

Volume 9, Number 2, December 2021

PROMINE



Mining Journal
Exploration, Exploitation
Georesource Processing
and Mine Environmental

PROMINE	Volume 9	Number 2	Page 55 - 91	Balunijuk December 2020	ISSN 2354-7316 e-ISSN 2620-7737
---------	-------------	-------------	-----------------	----------------------------	------------------------------------

**DEPARTMENT OF MINING ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
UNIVERSITY OF BANGKA BELITUNG**

PROMINE
Jurusan Teknik Pertambangan
Universitas Bangka Belitung



Mining Journal
Exploration, Exploitation
Georesource Processing
and Mine Environmental

Ketua Penyunting (Editor In Chief)

Guskarnali, S.T., M.T. (Universitas Bangka Belitung)

Anggota Penyunting (Associate Editor)

Irvani S.T., M.Eng. (Universitas Bangka Belitung)

Dewan Penyunting (Editorial Board)

Janiar Pitulima, S.T., M.T. (Universitas Bangka Belitung)

Delita Ega Andini, S.T., M.T. (Universitas Bangka Belitung)

Firman, S.Pd., M.T. (Universitas Khairun)

Wahyudi Zahar, S.T., M.T. (Universitas Jambi)

Mitra Bestari (Reviewers)

Dr. Franto, S.T., M.Si. (Universitas Bangka Belitung)

Dr. Aji Syailendra Ubaidillah, S.T., M.Sc. (Universitas Muhammadiyah Mataram)

Dr. Mohamad Anis, S.T., M.M. (Direktorat Jenderal Mineral dan Batubara, Kementerian ESDM)

Dr. Afikah Rahim (Universitas Teknologi Malaysia-Malaysia)

Dr. Shalaho Dina Devy, S.T., M.Eng (Universitas Mulawarman)

Dr. Rika Ernawati, M.Si (Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta)

Dr. Agus Winarno, S.T., M.T. (Universitas Mulawarman-Indonesia)

Dr. R. Andy Erwin Wijaya, S.T., M.T. (Institut Teknologi Nasional Yogyakarta)

Dr. Ir. Yunus Ashari, M.T. (Universitas Islam Bandung)

Dr. Wahyu Wilopo, M.Eng. (Universitas Gajah Mada Yogyakarta)

I Gde Sukadana, M.Eng (Badan Tenaga Nuklir Nasional)

Ir. Hasywir Thaib Syiri, M.Sc (Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta)

Administrasi

Dewi Astuti, A.Md.

Librarian

Arja Kusuma, SIP.

Redaksi Jurnal

Alamat : Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik
Kampus Terpadu Universitas Bangka Belitung, Desa Balunujuk,
Kabupaten Bangka, Bangka Belitung

Telp. : (0717) 422145

E-mail : jurnalpromine@gmail.com

Website : <http://journal.ubb.ac.id/index.php/promine>

KATA PENGANTAR

Jurnal ilmiah dengan nama PROMINE merupakan terbitan berkala ilmiah Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Bangka Belitung yang terbit setiap bulan Juni dan Desember dalam setahun yang meliputi bidang Eksplorasi (Geologi dan Geofisika), Geoteknik/Geomekanika, Pengolahan Minerba, Manajemen dan Ekonomi Minerba, Lingkungan Pertambangan, Reklamasi dan Pasca Tambang.

Visi Penyelamatan dan Keberlanjutan Sumberdaya Bumi "*Save and Sustainability GeoResources*" melalui penambangan yang berwawasan lingkungan menjadi misi utama yang diemban oleh PROMINE dalam mengkampanyekan kelestarian sumberdaya bumi. Melalui tulisan ilmiah yang dihasilkan, diharapkan mampu memberikan kontribusi positif bagi perkembangan ilmu pertambangan. Atas bantuan, kontribusi dan sumbangsih semua pihak hingga dapat terbitnya PROMINE Edisi Desember 2021, Vol. 9 (2), diucapkan terima kasih.

DAFTAR PUSTAKA (Contents)

Judul (Title)	Hal. (page)
Pengaruh Diskontinuitas Terhadap Kestabilan Lereng Batuan Terkekarkan Studi Kasus Kuari Andesit PT Lola Laut Timur Kabupaten Bogor (<i>The Effect of Discontinuity on Stability of Displaced Rock Slope Case Study Andesit Quarry PT Lola Laut Timur Bogor Regency</i>)	55 – 60
Andesta Granitio Irwan ^{1*} , S. Koesnaryo ² , Barlian Dwinagara ³ , Singgih Saptono ⁴ ^{1,2,3,4} Magister Teknik Pertambangan, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta	
Penyusunan Zonasi Kawasan Pertambangan Di Kabupaten Magetan Berdasarkan Aplikasi Sistem Informasi Geografis Dengan Metode Pertampalan (<i>Development of Mining Area Zonation in Magetan based on Geographic Information System Application with the Overlay Method</i>)	61 – 66
Fajar Rizki Widiatmoko ^{1,2} , Yazid Fanani ^{1,3} , Salahudin Al Fakhri ¹ , I Wayan Koko Suryawan ^{2,4} , Mega Mutiara Sari ⁴ ¹ Jurusan Teknik Pertambangan, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, Indonesia ² Department of Natural Resources and Environmental Studies, National Dong Hwa University, Taiwan ³ Jurusan Teknik Geologi, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta, Indonesia ⁴ Jurusan Teknik Lingkungan, Universitas Pertamina, Jakarta, Indonesia	
Peningkatan Nilai Tambah Mineral Kalsit Menjadi Barang Seni Lampu Hias (<i>Increased Added Value of Calcite Mineral Into Decorative Lighting Art Items</i>)	67 – 71
Rully Nurhasan Ramadani ^{1*} , M Imam Aga Dinata ² , Eka Adhitya ¹ , Himawan Nuryahya ¹ , Sri Widayati ¹ ¹ Prodi Teknik Pertambangan, Universitas Islam Bandung ² Program Studi Magister Geologi, Institut Teknologi Bandung	
Analisa Sebaran Tss, Tds, Ph Dan Suhu Di Sungai Akibat Penambangan Emas Aluvial Rakyat Dengan Sgems Di Desa Sungai Kapas, Merangin, Jambi (<i>Analysis Distribution of TSS, TDS, pH And Temperature In The River Due to People's Alluvial Gold Mining With SGEMS In Desa Sungai Kapas, Merangin, Jambi</i>)	72 – 76
Rusnoviandi ¹ , Refky Adi Nata ² , Puji Rahayu ³ , Verra Syahmer ⁴ ^{1,3} Prodi Teknik Pertambangan, STTIND Padang ⁴ Politeknik ATIP Padang	
Kajian Teknis Kestabilan Lereng Pasca Tambang Berdasarkan Sifat Fisik dan Mekanik Tanah (<i>Study of Post-Mining Slope Stability Based on Physical and Mechanical Properties of Soil</i>)	77 – 83
Muhammad Rizhan ¹ , Rahma Norfaeda ^{2*} , Kartini ³ ^{1,2,3} Jurusan Teknik Pertambangan, Politeknik Negeri Banjarmasin	
Kajian Produktivitas Alat untuk Mengoptimalkan Hasil Produksi Overburden di PT. Karebet Mas Indonesia Site Kutai Energi Kalimantan Timur (<i>Productivity Study of Tools for Optimizing Overburden Production Results at PT. Karebet Mas Indonesia Site Kutai Energi East Kalimantan</i>)	84 – 91
Fairus Atika Redanto Putri ^{1*} , Yudho Dwi Galih Cahyono ¹ , Serin Rabin ¹ ¹ Jurusan Teknik Pertambangan, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya	

Pengaruh Diskontinuitas Terhadap Kestabilan Lereng Batuan Terkekarkan

Studi Kasus Kuari Andesit PT Lola Laut Timur Kabupaten Bogor

(The Effect of Discontinuity on Stability of Displaced Rock Slope Case Study Andesite Quarry PT Lola Laut Timur Bogor Regency)

Andesta Granitio Irwan^{1*}, S. Koesnaryo², Barlian Dwinagara³, Singgih Saptono⁴
^{1,2,3,4}Magister Teknik Pertambangan, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta

* Korespondensi E-mail: anddesta.granitio@gmail.com

Abstrak

Diskontinuitas pada suatu massa batuan memberikan pengaruh pada kestabilan suatu lereng batuan karena merupakan salah satu faktor pengendali dari keruntuhan lereng. Dalam penelitian ini dilakukan analisis terhadap peran diskontinuitas yaitu kekar dan lapisan *lithic tuff* terhadap kestabilan lereng serta pengaruh parameter persisten dan kekasaran kekar terhadap nilai faktor keamanan lereng. Analisis yang digunakan yaitu pengaruh perubahan ketebalan lapisan *lithic tuff*, persisten serta nilai kekasaran kekar terhadap nilai faktor keamanan lereng. Pengolahan data kestabilan lereng menggunakan Software Rocscience RS2 dengan pemodelan Metode Elemen Hingga dengan pemodelan massa batuan yang digunakan dalam analisis yaitu Model Kekar Veneziano. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan ketebalan lapisan *lithic tuff* memberikan penurunan nilai faktor keamanan lereng hingga 1,37%. Pengaruh parameter persistensi terhadap faktor keamanan lereng diperoleh bahwa semakin meningkat nilai persistensi maka akan menurunkan nilai faktor keamanan lereng hingga 2,9% dan perubahan nilai JRC menurunkan nilai faktor keamanan hingga 1,7%.

Kata kunci: Diskontinuitas, persisten, intrusi, kekasaran, faktor keamanan

Abstract

Discontinuity in a rock mass has an influence on the stability of a rock slope because it is one of the controlling factors of slope failure. In this study, an analysis was carried out on the role of discontinuities, namely joints and lithic tuff layers on slope stability and the effect of persistent parameters and joint roughness on the safety factor of safety factor. The analysis used is the effect of changes in the thickness of the lithic tuff, persistence and the value of joint roughness on the value of the safety factor. Processing of slope stability data using Rocscience RS2 Software with Finite Element Method modeling with rock mass modeling used in the analysis, namely the Veneziano Model. The results showed that an increase in the thickness of the lithic tuff layer resulted in a decrease in the safety factor of the slope up to 1.37%. The effect of the persistence parameter on the slope safety factor was found that the higher the persistence value, the lower the slope safety factor value up to 2.9% and changes in the JRC value decreased the safety factor value up to 1.7%.

Keywords: Discontinuity, persistent, intrusion, roughness, safety factor

1. Pendahuluan

Pada umumnya massa batuan terdiri atas struktur geologi yang terbentuk secara alami atau biasa disebut diskontinuitas. Keberadaan diskontinuitas pada suatu massa batuan khususnya lereng batuan memberikan pengaruh pada kestabilan lereng karena merupakan faktor pengendali dari keruntuhan lereng (Wang *et.al.*, 2019). Diskontinuitas pada lereng berupa kekar yang saling berpotongan berpotensi membentuk blok batuan karena tidak adanya kuat tarik dari massa batuan serta parameter persistensi kekar menjadi faktor kritis dalam penyebab ketidakstabilan lereng (Hudson dan Harrison., 1997).

Kenampakan diskontinuitas seperti kekar yang dominan dan adanya diskontinuitas mayor berupa batuan jenis *lithic tuff* yang membentuk

lapisan memotong beberapa lereng dengan nilai kuat tekan lebih lemah dibandingkan tubuh batuanya yaitu andesit serta memiliki dominasi mineral litik fragmen dan gelas vulkanik. Secara teoritis dapat mengganggu kestabilan lereng karena diasumsikan berasosiasi dengan bidang gelincir blok batuan oleh bidang diskontinuitas yang sudah ada.

Berdasarkan fakta lapangan yang sudah dijabarkan sebelumnya, perlunya dilakukan kajian lebih lanjut mengenai analisis kestabilan lereng meliputi potensi jenis longsor pada lereng penambangan dengan pemodelan lapisan *lithic tuff* dan pemodelan jejaring kekar (*joint network*) Model Veneziano sesuai yang digunakan dalam penelitian (Romer., 2016) sebagai pendekatan estimasi kekar acak yang

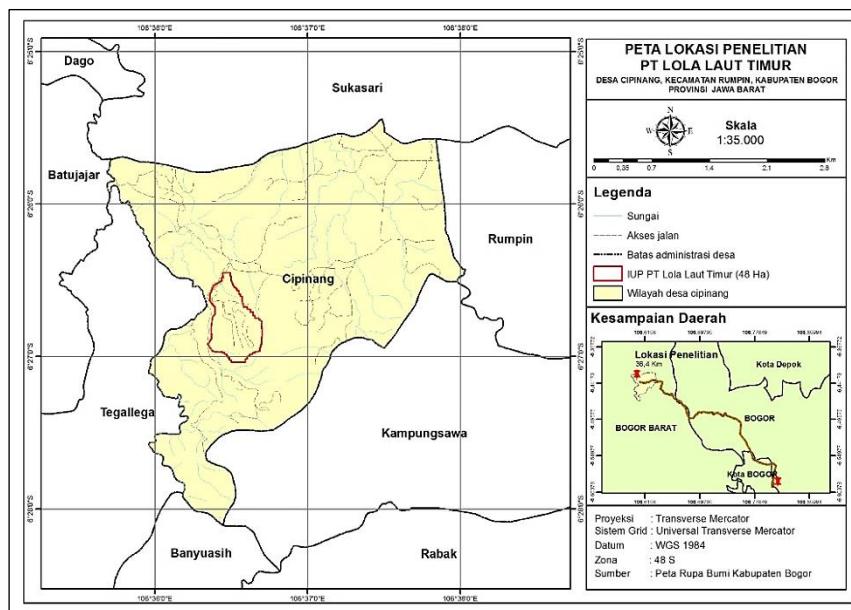
merepresentasikan kondisi kekar sebenarnya. Hal ini diharapkan dapat merepresentasikan kondisi diskontinuitas berupa kekar dengan simulasi perubahan parameter persistensi dan kekasaran kekar.

2. Metode

Lokasi penelitian dilakukan pada PT Lola Laut Timur yang terletak di Desa Cipinang, Kecamatan Rumpin, Kabupaten Bogor, Jawa Barat dengan jarak tempuh 36,4 Km dari pusat Kota Bogor (Gambar 1).

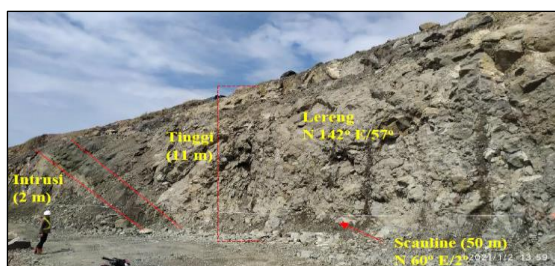
Setelah dilakukan pemetaan lereng, dilakukan pengambilan sampel batuan untuk dilakukan pengujian laboratorium. Pengujian yang digunakan yaitu pengujian sifat fisik batuan, pengujian kuat tekan uniaksial, dan kuat geser langsung. Hasil pengujian laboratorium kemudian diolah secara statistik dengan hasil seperti pada Tabel 1.

Dari data hasil pemetaan diskontinuitas dianalisis menggunakan analisis kinematik untuk mengetahui potensi longsoran pada tiap lereng penelitian. Kemudian dilakukan analisis



Gambar 1. Lokasi penelitian

Metode penelitian dilakukan orientasi dan observasi lapangan dalam penentuan lokasi lereng yang akan dilakukan penelitian, kemudian dilakukan pengukuran geometri lereng, pengukuran diskontinuitas menggunakan metode *scanline* Saptono dkk (2012) dengan panjang 50 m. Parameter diskontinuitas yang dilakukan pengukuran meliputi orientasi kekar, spasi kekar, persisten, kekasaran, *aperture*, *infilling*, kondisi air pada lereng dan pelapukan serta pemetaan lokasi lapisan *lithic tuff*. Pemetaan diskontinuitas dilakukan pada masing-masing lereng jenjang dengan total delapan lereng penelitian.



