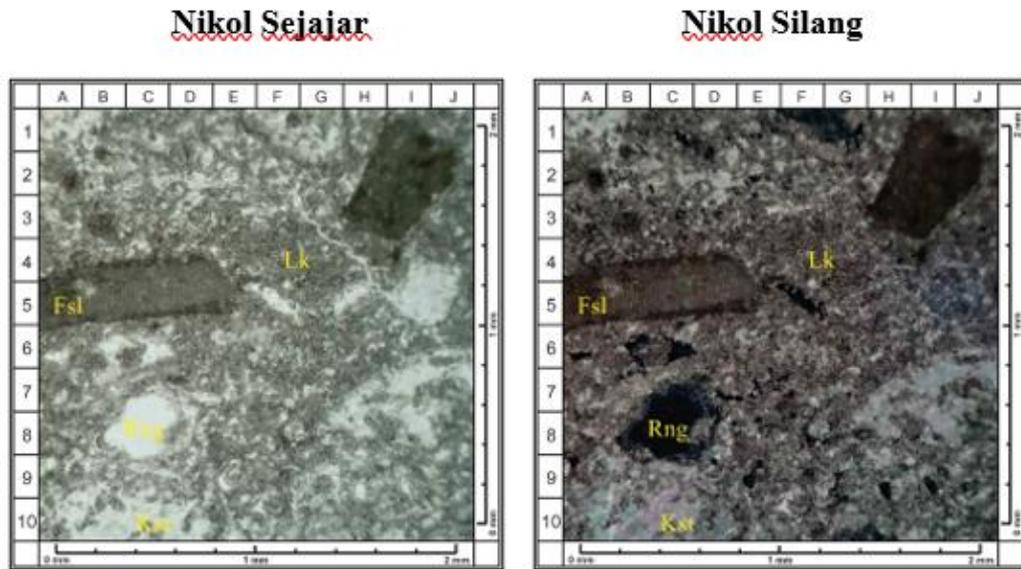
Satuan wackestone Paciran daerah penelitian umumnya memperlihatkan warna fresh putih susu hingga kecoklatan, lapuk abu - abu, ukuran arenit, terpilah baik, didukung oleh matriks, dominasi masif, namun ada di beberapa tempat ditemukan berlapis (Gambar 4). Penamaan lapangan berupa batuan kalkarenit (Grabau, 1904).



Gambar 4. (A) Kenampakan singkapan wackestone pada LP 42 dengan arah kamera N308°E.
(B) Kenampakan litologi wackestone

Berdasarkan hasil analisis petrografis pada sampel batuan yang diambil pada LP 42 (lampiran B - 2), didapatkan nama batuan berupa Wackestone (Embry & Klovan, 1971) dengan struktur masif - berrongga, tekstur meliputi

ukuran butir < 1/256 - > 1 mm, sortasi baik, kemas terbuka, tersusun atas Fosil (A5) dengan kelimpahan 10%, kalsit (C10) dengan kelimpahan 25%, mineral lempung - lempung karbonat (F4) dengan kelimpahan 62%, dan rongga (C8) dengan kelimpahan 3% (Gambar 5).



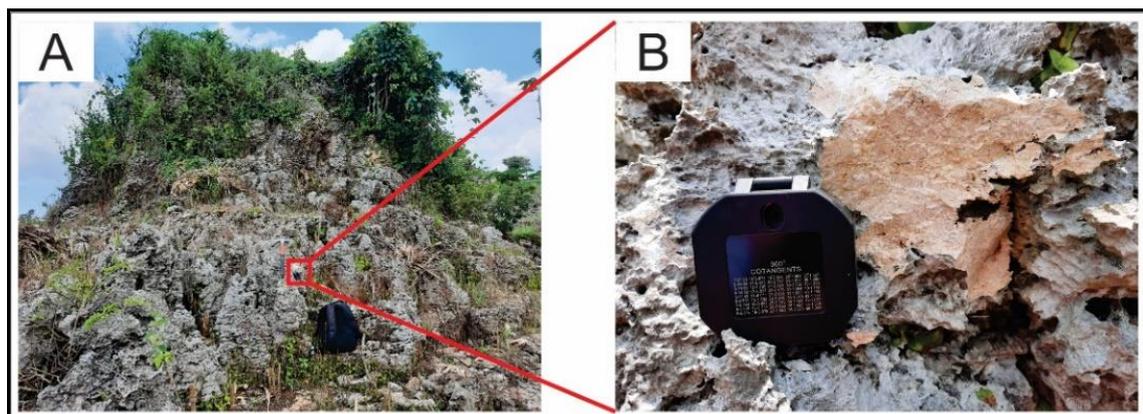
Gambar 5. Sayatan petrografi litologi wackestone LP 42