Gambar 2. Pemetaan lereng penelitian

klasifikasi massa batuan menggunakan *Rock Mass Rating* (RMR) oleh Bieniawski (1989) dan *Slope Mass Rating* (SMR) oleh Romana (1985).

Pemodelan lereng penelitian didasarkan pada geometri dari pengukuran menggunakan Total Station. Pemodelan lapisan *lithic tuff* pada lereng diterapkan pada kondisi lereng keseluruhan (*overall slope*). Kemudian klasterisasi data hasil pengukuran menggunakan perangkat lunak AutoCad 2010 untuk mendapatkan bidang perpotongan dari kekar. Perpotongan bidang kekar ini kemudian dijadikan bidang perpotongan yang diasumsikan memotong lereng sepenuhnya dan diterapkan nilai kekasaran menggunakan kuat geser diskontinuitas Barton Bandis.

Pemodelan jejaring kekar pada model geometri lereng mengikuti data statistik hasil pemetaan diskontinuitas di lapangan. Jejaring kekar yang digunakan yaitu Model Kekar Veneziano yang diadopsi dari penelitian Romer (2016) seperti Gambar 3.

Analisis perubahan pengaruh parameter persistensi kekar dan kekasaran kekar dilakukan pada jejaring kekar dan bidang perpotongan. Untuk parameter persistensi kekar, analisis

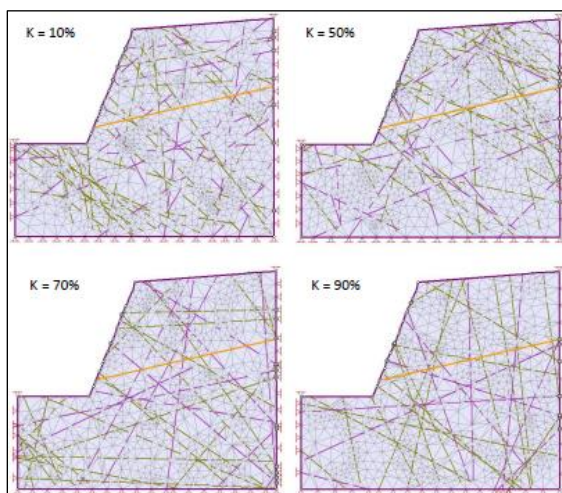
dilakukan dengan perubahan nilai persistensi kekar 10% – 90%. Kemudian analisis perubahan

kekasaran kekar (JRC) mengikuti profil kekar yang diusulkan oleh arton dan Choubey (1977).

Tabel 1. Statistik pengujian laboratorium

Statistik	σ_c (MPa)	E (MPa)	ν	C_r (MPa)	ϕ_r (°)	γ_s (gr/cm ³)
Min	12,21	419,17	0,07	0,06	8,53	2,29
Max	53,67	9184,70	0,46	0,62	44,87	2,63
Mean	23,27	3880,55	0,22	0,23	16,80	2,48
StDev	13,37	1973,30	0,11	0,18	11,23	0,10

Keterangan: σ_c = kuat tekan uniaksial, E = modulus young, ν = poisson rasion, C_r = kohesi residu, ϕ_r = sudut geser dalam residu, γ_s = bobot isi jenuh.



Gambar 3. Model kekar veneziano

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian meliputi jenis longsoran dari analisis kinematik, kelas massa batuan terhadap penelitian, pengaruh lapisan *lithic tuff* terhadap faktor keamanan lereng, pengaruh persistensi dan kekasaran terhadap faktor keamanan lereng serta terhadap kekuatan massa batuan.

Analisis Kinematik

Hasil analisis kinematik tiap jenjang lereng penelitian ditunjukkan oleh Tabel 2 berikut.

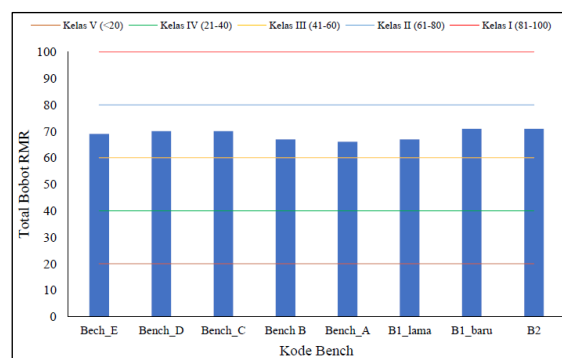
Tabel 2. Hasil analisis kinematik

Jenjang	Potensi Longsoran	Perpotongan Set Kekar
E	Baji	B & C
D	Baji	A & C, C & D
C	Baji	A & C
B	Baji	A & C, B & D
A	Baji	A & B
1Lama	Baji	A & D
1Baru	Baji	A & C, A & D
2	Baji	B & C, A & D

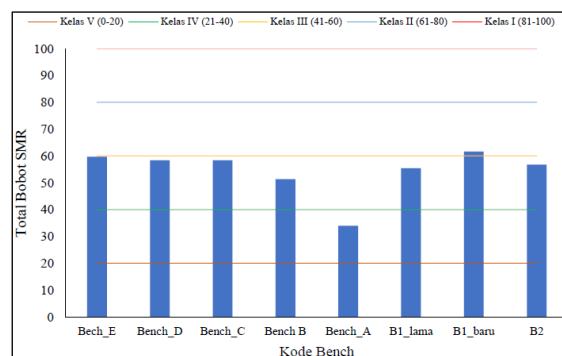
Dari Tabel 2 terkonfirmasi dimana syarat terbentuknya longsoran baji yaitu kemiringan muka lereng (ψ_f) > kemiringan bidang perpotongan (ψ_i) > sudut geser dalam (ϕ) terpenuhi pada masing-masing lereng. Probabilitas potensi longsoran baji yang terbentuk berdasarkan analisis kinematik yaitu 17,40 - 53,51%.

Analisis Klasifikasi Massa Batuan

Analisis klasifikasi massa batuan berdasarkan klasifikasi *Rock Mass Rating* (RMR) untuk masing-masing jenjang lereng penelitian ditunjukkan pada Gambar 4 dan *Slope Mass Rating* (SMR) ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 4. Grafik klasifikasi RMR



Gambar 5. Grafik klasifikasi SMR

Dari Gambar 4 menunjukkan bahwa bobot RMR berada pada rentang nilai 69 - 71 yaitu

lereng masuk ke dalam kelas II yang berarti kondisi massa batuan dalam keadaan baik, sedangkan Gambar 5 menunjukkan bahwa bobot SMR untuk tiap jenjang lereng 75% lereng berada pada rentang nilai 41-60 (kelas III) dengan probabilitas kelongsoran 40%, sedangkan 12,5% lereng berada pada rentang nilai 60 - 80 (kelas II) dengan probabilitas kelongsoran 20% serta 12,5% lereng berada pada rentang nilai 21 - 40 (kelas IV) dengan probabilitas kelongsoran 60%.

Analisis Kestabilan Lereng

Analisis kestabilan lereng difokuskan pada lereng jenjang tunggal dan lereng keseluruhan dengan acuan nilai faktor keamanan oleh KEPMEN ESDM 1827 Tahun 2018. Perangkat lunak yang digunakan yaitu *Rocscience RS2* dengan lisensi milik Universitas Gajah Mada (UGM).

Prinsip analisis perangkat lunak *Rockscience RS2* menggunakan Metode Elemen Hingga atau *Finite Element Method (FEM)* dengan faktor keamanan dihitung dengan *Strength Reduction Factor (SRF)* yang mengurangi kekuatan massa batuan hingga mencapai batas kritisnya. Hasil analisis kestabilan lereng penelitian ditunjukkan oleh Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Faktor Keamanan Lereng Penelitian

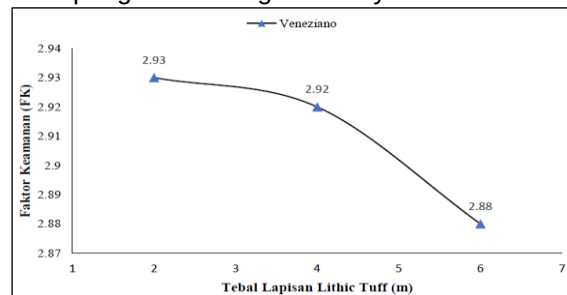
Kode Lereng	SRF	PF (%)	Keterangan
E	6,17	4,39	Aman
D	6,55	5,67	Aman
C	7,76	5,62	Aman
B	4,55	4,82	Aman
A	6,87	5,07	Aman
1Lama	4,34	4,53	Aman
1Baru	8,22	3,73	Aman
2	6,47	8,54	Aman
Overall Slope	2,89	1,82	Aman

Dari hasil analisis numerik ini (Tabel 3) dapat disimpulkan bahwa stabilitas lereng pada lokasi penelitian memiliki kategori aman.

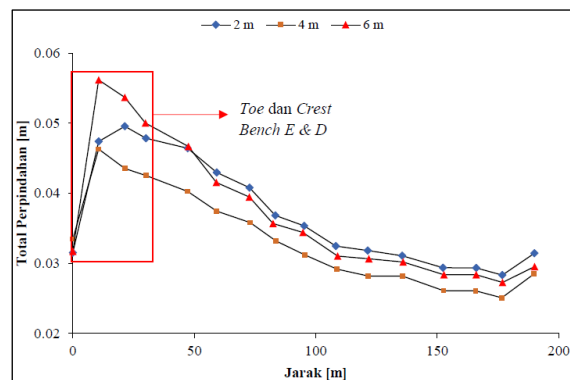
Pengaruh Ketebalan Lapisan *Lithic Tuff*

Pada kondisi aktual, ketebalan lapisan yaitu 2 meter dengan perubahan variasi ketebalan yaitu 4 meter dan 6 meter (Gambar 6). Dari grafik pada Gambar 6 diketahui bahwa seiring meningkatnya ketebalan lapisan *lithic tuff* maka faktor keamanan mengalami penurunan. Penurunan faktor keamanan cenderung meningkat pada ketebalan 4 m dengan penurunan sebesar 0,34% dan pada ketebalan 6 m sebesar 1,37%. Peningkatan penurunan faktor keamanan ini disebabkan karena semakin luasnya bidang lemah pada lereng keseluruhan sehingga

mempengaruhi lereng di atasnya.



Gambar 6. Pengaruh perubahan ketebalan lithic tuff pada faktor keamanan lereng



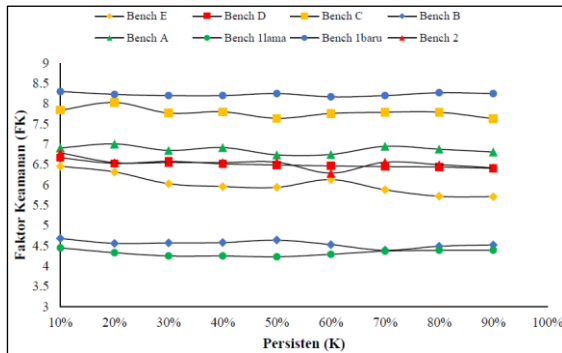
Gambar 7. Total perpindahan pengaruh ketebalan lithic tuff pada lereng

Grafik diatas menunjukkan bahwa total perpindahan terbesar terjadi pada lereng dengan keberadaan lapisan *lithic tuff* (*Bench E*) dan lereng jenjang diatasnya (*Bench D*). Perpindahan khususnya pada bagian atas lereng (*crest*) *Bench E* dengan lokasi tersingkapnya lapisan di permukaan, hal ini menunjukkan bahwa kondisi lapisan di permukaan memberikan pengaruh yang dapat menyebabkan ketidakstabilan lereng seperti lepasnya blok batuan antar kontak lapisan *lithic tuff* dan massa batuan andesit.

Perpindahan cenderung menurun dan stabil rata-rata setelah 50 m dari titik singkapan lapisan *lithic tuff* yaitu *Bench E*, hal ini berlaku pada tiap ketebalan lapisan. Dapat disimpulkan bahwa, keberadaan lapisan *lithic tuff* pada lereng dengan sudut aktual yaitu 40o memberikan pengaruh pada nilai perpindahan yang terjadi namun tidak berdampak besar pada lereng keseluruhan.

Pengaruh Perubahan Persistensi Kekar

Analisis persistensi bidang diskontinu didasarkan pada simulasi nilai persistensi massa batuan dengan menggunakan jejaring kekar Model Veneziano memberikan nilai persistensi 10-90%. Hasil yang didapat dari analisis persistensi terhadap faktor keamanan lereng ditunjukkan oleh Gambar 8.



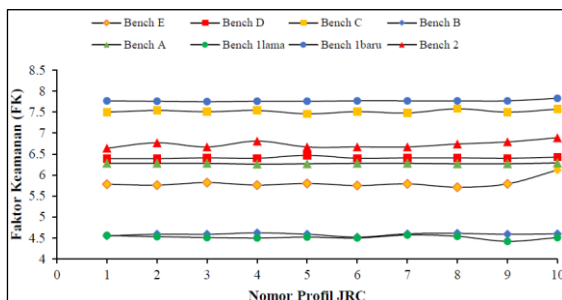
Gambar 8. Grafik pengaruh persistensi Model Kekar Veneziano

Berdasarkan analisis seperti yang ditunjukkan pada kedua grafik diatas maka diperoleh hasil yaitu kenaikan nilai persistensi pada massa batuan memberikan nilai penurunan kestabilan lereng atau faktor keamanan lereng dimana hal ini sesuai dengan penelitian oleh Zhang *et al* (2015).

Secara umum, kenaikan 10% persistensi pada massa batuan memberikan pengaruh terhadap faktor keamanan lereng hingga 2,9% dimana semakin besar nilai persistensi kekar akan mereduksi nilai faktor keamanan lereng karena semakin panjang persisten suatu kekar maka akan menyebabkan massa batuan penyusun lereng terdeformasi sepanjang bidang kekar, atau dengan kata lain semakin tinggi persisten pada lereng akan menyebabkan bidang lemah yang semakin besar dimana keberadaan bidang lemah ini dapat menginisiasi kelongsoran suatu lereng.

Pengaruh Perubahan Kekasaran Kekar

Analisis kekasaran kekar didasarkan pada bidang kekar hasil perpotongan potensi longsoron baji dimana kriteria kuat geser Barton-Bandis diterapkan. Pengaruh nilai kekasaran kekar berdasarkan profil Barton dan Choubey (1977) dengan simulasi nilai JRC profil 1 hingga 20 terhadap nilai faktor keamanan yang ditunjukkan oleh Faktor Kemanan (FK). Hasil simulasi ditunjukkan pada Gambar 9 sebagai berikut.



Gambar 9. Grafik pengaruh kekasaran Model Kekar Veneziano

Berdasarkan grafik yang ditunjukkan oleh Gambar 5.11 diperoleh bahwa kenaikan nilai kekasaran kekar (JRC) cenderung memiliki penurunan nilai faktor keamanan sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Kim *et.al* (2013) meskipun penurunan nilai faktor keamanan cenderung rendah. Penurunan yang cenderung rendah ini disebabkan oleh penerapan kriteria Barton-Bandis pada bidang diskontinuitas perpotongan bidang baji, sedangkan tidak diterapkan pada jejaring kekar yang membentuk massa batuan.