Umur

Umur formasi ini tidak dapat dipastikan karena tidak mengandung fosil penunjuk. Walaupun demikian, berdasarkan stratigrafi cekungan Jawa Timur Utara menurut Noya (1983) dalam Farghani R (2018) dan menurut Pringgoprawiro (1983) Satuan wackestone Paciran daerah penelitian ini berumur Miosen Akhir hingga Pliosen Akhir (N16 - N20). Dan berdasarkan penarikan umur alga (*Mesophyllum* sp.; *Lithophyllum* sp.; *Porolithon* sp.) pada satuan ini didapatkan umur Miosen Akhir - Pliosen Akhir (Lampiran C-4).

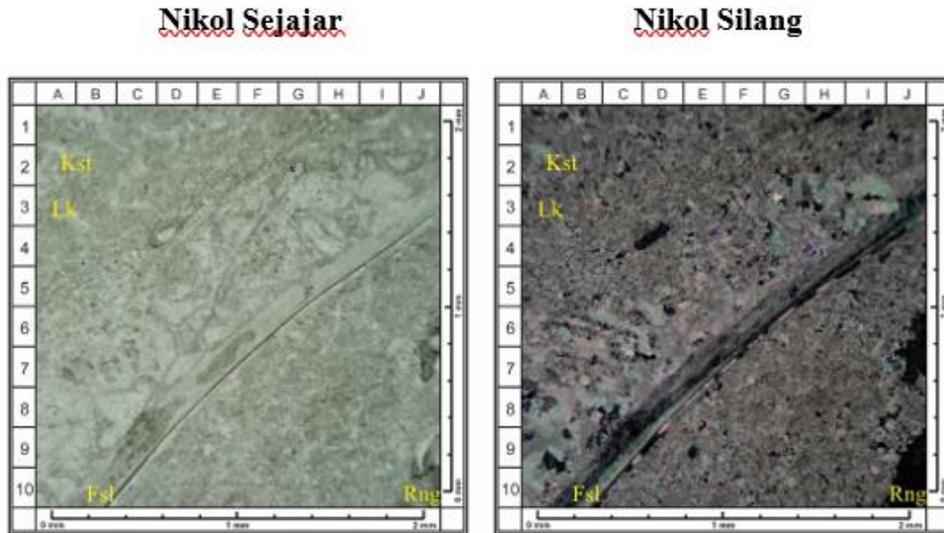
Satuan Floatstone Paciran

Satuan floatstone Paciran daerah penelitian umumnya memperlihatkan warna fresh coklat kekuningan, lapuk hitam, ukuran rudit, terpilah buruk, didukung butiran, massif (Gambar 6). Penamaan lapangan berupa batuan kalsirudit (Grabau, 1904).



Gambar 6. (A) Kenampakan singkapan floatstone pada LP 130 dengan arah kamera N067°E. (B) Kenampakan litologi floatstone

Berdasarkan hasil analisis petrografis pada sampel batuan yang diambil pada LP 130 (lampiran B - 5), didapatkan nama batuan berupa Floatstone (Embry & Klován, 1971) dengan struktur masif - berrongga, tekstur meliputi ukuran butir < 1/256 - > 2 mm, sortasi buruk, kemas terbuka, tersusun atas Fosil (B10) dengan kelimpahan 25%, kalsit (A2) dengan kelimpahan 3%, mineral lempung - lempung karbonat (A3) dengan kelimpahan 68%, dan rongga (J10) dengan kelimpahan 4% (Gambar 7).