Kecenderungan peningkatan faktor keamanan berdasarkan kenaikan kekasaran kekar (JRC) disebabkan karena permukaan kekar yang semakin kasar akan meningkatkan gaya gesek penyusun massa batuan sehingga menyebabkan antar batuan saling menahan atau mengunci (*interlock*), berbeda dengan permukaan kekar yang halus akan menyebabkan gaya gesekan mengecil sehingga massa batuan penyusun lereng akan lebih mudah lepas dan menyebabkan kelongsoran.

Rata-rata perubahan nilai faktor keamanan lereng oleh perubahan nilai kekasaran kekar (JRC) yaitu 0,3 – 1,7%. Hasil simulasi menunjukkan bahwa untuk kedua model jejaring kekar memberikan perubahan yang relatif kecil dan cenderung sama untuk perubahan maksimal, hal ini mengkonfirmasi bahwa penerapan kriteria kuat geser Barton Bandis pada bidang diskontinuitas memberikan pengaruh kecil pada faktor keamanan lereng.

4. Kesimpulan

Hasil analisis RMR lereng penelitian masuk pada kategori kelas III dengan penilaian baik dan kriteria SMR lereng masuk pada kelas II, III dan IV dengan probabilitas kelongsoran 20 - 60%. Lereng pada lokasi penelitian dikategorikan aman dengan nilai faktor keamanan lereng tunggal yaitu 4,55 – 8,22 dengan probabilitas kelongsoran <25% dan faktor keamanan lereng keseluruhan 2,89 dengan probabilitas kelongsoran <5% untuk lereng keseluruhan.

Pengaruh perubahan ketebalan lapisan *lithic tuff* pada lereng tidak signifikan (1,37%) dimana perpindahan lereng menunjukkan ketebalan lapisan *lithic tuff* berpengaruh pada jenjang diatasnya karena adanya perluasan bidang lemah yang berpotensi menimbulkan ketidakstabilan lereng.

Peningkatan nilai persistensi kekar akan menurunkan nilai faktor keamanan lereng

hingga 2,9% dimana penurunan ini dikarenakan semakin tinggi persisten yang memotong lereng akan memberikan bidang lemah yang semakin besar untuk menginisiasi kelongsoran suatu lereng. Sedangkan peningkatan nilai kekasaran kekar (JRC) cenderung akan meningkatkan faktor keamanan lereng hingga 1,7% karena permukaan kekar yang semakin kasar akan meningkatkan gaya gesek penyusun massa batuan sehingga menyebabkan antar batuan saling menahan atau mengunci (*interlock*).

Ucapan Terimakasih

Terimakasih kepada PT Lola Laut Timur atas bantuan dalam pemberian izin tempat penelitian dan Ka. Laboratorium Asia Rock Test Bapak Titan Era Yudha., S.T., M.Sc atas bantuan pengujian sampel batuan.

Daftar Pustaka

Barton, N dan Choubey, V., 1977. The Shear Strength of Rock Joints in Theory and Practice. *Rock Mechanics* 10:1-54.
 Bieniawski, Z. T., 1989. *Engineering rock mass classifications*. Wiley, New York.
 Hudson, J.A dan Harrison, J.P., 1997. *Engineering rock mechanics: an introduction to the principles*. Elsevier Science Ltd. United Kingdom.
 Kim, H.D., Gratchev, I dan Balasubramaniam, A., 2013. Determination of joint roughness coefficient (JRC) for slope stability analysis: a

case study from the gold coast area, australia. *Journal Landslides*, Vol. 10, pp 657-664.
 Romana M., 1985. New adjustment ratings for application of bieniawski classification to slopes. *Proceedings of the International Symposium on the Role of Rock Mechanics in Excavations for Mining and Civil Works*. International Society of Rock Mechanics, Zacatecas.
 Romer, C., 2016. Slope stability analyses of rock slopes and a comparison of limit equilibrium and continuum numerical methods. Thesis, University of KwaZulu-Natal, Durban, South African.
 Saptono, S., Kramadibrata, S., Sulistianto, B., dan Irsyam, M., 2012. Studi Jarak Kekar Berdasarkan Pengukuran Singkapan Massa Batuan Sedimen di Lokasi Tambang Batubara. *Prosiding Simposium Dan Seminar Geomekanika ke-1*, pp 18–28.
 Saptono, S., Wiyono, B dan Dewi, A., 2014. The effect of filled discontinuity to shear strength parameter of tuff. *8th Asian Rock Mechanics Symposium*. Sapporo, Japan.
 Wang, L., Chen, W., Tan, Xu., Yuan, J dan Liu, Q., 2019. Evaluation of mountain slope stability considering the impact of geological interfaces using discrete fractures model. *Journal of Mountain Science*, Vol. 16, pp 2148-2202.
 Zhang, K., Cao, P., Ma, G., Ren, F dan Li, K., 2015. Stability analysis of rock slope controlled by major geological discontinuities based on the extended kinematical element method. *Rock Mechanic and Rock Engineering*. Springer Verlag Wien.

Penyusunan Zonasi Kawasan Pertambangan Di Kabupaten Magetan Berdasarkan Aplikasi Sistem Informasi Geografis Dengan Metode Pertampalan (*Development of Mining Area Zonation in Magetan based on Geographic Information System Application with the Overlay Method*)

Fajar Rizki Widiatmoko^{1,2}, Yazid Fanani^{1,3}, Salahudin Al Fakh¹,
I Wayan Koko Suryawan^{2,4}, Mega Mutiara Sari⁴

¹Jurusan Teknik Pertambangan, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, Indonesia

²Department of Natural Resources and Environmental Studies, National Dong Hwa University, Taiwan, R.O.C.

³Jurusan Teknik Geologi, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta, Indonesia

⁴Jurusan Teknik Lingkungan, Universitas Pertamina, Jakarta, Indonesia

Korespondensi E-mail: yazid.tambang@itats.ac.id, widiatmoko@itats.ac.id, fakh98@gmail.com

Abstrak

Zonasi Kawasan Pertambangan di Kabupaten Magetan dilakukan dengan memberikan pembobotan dan penilaian pada parameter penentu yang dikerjakan menggunakan metode pertampalan dengan memanfaatkan Sistem Informasi Geografis (SIG). Hasil Zonasi Kawasan Pertambangan dapat dikelompokkan menjadi Zona Dapat Diberi Izin Pertambangan, Zona Dapat Diberi Izin Pertambangan Bersyarat dan Zona Tidak Dapat Diberi Izin Pertambangan. Parameter Zonasi Kawasan Pertambangan tersebut adalah ketinggian lahan, kerawanan bencana, air tanah, sempadan sungai, danau dan bangunan irigasi, mata air, hutan dan kawasan lindung, lahan pertanian dan kawasan budidaya, pemukiman, cagar budaya, pariwisata dan kawasan strategis kabupaten, dan kemiringan lahan. Dari hasil identifikasi potensi sumberdaya yang dilakukan dengan menganalisa peta geologi Kabupaten Magetan didapat potensi sumberdaya antara lain pasir, belerang, pasir batu, trass dan andesit. Sedangkan untuk hasil Zonasi Kawasan Pertambangan Kabupaten Magetan yaitu Zona Dapat Diberi Izin Pertambangan seluas 9.914,507 Ha atau sekitar 14 % dalam presentase luas, Zona Dapat Diberi Izin Pertambangan Bersyarat seluas 20.748,29 Ha atau sekitar 30 % dan Zona Tidak Dapat Diberi Izin Pertambangan seluas 39.296.08 Ha atau sekitar 56 % dari keseluruhan luas Kabupaten Magetan.

Kata kunci: Zonasi Kawasan Pertambangan, SIG, Pembobotan, Penilaian.

Abstract

Mining Zonation in Magetan Regency is carried out by weighting and assessing the determining parameters through the overlay method by utilizing the Geographic Information System (GIS). The results of the mining zonation are classified into a grantable mining permit zone, a granted with conditional zone, and an ungranted permit zone. The zonation parameters are elevation, disaster vulnerability, groundwater, river borders, lakes, irrigation, springs, protected forest, agricultural land, cultivation areas, settlements, cultural heritage, tourism, strategic areas, and slope percentage. The results show the identification of potential resources by analyzing the geological map of Magetan Regency, it is found that potential resources include sand, sulfur, sandstone, and andesite. The Mining zonation of Magetan Regency has a grantable mining permit of about 9,914.507 Ha (14%), a conditional grantable mining permit of about 20,748.29 Ha (30%), and an ungrantable mining permit of about 39,296.08 Ha (56%). This result has generated the usefulness of mining area decisions in Magetan Regency, however, this result has positioned as a recommendation for deciding on a mining area.

Keywords: Mining Zone Zoning, Magetan, GIS, Weighting, Assessment

1. Pendahuluan

Kabupaten Magetan merupakan wilayah di Jawa Timur yang memiliki potensi sumber daya alam yang beragam jenisnya seperti potensi pada sektor pertambangan (Van Bemmelen, 1949). Potensi yang berada Kabupaten Magetan di dominasi oleh komoditas batuan (Hartono dkk, 1992). Kabupaten Magetan yang memiliki potensi bahan tambang terutama batuan yaitu Batupasir, Andesit, Breksi Batuapung, Basal dan Batulanau

(Al Fakh dkk, 2021). Maka dari itu pemanfaatan yang optimal untuk menunjang pembangunan infrastruktur dan kebutuhan hajat orang banyak (Ariyono, 2015). Kegiatan penambangan memerlukan potensi tambang di Kabupaten Magetan perlu dilakukannya pembagian kawasan yang berpotensi yaitu zonasi kawasan pertambangan yang bertujuan untuk mengetahui wilayah yang dapat diberi izin guna dilakukan

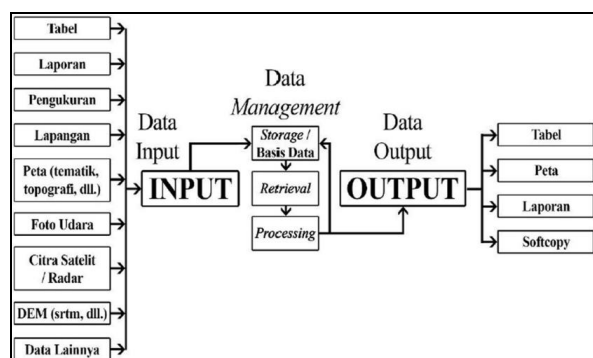
kegiatan usaha pertambangan (Fanani and Sari, 2018).

Zonasi Kawasan Pertambangan untuk optimalisasi pengendalian bahan galian berdasarkan aspek kewilayahan dengan memanfaatkan Sistem Informasi Geografis (SIG). SIG yang disertai dengan survei secara langsung ke lapangan dapat digunakan sebagai acuan dalam pembuatan perencanaan pengembangan dan pedoman pengelolaan bahan galian tambang (Lillesand et al., 2015).

Zonasi kawasan pertambangan Kabupaten Magetan dilakukan dengan memberikan pembobotan (weighting) dan penilaian (scoring) pada parameter-parameter penentuan zonasi pertambangan yang dikerjakan dengan metode pertampalan (overlay) (Fanani and Sari, 2018). Hasil dari zonasi kawasan pertambangan adalah penentuan zona dapat diberi izin usaha pertambangan, dapat diberi izin usaha pertambangan bersyarat, dan tidak dapat diberi izin usaha pertambangan.

2. Metode

Penelitian ini secara sepenuhnya menggunakan aplikasi system informasi geografis yang merupakan suatu sistem yang berbasis komputer untuk memuat dan memodifikasi informasi geografis. SIG dirancang untuk menyimpan, mengumpulkan dan menganalisis objek dimana lokasi geografis merupakan spesifik penting dan kritis untuk dianalisa (Lillesand, Kiefer and Chipman, 2015). Dengan demikian SIG merupakan system di dalam komputer yang mempunyai empat kemampuan dalam menangani data yang berujuk geografis yaitu memasukan data, memanajemen data, analisis dan manipulasi data, serta menghasilkan data baru (Aronoff, 1989).



Gambar 1. Ilustrasi komponen SIG, modifikasi dari (Aronoff, 1989)

Analisis Spasial

Analisis dilakukan dengan mengarahkan untuk dapat mengetahui aspek-aspek yang berpengaruh terhadap penentuan kepadatan penambangan pada lokasi sebaran potensi bahan galian untuk dijadikan lahan usaha

pertambangan. Metode yang diterapkan untuk penentuan kepadatan penambangan adalah menggunakan pembobotan (weighting) dan penilaian (scoring) serta dikerjakan dengan metode penampalan (overlay) dengan semua parameter yang terkait sebagai penentuan penambangan (lihat tabel 1) (Fanani and Sari, 2018; Widiatmoko dkk, 2021). Adapun parameter-parameter terkait yang bisa dilakukan dengan metode pertampalan (overlay) ini berjumlah 11 parameter; Ketinggian lahan, Kemiringan lahan, Rawan Bencana, Kawasan Pariwisata, Cagar Budaya dan Kawasan Strategis, Air tanah, Wilayah Perairan, Mata air, Kawasan Hutan, Permukiman, Pertanian, Kawasan Pertahanan Negara.

Parameter Zonasi Kawasan Pertambangan

Parameter Zonasi Kawasan Pertambangan ditentukan berdasarkan hasil evaluasi Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Magetan. Dari evaluasi tersebut telah didapatkan 11 parameter (Fanani and Sari, 2018; Abdurrahman, Yuwono and Fauziah, 2020) untuk menentukan Zonasi Kawasan Pertambangan Kabupaten Magetan. Tahapan selanjutnya setelah parameter di dapatkan yaitu dengan melakukan analisa spasial dan di dapatkan hasil penentuan peringkat (rank), pembobotan (weighting) dan penilaian (scoring). (Tabel 1).