Gambar 7. Sayatan petrografi litologi floatstone LP 130

Umur

Hasil analisis fosil LP 140 dari satuan ini menunjukkan kehadiran foraminifera planktonik *Orbulina universa* dan *Sphaerodinellopsis cf. sphaeroides*, sehingga didapatkan umur N17 - N20 (Miosen Akhir - Pliosen Akhir).

Lingkungan Pengendapan

Hasil analisis mikrofosil bentos pada LP 8 menunjukkan lingkungan batimetri neritik tengah - neritik luar (36,6 - 109,8 m) yang terdiri dari bentos *Psammo siphonella discreta*, *Tubinella funalis*. Pada LP 34 menunjukkan lingkungan batimetri neritik luar (109,8 m) yang terdiri dari bentos *Hyperammmina cylindrica*, *Tubinella funalis*, *Tubinella inornata*. Pada LP 140 menunjukkan lingkungan batimetri neritik tengah - neritik luar (36,6 - 109,8 m) yang terdiri dari bentos *Tubinella funalis*.

STRUKTUR GEOLOGI DAERAH PENELITIAN

Kekar

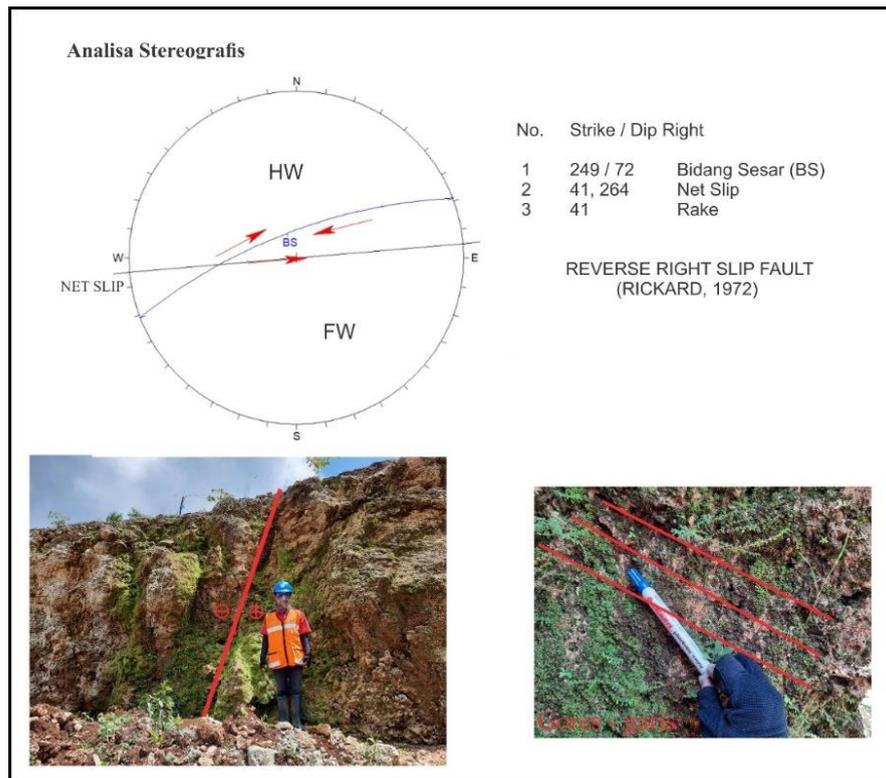
Berdasarkan hasil analisis tegasan menggunakan kekar gerus maka tegasan daerah penelitian berarah utara - selatan N 351° E / 84° (Gambar 8)



Gambar 8. Struktur geologi kekar LP 30 pada satuan floatstone Paciran

Sesar

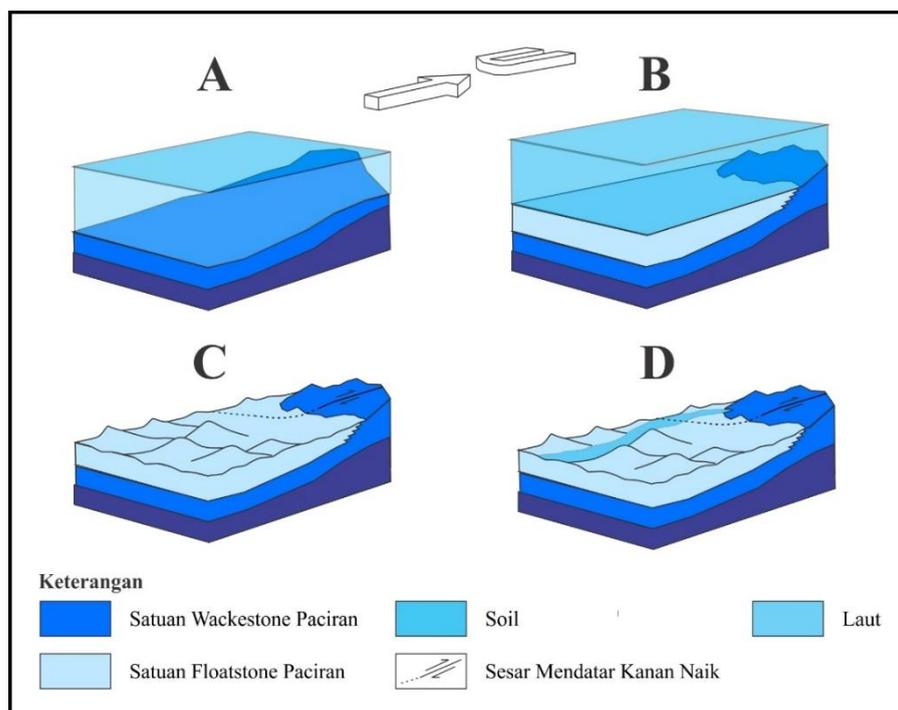
Sesar ini ditemukan pada LP 12 (Gambar 9). Sesar ini memiliki bidang sesar dengan arah N 249° E / 72°. Jenis sesar ini adalah Reverse Right Slip Fault (Rickard, 1972).



Gambar 9. Hasil analisis sesar Tegaldowo dan bukti sesar Tegaldowo

Sejarah Geologi

Pada Miosen Akhir (N16, menurut Noya, 1983) Terjadi aktivitas marin dimana terendapkan endapan marin berupa wackestone. Secara menjari kemudian diendapkan litologi berupa floatstone dan litologi wackestone selama Miosen Akhir hingga Pliosen Akhir (N17 - N20). Kemudian terjadi reaktifasi sesar yang diakibatkan oleh gaya kompresi pada Zaman Neogen Kala Pliosen berupa sesar mendatar kanan naik berarah SW - NE. Kemudian terjadi pelapukan dan pelarutan yang berlanjut hingga saat ini (Gambar 10).



Gambar 10. Sejarah Geologi

Potensi Geologi

Potensi geologi daerah penelitian dapat dibagi menjadi dua antara lain potensi negatif dan potensi positif. Potensi positif antara lain adalah tambang batugamping, potensi minyak dan gas. Potensi negatif berupa gerakan massa.

ANALISIS KESTABILAN LERENG

Analisis kestabilan lereng pada daerah penelitian dilakukan pada 4 lokasi pengamatan (Blok J, Blok K, Blok L, dan Blok M). Data - data geologi teknik diperoleh dari pengujian sampel batuan lokasi pengamatan yang kemudian diuji pada laboratorium, data - data yang diperlukan yaitu data sifat fisik batuan dan sifat mekanik batuan. Diperoleh data (tabel 1) :

Tabel 1. Data Geometri Lereng

Lereng	No.	Tinggi Lereng	Lebar Bench	Kemiringan	Arah Kemiringan
				Lereng Tunggal	
Blok J	1	4,1 m	7,2 m	68°	N 345 ° E
	2	6 m	6 m	75°	
Blok K	1	8,2 m	6 m	60°	N 100 ° E
	2	5,3 m	6 m	68°	
	3	4,8 m	6 m	78°	
Blok L	1	5,5 m	6 m	70°	N 160 ° E
	2	5 m	6 m	69°	
	3	5 m	6 m	70°	
Blok M	1	4,1 m	6 m	64°	N 056 ° E
	2	5 m	6 m	72°	
	3	5 m	6 m	71°	