Penentuan Zonasi Kawasan Pertambangan

Setelah penentuan 11 parameter diatas maka dapat ditentukan bahwa zonasi pertambangan sebagai berikut :

- Zona dapat diberi izin pertambangan yaitu suatu luasan di suatu wilayah yang tidak bertentangan dengan 11 parameter yang ditetapkan dengan rentang nilai (score) antara 11 – 16, merupakan suatu zona yang potensial pengembangan pertambangan dan tidak memiliki dampak negatif terhadap sektor strategis (Fanani and Sari, 2018). Tetapi pada zona dapat diberi izin pertambangan juga perlu memperhatikan pertimbangan dinamika kebijakan pemerintah. Oleh sebab itu status zona dapat diberi izin pertambangan tidak bersifat mutlak.
- Zona dapat diberi izin pertambangan bersyarat, yaitu suatu luasan di permukaan bumi yang sebagian tidak bertentangan atau sebagian bertentangan dengan 11 parameter yang ditetapkan, memiliki rentang nilai (score) antara 17 - 23 dan merupakan suatu zona yang potensial untuk pengembangan pertambangan. Zona dapat diberi izin pertambangan bersyarat juga mengandung arti masih diizinkan melakukan kegiatan pertambangan dengan memberikan perhatian yang lebih baik terhadap dampak negatif yang

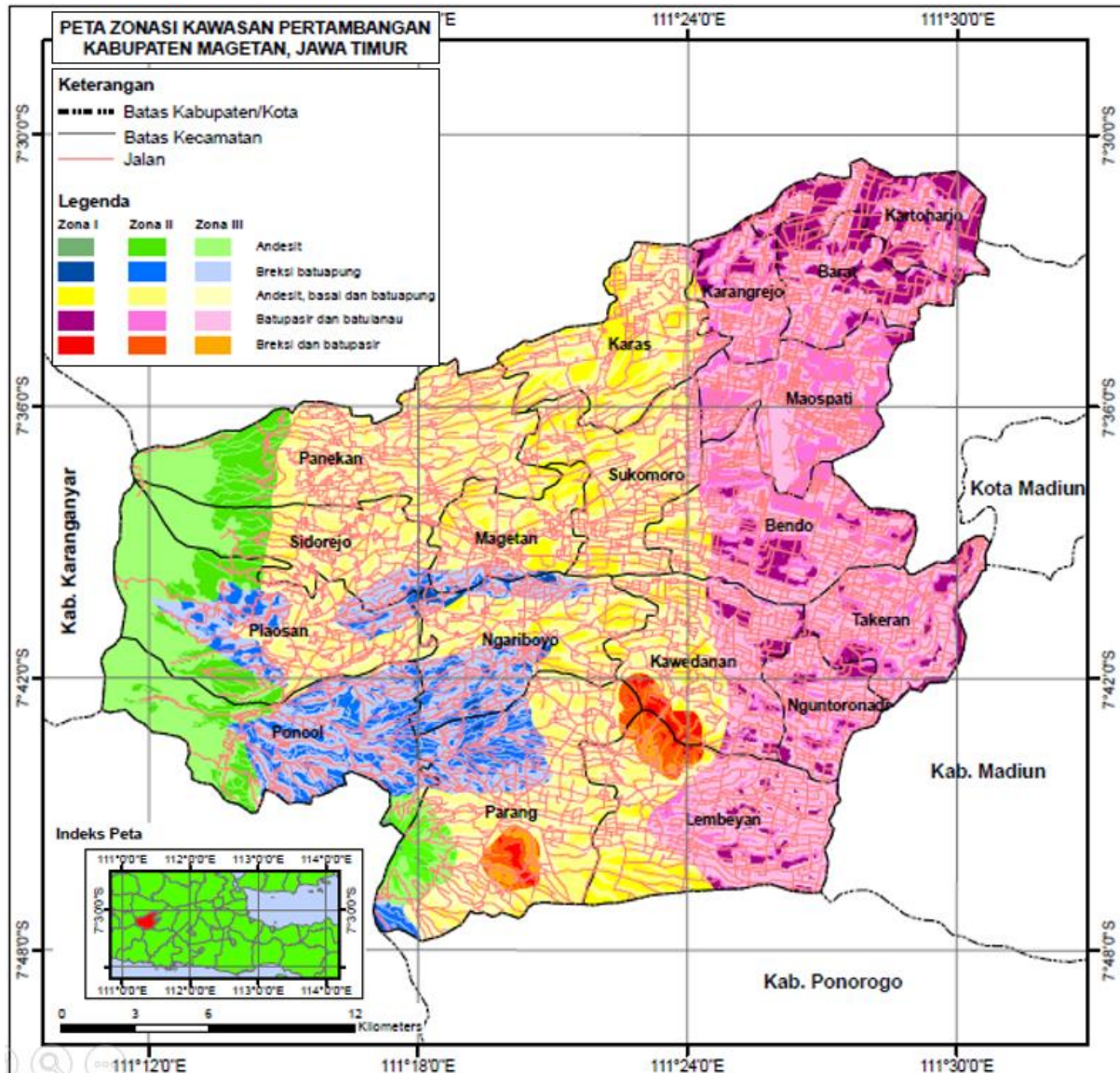
bisa saja terjadi (Fanani and Sari, 2018), melakukan monitoring, antisipasi atau pencegahan.

- c. Zona tidak dapat diberi izin pertambangan, adalah suatu luasan di permukaan bumi yang tidak diizinkan dilakukan kegiatan pertambangan dengan alasan apapun, memiliki nilai (score) lebih dari 24. Artinya

bahwa zona tersebut pada dasarnya tidak dapat dilakukan kegiatan penambangan (Fanani and Sari, 2018; Amaluddin *et al.*, 2020), tetapi dengan pertimbangan khusus untuk tujuan strategis yang menyangkut hajat hidup rakyat banyak dan vital untuk kestabilan dan keamanan negara maka zona ini dapat dilakukan penambangan.

Tabel 1. Analisa parameter penentuan Zonasi Pertambangan, modifikasi dari (Fanani and Sari, 2018)

Parameter	Unsur Penilaian Parameter	Rank	Weight	Score
Ketinggian Lahan	- Ketinggian lebih dari 2000 mdpl	30	0,05	3
	- Ketinggian antara 1000 – 2000 mdpl	20		2
	- Ketinggian kurang dari 1000 mdpl	10		1
Kemiringan Lahan	- Kemiringan lebih dari $> 45^\circ$	30	0,05	3
	- Kemiringan antara $15 - 45^\circ$	20		2
	- Kemiringan kurang dari $0 - 15^\circ$	10		1
Rawan Bencana	- Kawasan bencana tinggi	30	0,10	3
	- Kawasan bencana sedang	20		2
	- Kawasan bencana rendah	10		1
Air Tanah	- Kedalaman muka air tanah $< 10\text{m}$	30	0,10	3
	- Kedalaman muka air tanah $5 - 15\text{m}$	20		2
	- Kedalaman muka air tanah $> 15\text{m}$	10		1
Sempadan Sungai, Danau serta Bangunan Irigasi	- Daerah larangan kegiatan penambangan di tubuh sungai dan 100m titik pasang tertinggi danau	190	0,10	19
	- Pada sempadan sungai $< 100\text{m}$ dan 5m dari tepi atas samping saluran irigasi	30		3
	- Di luar sempadan sungai 100-150m	20		2
	- Di luar sempadan sungai $> 150\text{m}$	10		1
Mata Air	- Pada zona mata air	190	0,10	19
	- Jarak sampai 500m di sekitar mata air	30		3
	- Jarak 1000m dari zona mata air	20		2
	- Diluar zona 1500 m	10		1
Hutan dan Kawasan Lindung	- Taman Nasional	190	0,10	19
	- Hutan Rakyat dan atau Hutan Lindung	190		19
	- Hutan produksi	20		2
	- Lahan lainnya	10		1
Lahan Pertanian dan Kawasan Budidaya	- Sawah irigasi	30	0,10	3
	- Sawah tadah hujan	20		2
	- Sawah Kering	10		1
	- Diluar zona pertanian	10		1
Pemukiman	- Pada radius $< 50\text{m}$	190	0,10	19
	- Pada radius $> 50\text{m} - 200\text{m}$	30		3
	- Pada radius $> 200\text{m} - 500\text{m}$	20		2
	- Di luar radius 500 m	10		1
Cagar Budaya, Pariwisata dan Kawasan Strategis Kabupaten	- Radius 100 m dari batas terluar zona inti pariwisata dan cagar budaya	190	0,10	19
	- Diluar radius 100m, jarak 1000 m	30		3
	- Diluar radius 1000 m, jarak 3000 m	20		2
	- Diluar radius 3000m	10		1
Pertahanan Keamanan Negara	- Pada radius 3.000 m	30	0,10	3
	- Pada radius 3.000 – 15.000 m	20		2
	- Diluar radius 15.000 m	10		1
Total pembobotan (<i>weighting</i>) penilaian parameter			1,00	



Gambar 2. Peta zonasi kawasan pertambangan Kabupaten Magetan, Jawa Timur, Zona I sebagai daerah yang dapat diberikan izin, Zona II sebagai daerah yang dapat diberi izin bersyarat, Zona III sebagai daerah yang tidak dapat diberi izin.

3. Hasil dan Pembahasan Potensi Bahan Galian

Kabupaten Magetan sebagai wilayah yang memiliki potensi sumber daya alam yang salah satunya adalah potensi bahan galian non logam dan batuan. Potensi sumber daya Mineral di Kabupaten Magetan ditafsir dari Peta Geologi Lembar Ponorogo yang didukung oleh data dari ESDM Dalam Angka Tahun 2016 juga Perda nomor 15 Tahun 2012 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Magetan Tahun 2012 – 2032 (KPPOD, 2016). Untuk penggolongan bahan galian di Kabupaten Magetan didasarkan pada Peraturan Pemerintah Nomor 23 Tahun 2010 tentang Pelaksanaan Kegiatan Usaha Pertambangan Mineral dan Batuan pasal 2 ayat 2 (ESDM, 2010). Maka diperoleh beberapa Potensi Sumber daya mineral dengan komoditas batuan.

Kabupaten Magetan memiliki potensi sumberdaya minerba yang dilakukan dengan menganalisis peta geologi daerah penelitian menghasilkan beberapa komoditas antara lain Batupasir, Andesit, Breksi Batuapung, Basal dan Batulanau (Al Fakhri, Fanani and Widiatmoko, 2021).

Parameter Zonasi Kawasan Pertambangan

Parameter Zonasi Kawasan Pertambangan ditentukan berdasarkan hasil evaluasi Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Madiun (KPPOD, 2016). Dari evaluasi tersebut telah didapatkan 11 parameter (Abdurrahman, Yuwono and Fauziah, 2020) untuk menentukan Zonasi Kawasan Pertambangan Kabupaten Madiun. Tahapan selanjutnya setelah parameter di dapatkan yaitu dengan melakukan analisa spasial dan di dapatkan hasil penentuan peringkat (rank),

pembobotan (weighting) dan penilaian (scoring) (Fanani and Sari, 2018).

Pada wilayah administrasi Kabupaten Magetan terdapat 11 parameter yang berpengaruh terhadap Zonasi Kawasan Pertambangan. Parameter - parameter tersebut disusun berdasarkan Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Magetan

Zonasi Kawasan Pertambangan

Hasil Zonasi Kawasan Pertambangan di Kabupaten Hasil Zonasi Kawasan Pertambangan di Kabupaten Magetan dilakukan dengan overlay peta-peta, sehingga muncul kawasan-kawasan yang memiliki nilai, nilai tersebut dijadikan ukuran atau range sebagai penetapan status wilayah. Zonasi Kawasan Pertambangan Kabupaten Magetan dibagi menjadi tiga zona, yaitu Zona yang dapat diberi izin pertambangan (zona I, gambar 2), Zona yang dapat diberi izin pertambangan bersyarat (zona II, gambar 2) dan Zona yang tidak dapat diberi izin pertambangan (zona III, gambar 2).

4. Kesimpulan

Berdasarkan dari 11 parameter yang berpengaruh dan sebaran potensi bahan galian, Zonasi Kawasan Pertambangan Kabupaten Magetan dibagi kedalam 3 zona; Zona dapat diberi izin pertambangan, Zona ini adalah zona yang ditetapkan dengan total score terkecil yaitu antara 11 – 16. Luas lahan untuk zona ini pada daerah penelitian adalah sebesar 9.914,507 Ha atau sekitar 14 % dari keseluruhan luas Kabupaten Magetan. Zona dapat diberi izin pertambangan bersyarat, Zona ini adalah zona yang ditetapkan dengan total score menengah yaitu antara 17 – 23. Luas lahan untuk zona ini pada daerah penelitian adalah sebesar 20.748,29 Ha atau sekitar 30 % dari keseluruhan luas Kabupaten Magetan. Zona tidak dapat diberi izin pertambangan, Zona ini adalah zona yang ditetapkan dengan total score terbesar yaitu lebih dari 24. Luas lahan untuk zona ini pada daerah penelitian adalah sebesar 39.296.08 Ha atau sekitar 56 % dari keseluruhan luas Kabupaten Magetan.

Ucapan Terimakasih

Penyampaian terima kasih kami sampaikan kepada berbagai pihak yang telah menyediakan berbagai data parameter sehingga dapat dilakukan analisis spasial hingga pembebanan dan penilaian.

Daftar Pustaka

Abdurrahman, A. I., Yuwono, B. and Fauziah, Y. (2020) 'Penerapan metode multi attribute utility theory (maut) dalam pemetaan tingkat

dampak bencana banjir di Kabupaten Bantul', *Telematika*. doi: 10.31315/telematika.v17i1.3402.

La Amaluddin, O., Musyawah, R., Ili, L., & Tanjung, A. (2020, January). Utilization of Geographic Information Systems (GIS) for Mapping Landslide Prone Areas in Kendari City. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 412, No. 1, p. 012021).

Ariyono, B. G. (2015) *Indonesian Mineral and Coal Information 2015*. Jakarta, Indonesia: Ministry of Energy and Mineral Resources, Indonesia. Available at: https://www.esdm.go.id/assets/media/content/Statistik_Mineral_Dan_Batubara_2015-ilovepdf-compressed.pdf.

Aronoff, S. (1989) 'Geographic information systems: a management perspective', *Geographic information systems: a management perspective*. doi: 10.1016/0167-5877(95)90035-7.

Van Bemmelen, R. W. (1949) 'The Geology of Indonesia. General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelagoes', *Government Printing Office, The Hague*. doi: 10.1109/VR.2018.8447558.

ESDM (2010) *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 23 Tahun 2010 tentang pelaksanaan kegiatan usaha pertambangan mineral dan batubara*. Jakarta, Indonesia: Kementerian Energi dan Sumberdaya Mineral. Available at: [https://jdih.esdm.go.id/storage/document/PP No. 23 Thn 2010.pdf](https://jdih.esdm.go.id/storage/document/PP%20No.%2023%20Thn%202010.pdf).

Al Fakh, S., Fanani, Y. and Widiatmoko, F. R. (2021) 'Identifikasi potensi sebaran bahan galian kabupaten magetan berdasarkan kajian geologi regional (identification of potential distribution of minerals Magetan Regency based on study of regional geology)', in *Prosiding Seminar Teknologi Kebumihan dan Kelautan*, pp. 86–92.

Fanani, Y. and Sari, A. S. (2018) 'Pemanfaatan Sistem Informasi Geografis Untuk Zonasi Kawasan Pertambangan Kabupaten Ngawi', *PROMINE*. doi: 10.33019/promine.v6i2.781.

Hartono, U., Baharuddin and Brata, K. (1992) *Peta Geologi Lembar Madiun, Jawa, Skala 1:100000*. Bandung, Indonesia: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. Available at: https://drive.google.com/drive/u/2/folders/1SaUGJISWNmnSoJi0nPsLI8Zs_ADKpedV.

KPPD (2016) *Rencana Tata Ruang dan Tata Wilayah Kabupaten Magetan, Jawa Timur, Komisi Pemantauan Pelaksanaan Otonomi Daerah*. Available at: https://www.kppod.org/rtrw/file-download?filename=rtrw_264_2016.zip

- (Accessed: 22 November 2021).
- Lillesand, T., Kiefer, R. W. and Chipman, J.
(2015) *Remote sensing and image interpretation*. John Wiley & Sons.
- Widiatmoko, F. R., Putri, R. H. K. and Sunan, H.
L. (2021) 'The Relation of Fault Fracture Density with the Residual Gravity; case study in Muria', *Journal of Earth and Marine Technology (JEMT)*. doi: 10.31284/j.jemt.2021.v1i2.1743.

Peningkatan Nilai Tambah Mineral Kalsit Menjadi Barang Seni Lampu Hias

(Increased Added Value of Calcite Mineral Into Decorative Lighting Art Items)

Rully Nurhasan Ramadani^{1*}, M. Imam Aga Dinata², Eka Adhitya¹, Himawan Nuryahya¹, Sri Widayati¹

¹Prodi Teknik Pertambangan, Universitas Islam Bandung

²Program Studi Magister Geologi, Institut Teknologi Bandung

* Korespondensi E-mail: rully.mp354@gmail.com

Abstrak

Peningkatan nilai tambah mineral dan batuan dapat memberikan manfaat bagi masyarakat luas. Dengan kebijakan konservasi bahan galian dimana memiliki fokus optimalisasi manfaat dan minimalisasi dampak negatif usaha pertambangan. Optimalisasi manfaat bahan galian memiliki tujuan pemeliharaan, proteksi penambangan dan pengolahan serta peningkatan nilai tambah terhadap bahan galian tersebut. Mineral kalsit (CaCO_3) termasuk kelompok mineral karbonat sebagai salah satu mineral penyusun utama batuan gamping. Pemanfaatan mineral kalsit ini ditinjau berdasarkan kualitas sifat fisik dan kandungan kimia yang terkandung. Pada prinsipnya penelitian ini memanfaatkan sifat fisik dari mineral tersebut dikarenakan kualitas kandungan kimia yang dikandung mineral kalsit tergolong rendah. Metode *trial and error* digunakan didalam penelitian ini dengan tujuan untuk mendapatkan desain barang seni yang tepat. Proses pengolahan yang dilakukan tergolong sederhana, tidak membutuhkan teknologi tinggi dan keahlian khusus yang bersertifikat dalam memanfaatkan sifat fisik (transparansi, warna dan kilap) mineral kalsit menjadi barang seni yang memiliki nilai tambah menjadi lampu hias.

Kata kunci: Kalsit, Nilai tambah, Barang Seni, Lampu Hias

Abstract

Increasing the added value of rock and minerals can provide benefits to the wider society. The mineral conservation policy has a focus on optimizing the utilization of minimizing the impact of the mining activity. Optimizing the benefits of minerals has the objective of maintaining, protecting mining and processing and increasing added value to these minerals. Calcite mineral (CaCO_3) a part of the carbonate mineral group as one of the main composition minerals of limestone. The utilization of this calcite mineral is reviewed based on the quality of the physical and chemical properties. In principle, this research utilizes the physical properties of the mineral because the quality the chemical content contained in the mineral calcite is relatively low. Trial and error method is used in this study to getting the right design of art. The processing steps carried out are relatively simple, do not require high technology and certifies special skills in utilizing the physical properties (transparency, color and gloss) of the calcite mineral into art items that have added value as decorative light.

Keywords: Calcite, Added Value, Art Items, Decorative light

1. Pendahuluan

Mineral kalsit (CaCO_3) termasuk kelompok mineral karbonat sebagai salah satu mineral penyusun utama batuan gamping. Kalsit merupakan fase PCC (*Precipitate Calcium Carbonate*) yang paling stabil dan terbentuk dalam kurun waktu tertentu, didalam pemanfaatannya banyak digunakan dalam industri cat, kertas, *magnetic recording*, industri tekstil, detergen, plastik dan kosmetik (Lailiyah et al., 2012).

Upaya peningkatan nilai tambah untuk mineral dan batuan sudah sejak lama diusahakan termasuk pemanfaatan batuan gamping (batu kapur) melalui proses penggalian atau penambangan hingga proses pengolahan (Aziz, 2010). Penelitian yang telah dilakukan dalam beberapa tahun terakhir ini terkait pemanfaatan mineral karbonat telah dilakukan, Frank dan Subari pada tahun 2016 melakukan

penelitian pemanfaatan limbah marmer dan batu kapur untuk pembuatan bata ekspose, tahun 2010, Aziz meneliti peningkatan nilai tambah batu kapur untuk industri. Pemanfaatan mineral kalsit sendiri dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas beton (Mashadi., 2009; Lestari., 2019; Kustiadi dan Setiawan, 2005).

Penelitian ini dilakukan sebagai kelanjutan upaya peningkatan nilai tambah mineral kalsit dengan memanfaatkan sumberdaya alam lokal menjadi barang seni tanpa menggunakan teknologi tinggi dan keahlian khusus yang bersertifikasi.

2. Metode

Desa Sukamulya, Kecamatan Cikembar, Kabupaten Sukabumi Provinsi Jawa Barat menjadi objek lokasi penelitian untuk memanfaatkan mineral kalsit, dikarenakan

memiliki potensi endapan mineral tersebut untuk dimanfaatkan lokasi penelitian (Gambar 1.a).

Penelitian yang telah dilakukan, melalui beberapa tahapan terdiri dari studi literatur geologi regional untuk melihat sebaran mineral dan batuan yang akan ditemui, literatur hasil penelitian sebelumnya terkait dengan hasil uji laboratorium dilokasi penelitian, wawancara dengan pihak pemerintah desa terkait lokasi penelitian, survei lapangan (pengambilan contoh mineral dengan menggunakan metode *grab sampling* dan *bulk sampling*), melakukan uji coba pembuatan barang seni.

Pemanfaatan mineral kalsit ini ditinjau berdasarkan kualitas sifat fisik dan kandungan kimia yang terkandung. Pada prinsipnya penelitian ini memanfaatkan sifat fisik dari mineral tersebut.

Metode *trial and error* digunakan didalam penelitian ini dengan tujuan untuk mendapatkan desain barang seni yang tepat, dikarenakan sifat fisik yang ingin dimanfaatkan dari mineral kalsit ini sudah diketahui.

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan peta geologi regional di wilayah Kecamatan Cikembar Kabupaten Sukabumi terdiri dari 4 formasi geologi yaitu Formasi Toml terdiri dari anggota batuan gamping Formasi Rajamandala dengan karakteristik batugamping terumbu koral dengan sejumlah fosil lithothamnium, Formasi Tomr merupakan formasi rajamandala terdiri dari batupasir dan lensa-lensa batugamping mengandung fosil globigerina, formasi Qvpo merupakan endapan yang lebih tua terdiri dari basalt andesit dengan olivin piroksen dan hornblenda dan formasi Qvb terdiri dari breksi gunung api (Gambar 1.b).

Hasil penelitian yang dilakukan PT XYZ menunjukkan hasil uji laboratorium dengan menggunakan metode XRF (X Ray Fluorescence) menunjukkan hasil kualitas mineral kalsit di area penelitian memiliki kandungan CaO rata-rata 55,85 % dan kandungan mineral lainnya SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ di bawah 1 % dan kandungan MnO, MgO, Na₂O, K₂O, P₂O₅ dan SrO memiliki nilai rata-rata 0,001 – 0,1 %.

Tabel 1. Data kualitas Mineral Kalsit

No	Kandungan Mineral	Kadar (%)
1	CaO	55,85

No	Kandungan Mineral	Kadar (%)
2	SiO ₂	0,41
3	Al ₂ O ₃	0,16
4	Fe ₂ O ₃	0,15
5	MgO, Na ₂ O, K ₂ O, P ₂ O ₅ , SrO	0,001 – 0,1

*sumber: PT XYZ

Berdasarkan data kualitas tersebut untuk karakteristik mineral kalsit yang terkristalisasi, kandungan kadar yang dimiliki terlalu kecil untuk memanfaatkan sifat kimia yang terkandung. Namun mineral kalsit memiliki sifat fisik yang dapat dimanfaatkan yaitu sifat transparansi, warna, dll akan menghasilkan keindahan ketika diberi cahaya.

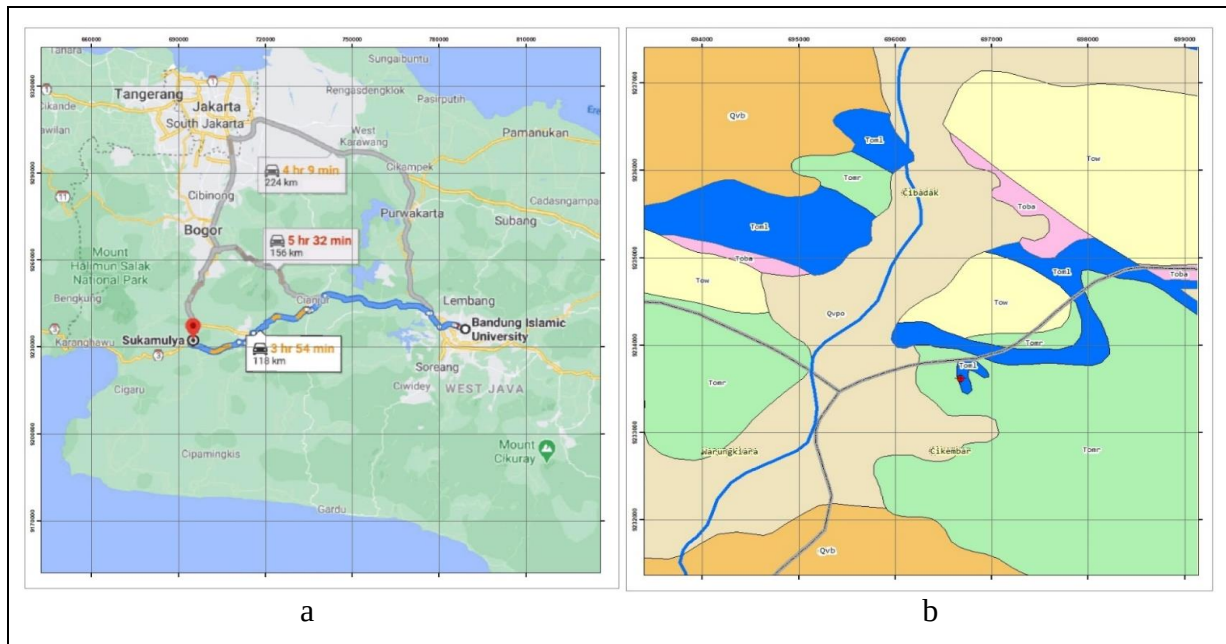
Tabel 2. Karakteristik fisik Mineral Kalsit

No	Karakteristik Fisik	
1	Warna	: Putih susu
2	Cerat	: Putih
3	Kekerasan	: 3
4	Transparansi	: Tembus cahaya
5	Kilap	: Kaca
6	Belahan	: 3 arah
7	Pecahan	: Rata
8	Bentuk Kristal	: Trigonal

Mineral kalsit di lokasi penelitian menggunakan metode *grab sampling* dan *bulk sampling* untuk mendapatkan contoh mineral kalsit yang digunakan percobaan untuk membuat barang seni hiasan lampu (Gambar 2).

proses pembuatan yang sederhana sebagai berikut (Gambar 3):

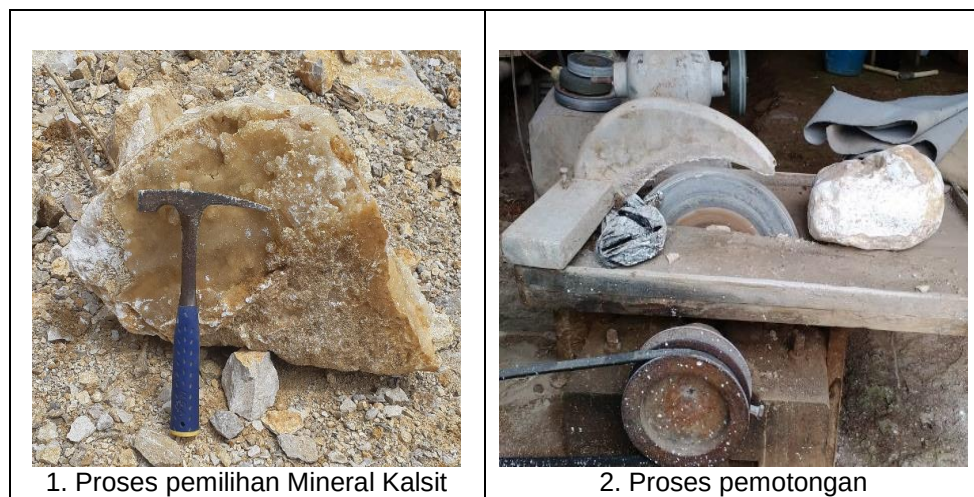
- Proses pemilihan mineral kalsit yang memiliki sifat fisik transparansi.
- Proses pemotongan sesuai kebutuhan besar kecilnya lampu menyesuaikan dengan kondisi mineral kalsit yang didapatkan.
- Proses membuat lubang pada mineral kalsit untuk memberikan ruang pada media penerangan (lampu) serta memberikan efek transparansi cahaya yang dihasilkan.
- Proses pemolesan pada mineral kalsit atau dapat dibuat tekstur seperti alami dengan memberikan cairan HCL.
- Proses membuat dudukan lampu dan rangkaian listrik.



Gambar 1. Lokasi penelitian: (a) kesampaian daerah (b) geologi regional



Gambar 2. Pengambilan contoh Mineral Kalsit



1. Proses pemilihan Mineral Kalsit

2. Proses pemotongan



Gambar 3. Proses pembuatan barang seni lampu hias

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan pemanfaatan mineral kalsit yang telah mengalami kristalin memiliki karakteristik kandungan kualitas yang rendah dan sulit untuk diekstrak karena sudah mengalami proses kristalisasi, sehingga dapat dimanfaatkan dengan memanfaatkan sifat fisiknya. Pembuatan barang seni menjadi lampu hias menjadi salah satu cara untuk meningkatkan nilai tambah, sehingga dapat dilakukan percobaan lebih lanjut untuk pembuatan barang seni jenis lainnya untuk memanfaatkan sifat fisik dari mineral kalsit tersebut.

Dengan menggunakan metode yang sederhana dalam proses pengolahannya, tidak membutuhkan teknologi tinggi dan keahlian khusus yang bersertifikat akan menjadi potensi bagi masyarakat lokal didalam memanfaatkan sumberdaya alam lokal.

Ucapan Terimakasih

Kami sebagai tim peneliti berterimakasih atas hibah LPPM Universitas Islam Bandung untuk mendanai penelitian ini dan kami berterimakasih kepada pihak pemerintah Desa Sukamulya atas kerjasama dan bantuan atas terlaksananya kegiatan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Aziz, M., 2010. Batu Kapur dan Peningkatan Nilai Tambah Serta Spesifikasi Untuk Industri. Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara, Vol. 6, No. 3, 116 – 131.
- Bingham, C., 2004. Rocks and Minerals, Darling Kindersley Limited, Great Britain, Pg 42.
- Edwin, F., dan Subari., 2016. Pemanfaatan Limbah Marmer dan Batukapur untuk Pembuatan Bata Ekspose Berbasis Bodi Wolastonit Sintetis. Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara, Vol. 12, No. 3, 171 – 178.
- Lailiyah, Q., Baqiya, M., dan Darminto., 2012. Pengaruh Temperatur dan Laju Aliran Gas CO₂ pada Sintesis Kalsium Karbonat

- Presipitat dengan Metode Bubbling. Jurnal Sains dan Seni ITS, Vol. 1, No. 1 ISSN: 2301-928X.
- Lestari, A.D., Gunawan, LI., Syifa, DJ., Wibowo, RW., Safarizki, H.A. 2019. Peningkatan Mutu Beton Dengan Campuran Limbah Kalsit Sebagai Bahan Alternatif Ramah Lingkungan. Jurnal. Jurnal Ilmiah Teknosains, Vol. 5, No. 2.
- Mashadi, A., Rachmawati, dan A., Wawanto., 2009. Pengaruh Bahan Tambah Kalsit Terhadap Kuat Beton, Magelang, <https://media.neliti.com/media/publications/17732-ID-pengaruh-bahan-tambah-kalsit-terhadapkuattekanbeton.pdf>. Diunduh pada tanggal 31 Juli 2021.
- Rosana, M.F., Widhiyatna, D., Kartawa W; 2003. Potensi sumberdaya mineral jawabarar: menuju pembangunan jawa barat yang berkelanjutan. Bandung: Pustaka unpad
- Simanjuntak, S., Manurung, YS., Tampubolon, A., Kiesman., 2003. Inventarisasi dan eksplorasi mineral logam di kabupaten cianjur dan kabupaten sukabumi jawa barat. Bandung: Direktorat inventarisasi sumberdaya mineral;
- Sugeng, T.A., dan Sudiyono, 2017. Upaya pengelolaan pemanfaatan batu bintang sebagai bahan baku pembuatan kerajinan dengan menerapkan usaha kemitraan dan pelatihan keterampilan pada masyarakat di desa leprak kecamatan kelabang kabupaten bondowoso. Jurnal. Integritas Jurnal Pengabdian. Vol 1, No. 2.
- Tjahyono, B., Hutamadi, R., Rudy, G., 2020. Kebijakan konservasi bahan galian. <https://psdg.bgl.esdm.go.id/index.php>. Diunduh pada tanggal 24 November 2020.