Berdasarkan data yang telah didapat maka dilakukan analisis kestabilan lereng dengan menggunakan *Software Phase2 V 8.0*. Analisis menggunakan metode FEM dengan kriteria keruntuhan *Generalized Hoek & Brown*. Diperoleh hasil sebagai berikut (Tabel 2) :

Tabel 2. Rekapitulasi Data Lereng Daerah Penelitian

PARAMETER	LERENG				
	BLOK J	BLOK K	BLOK L	BLOK M	
RQD (%)	33,085	37,765	54,64	49,68	
RMR	57	57	62	57	
GSI	52	52	57	52	
mi	10	10	10	10	
<i>Disturbance Factor</i>					
D	1	1	1	1	
mb	0,32	0,32	0,617	0,32	
s	0,000335	0,000335	0,0015	0,000335	
a	0,505	0,505	0,5026	0,505	
c' (KN/m ²)	27,32	33,66	41,03	32,26	
Ø' (°)	27,386	27,61	32,33	26,35	
Bobot Isi	Asli	0,01687	0,020498	0,01883	0,02118
(MN/m ³)	Jenuh	0,01991	0,021871	0,02040	0,02216
Kuat Tekan Uniaksial (Mpa)		2,25	2,82	2,42	2,45
<i>Poisson's Ratio</i>		0,11	0,42	0,06	0,06
<i>Modulus Elastisitas</i> (10 ² *Mpa)		7,2	3,7552	9,7045	11,0267
FK	Asli	1,23	1,34	1,78	1,36
	Jenh	1,13	1,3	1,72	1,34
Kondisi		Kritis	Stabil	Stabil	Stabil

Keterangan :

Faktor Keamanan	Kondisi
FK < 1,07	: Labil (terjadi longsor)
1,07 ≤ FK ≤ 1,25	: Kritis (dapat terjadi longsor)
FK > 1,25	: Stabil (tidak terjadi longsor)

Faktor Keamanan menurut Bowles, 1991

Perhitungan faktor keamanan lereng Blok J diperoleh nilai faktor keamanan dalam kondisi kritis (memungkinkan terjadinya longsoran) sehingga dibutuhkan suatu rekomendasi lereng untuk memperbesar nilai faktor keamanan dengan cara penurunan sudut lereng.

SMR (Slop Mass Rating) digunakan untuk memperkirakan sudut kemiringan lereng yang aman berdasarkan parameter RMR. Berdasarkan Orr (1992) nilai SMR dapat diperoleh berdasarkan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{SMR} &= 35 \ln \text{RMR} - 71 \quad (6.5) \\ &= 35 \ln 57 - 71 \\ &= 70,5^\circ \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil analisis rekomendasi kestabilan lereng diatas diperoleh nilai faktor keamanan dalam kondisi asli (FK = 1,32) termasuk kedalam kondisi lereng stabil dan nilai faktor keamanan dalam kondisi jenuh.(FK = 1,27) termasuk kedalam kondisi lereng stabil.

Perhitungan faktor keamanan lereng Blok K, L, M diperoleh nilai faktor keamanan dalam kondisi stabil baik dalam kondisi asli maupun kondisi jenuh.