Analisa Sebaran Tss, Tds, Ph Dan Suhu Di Sungai Akibat Penambangan Emas Aluvial Rakyat Dengan Sgems Di Desa Sungai Kapas, Merangin, Jambi.
(Analysis Distribution of TSS, TDS, pH And Temperature In The River Due to People's Alluvial Gold Mining With SGEMS In Desa Sungai Kapas, Merangin, Jambi)

Rusnoviandi¹, Refky Adi Nata², Puji Rahayu³, Verra Syahmer⁴

^{1,2,3}Prodi Teknik Pertambangan, STTIND Padang

⁴Politeknik ATIP Padang

* Korespondensi E-mail: ¹rusnoviandi.lubis@gmail.com ²refkyadi@yahoo.co.id ³puji.rahayu01115@gmail.com ⁴verrasyahmer@yahoo.com

Abstrak

Kegiatan penambangan emas secara tradisional dilakukan oleh masyarakat di Desa Sungai Kapas, Kabupaten Merangin, Jambi menyisakan lubang-lubang dan kolam akibat aktivitas penambangan emas. Sisa air limbah penambangan dialirkan secara langsung ke sungai sehingga menyebabkan kekeruhan pada air Sungai Blengo. Metode yang digunakan untuk penelitian ini adalah metode eksperimen. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai TSS pada setiap sampel stasiun penelitian memiliki nilai melebihi ambang batas maksimal, nilai yang memenuhi nilai maksimal ambang batas adalah 200 mg/L pada stasiun 8 (delapan), pada stasiun lainnya nilai TSS melebihi 200 mg/L dengan nilai tertinggi sebesar 6.400 mg/L pada stasiun 7 (tujuh). Nilai pH pada stasiun 3 (tiga) dan memiliki nilai 4,7 dengan demikian nilai tersebut tidak memenuhi standar sebesar 6-9. Dengan demikian dapat diketahui bahwa air Sungai Blengo tidak layak. Hal ini dikarenakan tidak memenuhinya syarat-syarat yang ada pada peraturan yang berlaku untuk penambangan serta pengolahan emas.

Kata kunci: Emas, TDS, TSS, pH, Suhu

Abstract

Gold mining activities are traditionally carried out by the community in Sungai Kapas Village, Merangin Regency, Jambi leaving holes and ponds due to gold mining activities. The rest of the mining wastewater is drained directly into the river causing turbidity in the water of the Blengo River. The method used for this research is the experimental method. The test results showed that the TSS values in each sample of the research station had a value exceeding the maximum threshold. The maximum threshold value is 200 mg/L at station 8 (eight), at other stations the TSS value exceeds 200 mg/L with the highest value of 6,400 mg/L at station 7 (seven). The pH value is 3 (three) and has a value of 4.7 thus the value does not meet the standard of 6-9. Thus it can be known that the water of the Blengo River is not viable. This is because it does not meet the conditions in the regulations that apply to gold mining and processing.

Keywords: Gold, TDS, TSS, pH, Temperature

1. Pendahuluan

Sungai Blengo merupakan sungai yang mengalir di Desa Sungai Kapas, Kabupaten Merangin, Jambi. Sungai Blengo memiliki lebar kurang lebih 6 (enam) meter. Sepanjang aliran sungai saat ini mengalami pencemaran yang terlihat dari warna air berwarna cokelat keruh (dapat dilihat pada lampiran). Selain itu, Sungai Blengo mengalami pendangkalan. Perubahan warna akibat sedimentasi lumpur yang terjadi di Sungai Blengo.

Sepanjang Sungai Blengo terdapat kegiatan penambangan emas aluvial yang dilakukan oleh kelompok masyarakat. Penambangan dilakukan dengan cara penyempotan tanah dengan air bertekanan tinggi, kemudian disedot oleh pipa yang terhubung dengan papan seluncur yang digunakan untuk menangkap bijih emas. Air

sisa penambangan yang mengalir melalui papan seluncur langsung di buang ke badan sungai. Untuk kegiatan penambangan yang lokasinya sekitar 100 (seratus) meter dari sungai, air sisa penambangan ditampung di kolam sedimen kemudian dialirkan ke Sungai Blengo melalui paritan atau sungai-sungai kecil. Air sisa penambangan lalu dibuang ke Sungai Blengo tanpa melalui tahapan treatment. Penambangan emas aluvial secara ilegal yang dilakukan warga sepanjang sungai menggunakan senyawa merkuri atau raksa (Hg) untuk penggumpalan emas (amalgamasi). Proses amalgamasi dilakukan dipinggir sungai atau dipinggir kolam endap dengan cara pendulangan (panning) untuk memisahkan emas dengan pengotor yang umumnya adalah Pasir Besi.

Penggunaan merkuri dapat mencemari ekosistem Sungai Blengo hal ini dikarenakan merkuri yang digunakan dalam penggumpalan merupakan senyawa dalam bentuk cair. Selain penggunaan senyawa merkuri atau raksa yang memiliki dampak berbahaya untuk manusia, penambangan emas aluvial secara ilegal menyisakan kolam bekas lokasi penambangan yang memiliki kedalaman bervariasi. Kolam tersebut memiliki warna air yang kehijauan. Meskipun saat ini sebagian kelompok menggunakan sistem buka tutup lubang, yaitu lubang yang telah selesai penambangannya ditutup menggunakan material yang digali sebelumnya (umumnya batuan).

Untuk mengetahui seberapa jauh penyebaran berdasarkan jarak lokasi penambangan terhadap sungai, dilakukan perhitungan dengan metode IDW (invers distance weight) sehingga diketahui pengaruh persentase penyebaran terhadap jarak. Selain menghitung penyebaran berdasarkan jarak, dilakukan gambaran penyebaran pH, TDS, Suhu, TSS menggunakan perangkat lunak SGeMS.

2. Metode

Jenis penelitian yang digunakan adalah eksperimen. Penelitian eksperimen merupakan penelitian yang dimaksudkan untuk mengetahui ada tidaknya akibat dari sesuatu yang dikenakan pada subyek selidik. Dengan kata lain penelitian eksperimen mencoba meneliti ada tidaknya hubungan sebab akibat (Suharsimi Arikunto, 2013). Penelitian eksperimen berbeda dengan penelitian naturalistik (kualitatif), penelitian eksperimen dilakukan dilaboratorium sedangkan penelitian naturalistik dilakukan pada kondisi alamiah.

Lokasi penelitian mengenai Penyebaran pH, TSS, TDS dan Temperatur dilakukan di Sungai Akibat penambangan konvensional, yaitu berada di Desa Sungai Kapas, Kecamatan Bangko, Kabupaten Merangin, Propinsi Jambi. Secara geografis Desa Sungai Kapas berada pada koordinat S 02° 07' 26,2" E 102° 18' 25,8" sampai S 02° 09' 57,9" E 102° 19' 02,5".

Variabel penelitian merupakan sebab serta akibat yang terjadi serta melatarbelakangi dilakukannya sebuah penelitian. Pada dasarnya variabel penelitian adalah segala sesuatu yang berbentuk apa saja yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari sehingga diperoleh informasi tentang hal tersebut, kemudian ditarik kesimpulan (Sugiyono, 2012).

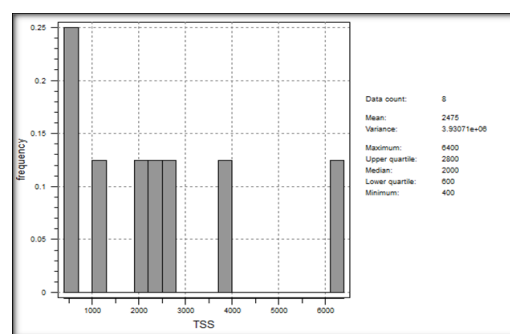
Berdasarkan penelitian yang akan dilakukan, maka variabel pada penelitian ini adalah; mengukur TSS, mengukur nilai TDS pada sungai, nilai suhu, nilai pH pada sungai. Kemudian menganalisis hasil pengujian menggunakan perangkat lunak SGeMS dan memetakan berdasarkan koordinat menggunakan perangkat lunak Map Info serta perhitungan dengan metode IDW.

3. Hasil dan Pembahasan

Penyebaran Menggunakan SGeMS

a. Penyebaran TSS.

Gambar histogram pada gambar 1 merupakan hasil pengolahan data yang ditampilkan dalam bentuk diagram. Berdasarkan hasil tersebut dapat diketahui bahwa nilai rata-rata TSS pada hasil pengujian sebesar 2.574 mg/L, nilai maksimal pada data tersebut sebesar 6.400 mg/L serta nilai minimum sebesar 400 mg/L sedangkan nilai median pada data tersebut sebesar 2.000 mg/L.

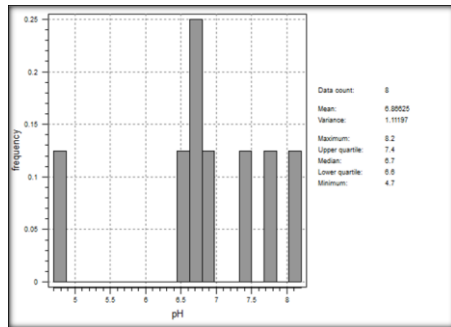


Gambar 1. Penyebaran TSS

Berdasarkan gambar tersebut dapat dilihat bahwa penyebaran TSS menyebar ke arah kiri diantara 0 dengan distribusi skewness negatif, sehingga penyebaran TSS masih dalam kategori baik.

b. Penyebaran nilai pH.

Pada histogram penyebaran pH yang ditampilkan dari hasil pengolahan perangkat lunak SGeMS, nilai rata-rata pH dari hasil pengujian sebesar 6,647. Nilai maksimal pH adalah 8,2 yaitu pada stasiun 2 (dua). Untuk nilai minimum atau terkecil sebesar 4,7 berada pada stasiun pengujian 3 (tiga) yaitu kolam bekas tambang. Nilai median dari nilai pH adalah 6,7. Nilai pH yang diolah menggunakan perangkat lunak SGeMS merupakan data yang di input dari hasil pengujian secara in-situ pada 8 (delapan) stasiun pengujian, nilai pada stasiun 3 (tiga) berada dibawah baku mutu untuk penambangan serta pengolahan emas dan atau tembaga.

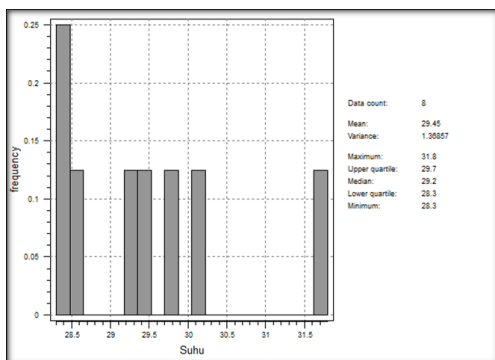


Gambar 2. Penyebaran pH

Berdasarkan gambar diatas, nilai penyebaran data berada pada arah kanan menuju nilai maksimal sehingga dapat diketahui berdasarkan distribusi skewness negatif bahwa nilai pH di Sungai Blengo berada pada kualitas lebih besar dari mean.

c. Penyebaran suhu

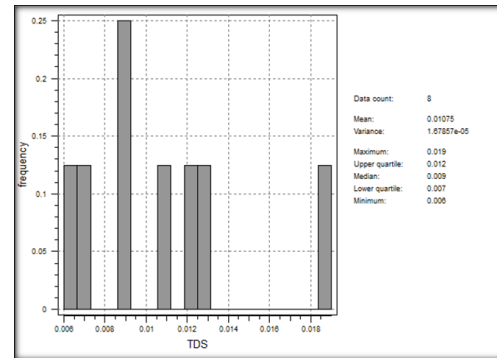
Pada hasil pengujian yang diolah secara lebih lanjut, Gambar diatas menunjukkan bahwa nilai rata-rata suhu hasil pengujian secara *in-situ* sebesar 29,45 °C, nilai maksimal sebesar 31,8°C berada pada stasiun 7 (tujuh), nilai minimum sebesar 28,3°C yaitu pada hasil pengujian stasiun 4 (empat). Sedangkan nilai median dari data tersebut sebesar 29,2 °C. dibawah ini merupakan hasil analisa dengan grafik histogram.



Gambar 3. Penyebaran Suhu

d. Penyebaran nilai TDS.

Penyebaran TDS pada hasil pengolahan yang disajikan dalam bentuk grafik histogram, seperti gambar berikut ini:



Gambar 4. Penyebaran TDS

Penyebaran nilai dominan berada pada sebelah kiri atau menuju nilai negatif seperti gambar diatas. Nilai rata-rata TDS pada hasil pengujian sebesar 0,0107 mg/L. Nilai maksimal berada pada stasiun 3 (tiga) sebesar 0,019 mg/L dan nilai minimum berada pada stasiun 6 (enam) dengan nilai sebesar 0,006 mg/L. nilai median pada data tersebut sebesar 0,009 mg/L. Berdasarkan grafik histogram dibawah ini, diketahui bahwa penyebaran doominan berada dibawah nilai rata-rata sebesar 0,0107 hal ini dapat dilihat antara nilai mean dan median hasil pengolahan data.

Pada hasil pengujian yang diolah secara lebih lanjut, Gambar diatas menunjukkan bahwa nilai rata-rata suhu hasil pengujian secara *in-situ* sebesar 29,45 °C, nilai maksimal sebesar 31,8°C berada pada stasiun 7 (tujuh), nilai minimum sebesar 28,3°C yaitu pada hasil pengujian stasiun 4 (empat). Sedangkan nilai median dari data tersebut sebesar 29,2 °C. dibawah ini merupakan hasil analisa dengan grafik histogram.

a. Pengujian pH

Pengujian pH meter ini mengacu sesuai dengan SNI 6989.11 tahun 2004 mengenai pengujian pH menggunakan alat pH meter. Langkah kerja yang perlu dilakukan untuk melakukan pengujian pH terlampir pada lampiran 13. Berikut ini merupakan tabulasi hasil pengujian pH meter pada stasiun pengujian:

Tabel 1. Pengujian pH menggunakan pH meter

LOKASI	pH	Keterangan
ST 1	7.8	sesuai
ST 2	8.2	sesuai
ST 3	4.7	tidak sesuai
ST 4	7.4	sesuai
ST 5	6.9	sesuai
ST 6	6.63	sesuai
ST 7	6.7	sesuai

ST 8	6.6	sesuai
------	-----	--------

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan di lokasi pengambilan sampel dapat diketahui bahwa nilai pH yang ada di aliran Sungai Blengo memiliki pH berkisar antara 6 – 8, sedangkan pada kolam pengendapan yang tercipta dari bekas tambang memiliki pH 4,9.

b. Pengujian TSS (Total Suspended Solved)

Berikut ini merupakan tabel hasil pengujian TSS yang dilakukan di laboratorium.