KESIMPULAN

- Pola pengaliran yang berkembang di daerah penelitian adalah pola pengaliran ubahan subparalel yang dikontrol oleh topografi miring hingga curam dan struktur geologi berupa sesar dan kekar.
- Bentuk asal daerah penelitian dibagi menjadi tiga berdasarkan pembagian satuan bentuk lahan, antara lain Satuan Bentuk Lahan Perbukitan Denudasional (D1), Dataran Antar Bukit (D2), dan PIT / Lahan Bukuan Tambang (A1).
- Stratigrafi daerah penelitian dapat dibagi menjadi dua satuan batuan dari tua ke muda, antara lain : Satuan wackestone Paciran berumur Miosen Akhir - Pliosen Akhir (N16 - N20) dan Satuan Floatstone Paciran berumur Miosen Akhir - Pliosen Akhir (N17 - N20).
- Struktur geologi daerah penelitian meliputi kekar dengan tegasan berarah relatif utara - selatan. Sesar daerah penelitian berarah barat daya - timur laut (Sesar Tegaldowo).
- Potensi geologi daerah penelitian meliputi potensi positif berupa pertambangan batugamping dan wisata taman. Potensi negatif berupa Gerakan massa.
- Berdasarkan hasil analisis kestabilan lereng menggunakan *Software Phase2 V 8.0*. diperoleh hasil faktor kemanan pada lereng Blok J : kritis; lereng Blok K : stabil; lereng Blok L : stabil; dan lereng Blok M : stabil. Dan nilai RMR dan kuat tekan batuan sangat berpengaruh terhadap kestabilan lereng dimana semakin tinggi nilai RMR dan kuat tekan maka semakin tinggi nilai FK suatu lereng.

Saran

- Dibandingkan dengan metode - metode analisis kestabilan lereng lainnya.
- Ditambah penelitian tentang geologi (litologi / kedudukan)

DAFTAR PUSTAKA

- Arif, I. 2016. *Geoteknik Tambang (Mewujudkan Produksi Tambang Yang Berkelanjutan dengan Menjaga Kestabilan Lereng)*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka. hal. 85-87, 96-97, 185-186
- Bemmelen, R.W. V. 1949. *The Geology of Indonesia*, Vol. 1 A, Government Printing Office, The Hague: Amsterdam. hal. 585-592
- Bieniawski, Z.T. 1989. *Engineering Rock Mass Classification*. Canada : John Wiley and Sons Corp. hal. 51-55
- Cheng, Y.M., dan C. K. Lau. 2008. *Slope Stability Analysis and Stabilizations*. London and New York : Routledge. hal. 74
- Edelbro, C. 2003. *Rock Mass Strength*. Lulea : Lulea University Of Technology. hal. 24-25 & 49-51
- Embry, A. F., & Klovan, J. E. (1971). A Late Devonian reef tract on northeastern Banks Island, NWT. *Bulletin of Canadian Petroleum Geology*.
- Farhngani, R., dkk. 2018 . *Geologi Daerah Sendangrejo Dan Sekitarnya Kecamatan Ngimbang Kabupaten Lamongan Provinsi Jawa Timur Dan Analisa Kimiawi Batugamping Formasi Paciran Sebagai Bahan Baku Semen Daerah Jojogan Kecamatan Singgahan Kabupaten Tuban Jawa Timur*. Bogor : Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknik-Universitas Pakuan.
- Hamad, M. M. 2018. *Coralline red algae from the Pliocene Shagra Formation of Wadi Wizer, Red Sea coast, Egypt: Systematics, biofacies analysis and palaeoenvironmental implications*. Cairo University, Faculty of Science, Geology Department, Egypt.

- Highland, L., and Bobrowsky, P. 2008. *The Landslide Handbook – A Guide to Understanding Landslides*. Virginia: U.S. Geological Survey. hal. 4-21
- Hoek, E. 2002. *Hoek-Brown Failure Criterion*. Canada : Consulting Engineer.
- Hoek, E., dan E. T. Brown. 2018. The Hoek - Brown failure criterion and GSI. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering* Vol. 11 No. 445 - 463.
- Hoek, E. - . *Rock Engineering*. North Vancouver : Evert Hoek Consulting Engineer Inc. hal. 47 - 50
- Howard, A.D. 1967. Drainage Analysis in Geologic Interpretation: *A Summation AAPG Bulletin*. Vol. 51 No. 11 November 1967. hal. 2246-2259
- Husein, S., K. Kakda., H. F. N. Aitya. 2015. Mekanisme Perlipatan En Echelon di Antiklinorium Rembang Utara. *Proceeding Seminar Nasional Kebumihan ke-8*, Yogyakarta: 15-16 Oktober 2015.
- Husein, S. 2016. *Cekungan Jawa Timur Utara*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- Johnson, J. H. 1964. Fossil and Recent Calcareous Algae From Guam. *Geological Survey Professional Paper* 403-G.
- Karnawati, D. 2007. *Mekanisme Gerakan Massa Batuan Akibat Gempa Bumi; Tinjauan dan Analisis Geologi Teknik*. Yogyakarta: Staf Pengajar Pasca Sarjana Jurusan Teknik Sipil dan Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Gajah Mada.
- Komisi Sandi Stratigrafi Indonesia, 1996, Sandi Stratigrafi Indonesia IAGI
- Kroeger, K. F. 2007. Upper Miocene coralline red algal associations of central Crete (Greece): Taxonomy and palaeoenvironmental implications. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie - Abhandlungen*.
- Maneveldt, G.W., Derek W. K. 2014. Taxonomic review based on new data of the reef-building alga Porolithon onkodes (Corallinaceae, Corallinales, Rhodophyta) along with other taxa found to be conspecific. *Phytotaxa* 190 (1): 216–249.
- Noorchayo, A., M. T. Toha., Bochori. 2019. Stabilitas Lereng Disposal Serelo Selatan Di Pt. Bumi Merapi Energi. *Jurnal Pertambangan*. 3(4).
- Prasetyadi, C., I. Sudarno., V. B. Indranadi., Surono. 2011. Pola Dan Genesa Struktur Geologi Pegunungan Selatan, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta Dan Provinsi Jawa Tengah. *JSDG*. 21(2)
- Prengki, I., dan B. Heriyadi. -. Analisis Beban Runtuh dan Evaluasi Lubang Bukaan Berdasarkan Metode Rock Mass Rating dan Q – System pada Tambang Bawah Tanah CV Bara Mitra Kencana, Kota Sawahlunto, Sumatera Barat. *Jurnal Bina Tambang*. 3(4).
- Putro, C. W. 2012. *Pemetaan Geologi Struktur Untuk Menentukan Gambaran Tektonik Daerah Kawengen Dan Sekitarnya, Kecamatan Ungaran Timur, Kabupaten Semarang*. Semarang : Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.
- Salindeho, L. M., D. W. Agustine., S. Purwo., Z. Naufal. 2020. Analisis Mikrofosil Desa Dagangan Dan Wukirharjo Kabupaten Tuban Cekungan Jawa Timur Utara. *Prosiding Seminar Teknologi Kebumihan dan Kelautan (SEMATAN II)*, Surabaya: 121 Juli 2020. 2(1).
- Singh, B., R. K. Goel. 1999. *Rock Mass Classification (A Practical Approach in Civil Engineering)*. Netherlands : Elsevier. hal. 34-37
- Suryono, S. S. 2000. Klasifikasi Batuan Sedimen Campuran Karbonat Dan Silisiklastik. *Media Teknik*. No. 2 - 2000.
- Tiffany, C., T. Winarno., J. Marin. 2020. Kualitas Batuan di Tambang Tanah Liat Sebagai Bahan Campuran Semen PT Semen Gresik Kabupaten Rembang. *Jurnal Geosains dan Teknologi*. 3(2).
- Zakaria, Z., D. Muslim., I. Sophian. 2012. Koreksi Smr Pada Desain Lereng Tambangterbuka Batubara Pada Formasi Balikpapan & Formasi Kampungbaru, Sangasanga, Kalimantan Timur : *Buletin Sumber Daya Geologi*. Vol. 7 No. 3 - 2012.
- Zuidam, R. V. (1983). *Guide to Geomorphologic Aerial Photographic Interpretation and Mapping*. Netherlands: ITC Enschede.
- Zulfikar, R., Nurhakim., R. N. Hakim. 2019. Penerapan Metode Klasifikasi Massa Batuan (RMR) dan Kriteria Runtuh Hoek & Brown Dalam Menentukan Faktor Keamanan Pada Analisa Kestabilan Lereng. *Jurnal GEOSAPTA*. 5 (1).