Tabel 2. Hasil Pengujian TSS Pada Sampel Air

SAMP EL	KERTA S (gr)	K+S (gr)	HITUNG	
			mg/ml	mg/l
U1	0.93	1.05	2.4	2400
U2	0.94	1	1.2	1200
U3	0.91	0.93	0.4	400
U4	0.85	1.05	4	4000
U5	0.96	0.99	0.6	600
U6	0.92	1.02	2	2000
U7	0.83	1.15	6.4	6400
U8	0.96	1.1	2.8	2800

Berdasarkan hasil pengujian TSS yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa nilai TSS pada Sungai Blengo memiliki nilai berkisar 600 – 6400 mg/L, sedangkan pada kolam endap pada ST 3 sebesar 400 mg/L, pada anak Sungai Blengo menunjukkan nilai pengujian TSS sebesar 2800 mg/L. nilai tertinggi terdapat pada stasiun 7 (tujuh) dengan nilai TSS sebesar 6.400 mg/L. Dibawah ini merupakan tabel analisa hasil TSS berdasarkan peraturan perundang-undangan yang berlaku yaitu Kepmen LH. No 202 Tahun 2014.

Tabel 3. Hasil Analisa TSS

SAMPEL	TSS (ppm/mg/L)	Keterangan
U1	2400	melebihi
U2	1200	melebihi
U3	400	melebihi
U4	4000	melebihi
U5	600	melebihi
U6	2000	melebihi
U7	6400	melebihi
U8	200	sesuai batas maks.
U9	2800	melebihi

c. Pengujian Suhu

Pengujian ini dilakukan secara in-situ yaitu pengujian dilakukan secara langsung di lokasi stasiun penelitian. Pengujian suhu menggunakan alat yang sama untuk pengujian TDS yaitu TDS meter, berikut ini merupakan tabulasi data yang didapatkan di lapangan.

Tabel 4. Hasil Pengujian Suhu Di Stasiun Penelitian

LOKASI	SUHU(°C)
ST 1	29.2
ST 2	28.3
ST 3	29.5
ST 4	28.3
ST 5	28.6
ST 6	30.2
ST 7	31.8
ST 8	29.7

Berdasarkan hasil pengujian, diketahui bahwa suhu sampel yang diukur di lapangan berkisar antara 26,1 – 31,8 °C. suhu terendah berada pada ST 9 yaitu anak sungai di Sungai Blengo yang ada di Desa Sungai Kapas, sedangkan suhu tertinggi ada di ST 7, stasiun 7 (tujuh) merupakan stasiun amat di pinggir Sungai Blengo. Berikut ini merupakan gambar pengujian sampel menggunakan TDS meter. Berdasarkan hasil tersebut, maka data dapat dianalisa menggunakan PP. No. 82 Tahun 2001 bahwa hasil data dari seluruh stasiun penelitian yang ada di Sungai Blengo tidak melebihi batas dari peraturan yang berlaku. Adapun syarat untuk parameter suhu menurut PP. No. 82 Tahun 2001 mengenai suhu ialah sesuai dengan kondisi alam.

d. Pengujian TDS

Berdasarkan pengujian yang dilakukan, diketahui bahwa nilai TDS tertinggi berada pada ST 3, sedangkan nilai terendah untuk TDS berada di ST 6. Berikut ini merupakan gambar pengujian sampel guna mendapatkan nilai TDS.

Tabel 5. Hasil Pengujian TDS di Stasiun Pengamatan

LOKASI	TDS (ppm)
ST 1	0.013
ST 2	0.012
ST 3	0.019
ST 4	0.009
ST 5	0.007
ST 6	0.006
ST 7	0.011

ST 8	0.009
------	-------

Berdasarkan hasil pengujian tersebut, dapat diketahui bahwa nilai TDS yang ada di Sungai Blengo masih dibawah standar batas maksimal menurut peraturan yang berlaku yaitu sebesar 1.000 mg/L.

4. Kesimpulan

Parameter TSS yang mempengaruhi kekeruhan Sungai Blengo menunjukan bahwa seluruh parameter tidak sesuai dengan baku mutu yang berlaku (maksimal 200 mg/L) nilai tertinggi TSS berada pada stasiun 7 (tujuh) dengan nilai sebesar 6.400 mg/L sert anilai terendah berada pada stasiun kolam (ST 3) sebesar 400 mg/L.

Parameter pH, stasiun kolam (ST 3) merupakan setasiun yang memiliki pH sangat rendah sebesar 4,7 sedangkan untuk stasiun lain memiliki nilai yang memenuhi standar baku mutu dengan nilai berkisar antara 6 – 8.

Parameter TDS serta suhu, berdasarkan hasil pengujian tidak melebihi baku mutu pada peraturan perundang-undangan yang berlaku dengan nilai batas TDS sebesar 1000 mg/L sedangkan untuk suhu disesuaikan dengan keadaan alami.

Ucapan Terimakasih

Terimakasih kepada Ristek Dikti yang telah mendukung Sumber dana dalam penelitian ini dan rekan rekan civitas akademika Sekolah Tinggi Teknologi Industri Padang (STTIND Padang).

Daftar Pustaka

Bambang Tjahjono Setiabudi. 2004. *Penyebaran merkuri akibat usaha pertambangan emas di daerah sangon, kabupaten kulon progo, D.I. Yogyakarta*. Jurnal Penelitian SUBDIT Konservasi, 1 (2), 1-17.

Denni Widhiyatna. 2004. *Pendataan penyebaran merkuri akibat usaha pertambangan emas di daerah tasikmalaya, Propinsi Jawa Barat*. Jurnal Penelitian SUBDIT Konservasi, 1 (3), 1-15.

Gatot H. Pramono. 2008. *Akurasi Metode IDW dan Kriging Untuk Interpolasi Sebaran Sedimen Tersuspensi Di Maros, Sulawesi Selatan*. Jurnal Forum Geografi, 22 (1), 145-158.

Hendro Martono dan Inswiasri. 2007. *Pencemaran Diwilayah Tambang Emas Rakyat*. Jurnal Media Litbang Kesehatan, 17 (3), 42-50.

Nanik Suryo Haryani dan Junita Monika Pasaribu. 2012. *Perbandingan Teknik Interpolasi DEM SRTM dengan Metode Inverse Distace Weight dan Spline*. Jurnal Penginderaan Jauh, 9 (2), 126-139.

Rudi Gunardi. 2014. *Penelitian sebaran merkuri dan unsur logam berat di wilayah pertambangan rakyat, Kabupaten Minahasa Utara, Propinsi Sulawesi Utara*. Jurnal Kelompok Penyelidikan Konservasi Pusat sumber daya Geologi, 10 (1), 1-16.

Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 416 Tahun 1990 tentang Syarat-Syarat Pengawasan kualitas Air.

Talesh Hosseini, dkk. 2018. *Spatial Modelling of Zonality Elements Based On Compositional Nature of Geochemical Data Using Geostatistical Approach: A Case Study of Baghqlloom Area, Iran*. JME (Journal of Mining & Environment), 9 (1), 153-167.

Refki Putra. 2013. *Kajian Beban Pencemaran Dan Kualitas Air Sungai Batang Arau Di Kota Padang*. Departemen Konservasi Sumberdaya Hutan Dan Ekowisata Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor.

Widyawati dan Ainuddin. 2017. *Studi pencemaran logam berat merkuri (Hg) Di Perairan Sungai Tabobo Kecamatan Malifut Kabupaten Halmahera Utara*. Jurnal Ecosystem, 17 (1), 653-659.

Kajian Teknis Kestabilan Lereng Pasca Tambang Berdasarkan Sifat Fisik dan Mekanik Tanah

(Study of Post-Mining Slope Stability Based on Physical and Mechanical Properties of Soil)

Muhammad Rizhan¹, Rahma Norfaeda^{1*}, Kartini¹

¹ Jurusan Teknik Pertambangan, Politeknik Negeri Banjarmasin

* Korespondensi E-mail: rahmanorfaeda@poliban.ac.id

Abstrak

Lereng pasca tambang memiliki potensi kelongsoran yang ditimbulkan oleh faktor-faktor seperti geometri lereng, struktur batuan, sifat fisik dan mekanik batuan serta kandungan air tanah. Pemantauan lereng pasca tambang harus dilakukan agar tidak menimbulkan permasalahan lingkungan yang lebih luas. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kestabilan lereng bekas tambang. Sampel yang digunakan berupa tanah di daerah Kecamatan Mataraman Kabupaten Banjar. Metode analisis berupa kajian teknis sifat fisik dan sifat mekanik tanah dilengkapi dengan simulasi rancangan lereng tambang menggunakan *Software Slide 6.0* untuk mengetahui faktor keamanan lereng bekas tambang dari beberapa variasi sudut lereng. Analisis faktor keamanan diambil dari data nilai kohesi dan bobot isi yang paling kecil untuk mewakili kekuatan material lereng. Berdasarkan analisa nilai sifat fisik dan mekanik sampel terhadap analisis kestabilan lereng, didapatkan bahwa lereng pasca tambang akan stabil dan aman dengan batasan tidak ada penambahan faktor – faktor lain yang dapat menurunkan kestabilan lereng tersebut. Lereng tambang masih memiliki nilai faktor keamanan > 2 yang berarti stabil meskipun sudut kemiringan sudah mencapai 70° .

Kata kunci: Kestabilan lereng tambang, faktor keamanan

Abstract

Post-mining slopes have the potential for landslides caused by factors such as slope geometry, rock structure, physical and mechanical properties of rock and groundwater content. Post-mining slope monitoring must be carried out to avoid more environmental problems. This study aims to determine the stability of ex-mining slopes. The soil sample was used to form the Mataraman District, Banjar Regency. The analytical method of a technical study is based on the physical and mechanical properties of the soil with a mine slope design simulation using Slide 6.0 software to determine the safety factor of ex-mining slopes from several variations of slope angles. The safety factor analysis was taken from the data of the smallest cohesion value and bulk weight to represent the strength of the slope material. Based on the analysis of the value of the physical and mechanical properties of the sample against the analysis of slope stability, it was found that the post-mining slope will be stable and safe if there are no additional factors that can reduce the stability of the slope. The mine slope still has a safety factor value of > 2 which means it is stable even though the slope angle has reached 70° .

Keywords: Slope stability, safety factor

1. Pendahuluan

Pasca tambang adalah kegiatan terencana, sistematis, dan berlanjut setelah akhir sebagian atau seluruh kegiatan usaha pertambangan untuk memulihkan fungsi lingkungan alam dan fungsi sosial menurut kondisi lokal di seluruh wilayah pertambangan (Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2018). Sektor pertambangan dan penggalan dan sektor jasa menjadi ciri khas pembangunan di Kabupaten Banjar yang merupakan penyumbang ketiga dan keempat terbesar yaitu 19,74% ditahun 2012 dan diupayakan untuk terus meningkat (Pemerintah Daerah Kabupaten Banjar, 2013). Dengan terus meningkatnya sektor pertambangan di Kabupaten Banjar maka pengelolaan pasca tambang juga harus ditingkatkan agar lereng

pasca tambang terus stabil dan tidak menimbulkan permasalahan lingkungan yang lebih luas.

Pedoman pelaksanaan reklamasi dan pascatambang serta pascaooperasi pada kegiatan usaha pertambangan mineral dan batubara menyatakan bahwa dalam hal pelaksanaan kegiatan penambangan secara teknis meninggalkan lubang bekas tambang, maka wajib dibuat rencana pengelolaan dalam rangka pemanfaatan lubang bekas tambang meliputi: a) stabilisasi lereng; b) pengamanan lubang bekas tambang (*void*); c) pemulihan dan pemantauan kualitas air serta pengelolaan air dalam lubang bekas tambang (*void*) sesuai dengan peruntukannya; dan d) pemeliharaan lubang bekas tambang (*void*). Stabilisasi lereng

merupakan hal yang sangat penting untuk diperhatikan dalam pelaksanaan program pasca tambang (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2018).

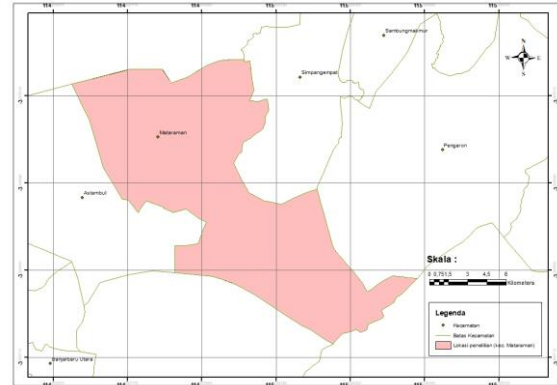
Kestabilan lereng pasca tambang memiliki potensi kelongsoran sebagai akibat faktor alam maupun faktor manusia seperti geometri lereng, struktur batuan, dan kandungan air tanah. Kandungan air tanah pada lereng yang bersangkutan akan memberikan tambahan beban yang besar pada lereng menyebabkan gaya penggerak bertambah dan lebih besar dari pada gaya penahan. Gaya penggerak lebih besar dari gaya penahan menyebabkan lereng tambang menjadi tidak stabil. Lereng yang tidak stabil sangatlah berbahaya terhadap lingkungan sekitarnya, oleh sebab itu analisis kestabilan lereng dapat diketahui dengan menghitung nilai faktor keamanan yang dapat dijadikan tolak ukur untuk kestabilan lereng pasca tambang bagi perusahaan pemegang Izin Usaha Pertambangan (IUP) di Kabupaten Banjar.

2. Metode

Pengambilan sampel dilakukan di daerah Kecamatan Mataraman Kabupaten Banjar Kalimantan Selatan. Sampel yang didapat dari lapangan diuji di laboratorium untuk mendapatkan nilai dari parameter sifat fisik dan sifat mekanik. Sampel merupakan perwakilan batuan di Kabupaten Banjar dari kedalaman 3,22 m sampai dengan 16,50 m di bawah permukaan tanah. Penelitian ini secara umum dikelompokkan menjadi tiga tahapan utama, yaitu:

- 1) Survey daerah untuk pengambilan sampel penelitian
- 2) Pengujian sampel tanah di laboratorium untuk mengetahui sifat – sifat fisik dan mekanik tanah yang diperlukan untuk analisa karakteristik tanah seperti bobot isi, kadar air, berat jenis, batas plastis, batas cair, distribusi ukuran butir, kuat tekan, kohesi, dan sudut geser dalam.
- 3) Analisis dan pengolahan data terhadap hasil penelitian :
 - a. Sifat fisik : berat isi, berat jenis, klasifikasi jenis tanah dan indeks plastisitas
 - b. Sifat mekanik : kuat tekan, kohesi dan sudut geser dalam
 - c. Faktor keamanan diambil pada data kedua dengan nilai kohesi dan bobot isi yang paling kecil untuk mewakili kekuatan material lereng. Analisa karakter fisik dan mekanik sampel tanah dan perhitungan faktor keamanan (FK) pada desain lereng tambang dengan geometri yaitu tinggi lereng 10 m dan

lebar 30 meter, kemudian divariasikan beberapa sudut lereng dari 35 derajat sampai 70 derajat. Dari desain lereng dan nilai FK tersebut dapat direkomendasikan geometri lereng yang stabil.



Gambar 1. Lokasi penelitian



Gambar 2. Kondisi Lapangan

3. Hasil dan Pembahasan

Analisis Karakteristik Sifat Fisik Tanah

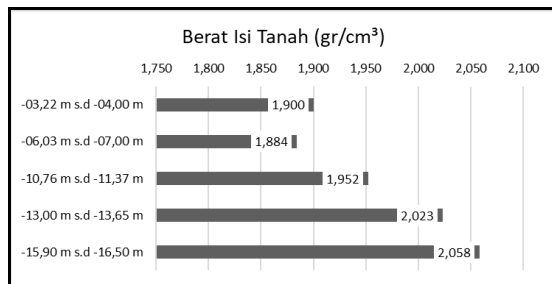
a. Berat isi

Berat isi adalah perbandingan antara berat butir tanah dengan volume butir tanah. Nilai berat isi sangat terpengaruh dari pengolahan tanah. Jika pengolahan tanah dilakukan secara benar maka nilai berat isi akan naik, dan begitu pula sebaliknya (Rosyidah & Wirosoedarmo, 2013). Sampel merupakan tanah yang tidak terganggu atau undisturbed sehingga tidak terjadi pengolahan tanah yang diakibatkan oleh manusia. Dari hasil pengolahan data pengujian (Gambar 3) didapatkan bahwa di kedalaman 10 – 16 m dari permukaan tanah cenderung naik nilai berat isinya.

b. Berat jenis

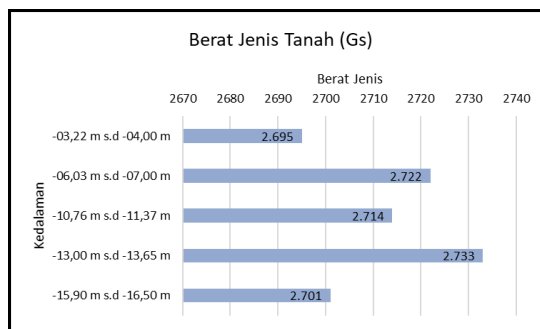
Berat jenis adalah angka perbandingan antara berat isi butir tanah dan berat isi air suling pada temperatur dan volume yang sama. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan bahwa dari permukaan tanah

hingga kedalaman 16,5 m nilai berat jenis tidak jauh berbeda yaitu berkisar dari 2,695 sampai 2,733 (Gambar 3).



Gambar 3. Grafik Berat isi Tanah

Dari data ini menunjukkan bahwa batuan induk pembentuk tanah tidak jauh berbeda bahkan hampir sama.

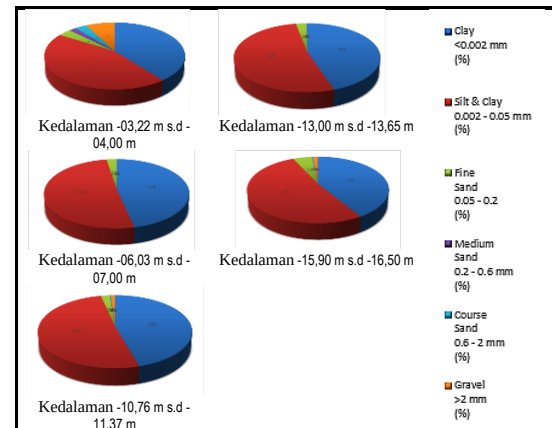


Gambar 4. Grafik Berat Jenis Tanah

- c. *Grain distribution* (Distribusi ukuran butiran)
Distribusi ukuran butiran adalah penentuan persentase berat butiran pada satu unit saringan, dengan ukuran diameter lubang tertentu. Jenis pengujian dilakukan untuk mendapatkan distribusi ini adalah Analisa Saringan/Ayakan dan Uji Hydrometer. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan bahwa dari permukaan tanah hingga kedalaman 16,5 m ukuran butir yang mendominasi lokasi penelitian adalah jenis *silt* dan *clay* dengan ukuran 0,002 – 0.05 mm yaitu dari 44 – 51 %. (**Error! Reference source not found.**5). Berdasarkan nilai fraksi tanah tersebut maka klasifikasi tanah masuk dalam jenis tanah OH & MH dan CL.

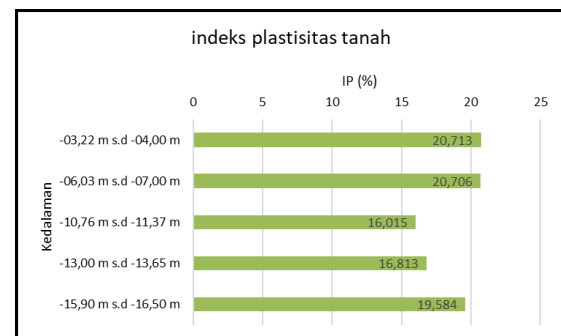
- d. Indeks plastisitas (IP)
Indeks plastisitas adalah suatu kondisi dimana tanah berada antara batas cair dan batas plastis. Semakin tinggi nilai IP semakin mudah terpengaruh oleh kadar air. Indeks plastisitas menunjukkan sifat keplastisan tanah, jika nilai PI tinggi maka tanah mengandung banyak lempung, dan jika nilai PI rendah maka tanah mengandung banyak lanau (Panguriseng, 2018). Berdasarkan hasil pengujian didapatkan bahwa dari permukaan tanah hingga kedalaman 16,5

bahwa nilai IP sampel cukup rendah yaitu berkisar dari 19 - 20 % (Gambar 6).



Gambar 5. Grafik Distribusi Ukuran Butir Tanah

Hal ini menunjukkan bahwa pada lokasi penelitian tanah masih tidak mudah terpengaruh oleh kadar air dan menguntungkan jika terdapat konstruksi diatasnya.



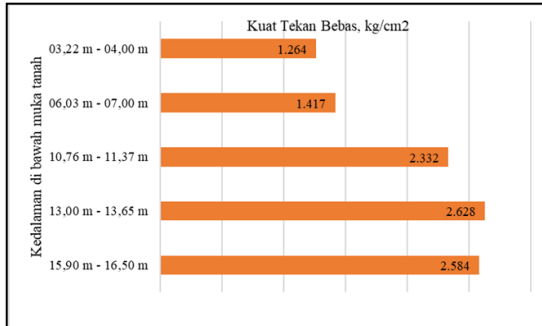
Gambar 6. Grafik Nilai Indeks Plastisitas Tanah

Analisis Karakteristik Sifat Mekanik tanah

a. Kuat Tekan Bebas

Kuat tekan bebas adalah besarnya beban aksial per satuan luas yang paling maksimum pada saat benda uji mengalami keruntuhan atau pada saat regangan aksial mencapai 20%. Selain untuk mengetahui nilai kuat tekan bebas material tanah, pada uji ini juga dapat diketahui salah satu parameter kuat geser yaitu kohesi, di mana kohesi tanah adalah 50% dari kuat tekan bebas maksimum tanah. Pengujian ini cocok untuk jenis tanah lempung jenuh karena pembebanan yang cepat sehingga air tidak sempat mengalir keluar dari benda uji. Beban aksial yang diterapkan pada benda uji terus menerus ditambah hingga benda uji mengalami keruntuhan. Nilai kuat tekan bebas pada tanah di lokasi penelitian berkisar antara 1,264 kg/cm² sampai 2,584 kg/cm² (Gambar 7). Nilai tersebut cenderung meningkat seiring

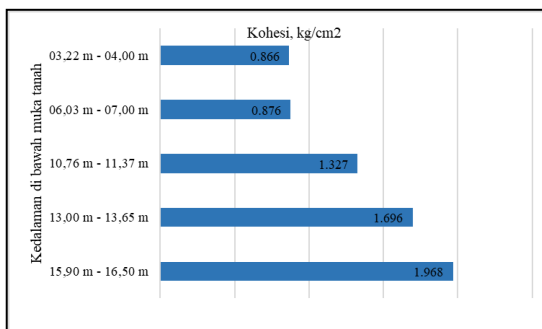
dengan pertambahan kedalaman tanah. Pada kedalaman < 7 meter tanah memiliki kuat tekan bebas < 2 kg/cm² sedangkan pada kedalaman > 10 meter kuat tekan bebas > 2 kg/cm².



Gambar 7. Grafik Nilai Kuat Tekan Bebas terhadap Kedalaman

b. Kohesi

Kohesi merupakan salah satu parameter kuat geser, dalam penelitian ini nilai kohesi diperoleh dari hasil uji geser langsung sampel *undisturbed* di laboratorium. Kohesi merupakan gaya Tarik menarik antara partikel dalam tanah, dinyatakan dalam satuan berat per satuan luas. Kohesi tanah akan semakin besar jika kekuatan gesernya makin besar. Salah satu aspek yang memengaruhi nilai kohesi adalah kerapatan dan jarak antar molekul dalam suatu benda. Kohesi berbanding lurus dengan kerapatan suatu benda, sehingga bila kerapatan besar maka kohesi yang akan didapatkan semakin besar (Haris, dkk, 2018). Nilai kohesi pada daerah penelitian berkisar antara 0,866 – 1,968 kg/cm². Berdasarkan gambar 7 bahwa nilai kohesi semakin meningkat pada tanah dengan kedalaman besar. Nilai kohesi ini berbanding lurus dengan berat isi tanah pada **Error! Reference source not found.** semakin jauh dari permukaan tanah nilai berat isi juga semakin besar.

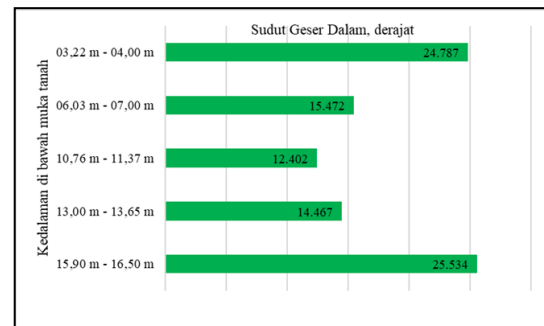


Gambar 8. Nilai Kohesi terhadap Kedalaman

c. Sudut Geser Dalam

Sudut geser dalam adalah sudut yang dibentuk dari hubungan antara tegangan

normal dan tegangan geser di dalam material tanah atau batuan. Sudut geser dalam merupakan sudut rekahan yang dibentuk jika suatu material dikenai tegangan atau gaya terhadapnya yang melebihi tegangan gesernya. Semakin besar sudut geser dalam suatu material maka material tersebut akan lebih tahan menerima tegangan luar yang dikenakan terhadapnya. Dalam penelitian ini, variasi nilai sudut geser dalam tanah adalah antara 12,40° sampai 25,53°. Nilai sudut geser dalam daerah penelitian yang terdapat dalam gambar 9, tidak menunjukkan *trend* menurun ataupun menaik terhadap kedalaman, misalnya pada kedalaman 4 meter nilai sudut geser dalam sekitar 24°, kemudian pada kedalaman 11 meter sekitar 12°, selanjutnya pada kedalaman 16 meter 25°.



Gambar 9. Sudut Geser Dalam terhadap Kedalaman

Analisis Faktor Keamanan Desain Lereng dengan Variasi Sudut Lereng

Faktor keamanan lereng diperoleh dari perhitungan metode Bishop yang menggunakan prinsip kesetimbangan batas. Desain lereng menggunakan geometri lereng tinggi 10 meter dan lebar 30 m. Variasi sudut lereng terdiri dari 35°, 40°, 45°, 50°, 60°, 70°. Perhitungan FK dibantu oleh perangkat lunak *Slide 6.0* dari *Rocscience*. Adapun parameter yang menjadi masukan ke dalam program *Slide* adalah nilai bobot isi material, kohesi, dan sudut geser dalam. Data karakteristik material yang menjadi input parameter tersebut menggunakan data dengan nilai terkecil untuk nilai bobot isi (unit *weight*) dan kohesi yang terdapat pada data sifat fisik dan mekanik tanah. Data input parameter diambil pada nilai terkecil diharapkan agar desain lereng yang dianalisis dapat memenuhi kekuatan minimal yang dimiliki oleh material penyusun lereng. Nilai input parameter bobot isi 1,884 gr/cm³, kohesi 0,876 kg/cm², dan sudut geser dalam 15,472°. Desain lereng berbagai variasi sudut lereng dengan hasil Faktor keamanan dapat dilihat pada Gambar 10 sampai 16 dan Tabel 1.

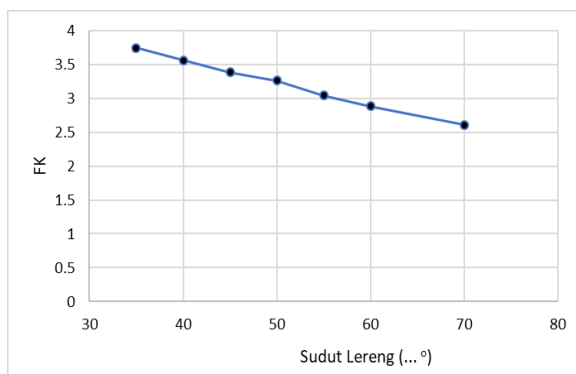
Tabel 1. Nilai Faktor Keamanan dengan variasi sudut lereng

No.	Sudut Lereng (...°)	Faktor Keamanan (FK)
1	35	3,741
2	40	3,559
3	45	3,379
4	50	3,260
5	55	3,038
6	60	2,883
7	70	2,604

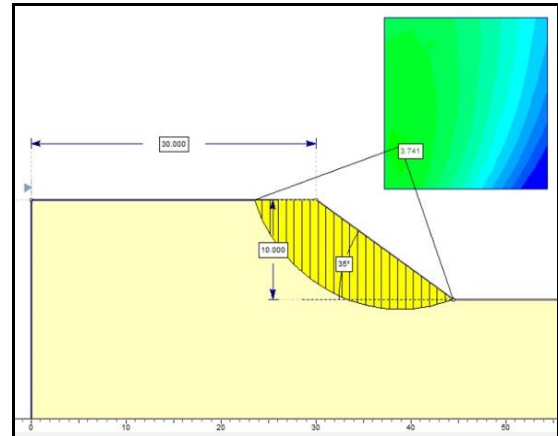
Keterangan : Nilai FK >1 stabil, FK < 1 tidak stabil

Tabel 4 menunjukkan bahwa dengan variasi sudut lereng yang diberikan yaitu 35 – 70 derajat menghasilkan nilai FK > 1 dengan minimal FK 2,604 pada sudut lereng 70 derajat. Berdasarkan Keputusan Menteri ESDM RI Nomor 1827K/30/MEM/2018 disebutkan bahwa untuk lereng tambang, nilai FK yang disarankan pada lereng tunggal adalah 1,1 (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2018). Dan menurut Bowles (1989, dalam Ali, R, K, dkk, 2017) dikatakan bahwa nilai FK >1,25 jarang terjadi longsor atau lereng relatif stabil. Dalam (Arif, 2016) juga disebutkan bahwa apabila nilai FK untuk suatu lereng >1,0 (gaya penahan > gaya penggerak), lereng tersebut berada dalam kondisi stabil. Begitu pula sebaliknya jika harga FK < 1,0 maka lereng tersebut berada dalam kondisi tidak stabil dan mungkin akan terjadi longsor.

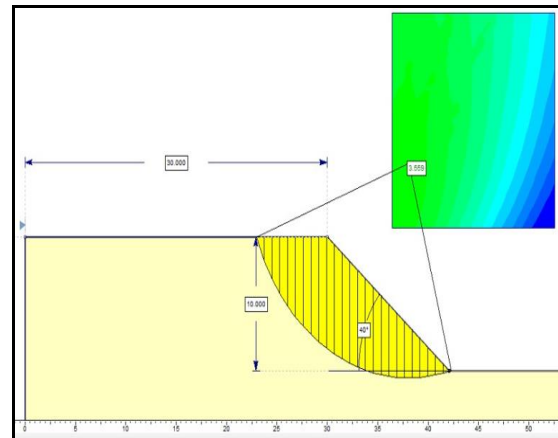
Hasil desain lereng dengan tinggi lereng 10 meter dan sudut kemiringan 70 derajat memberikan FK > 1,25, hal ini menunjukkan lereng tersebut sudah aman dari kejadian longsor. Tabel 4 juga menunjukkan bahwa nilai FK semakin kecil seiring dengan kenaikan sudut lereng. Hal ini membuktikan dengan input nilai parameter kuat geser dan bobot isi material yang sama tetapi berbeda sudut lereng maka nilai FK yang dihasilkan akan berbeda, di mana sudut lereng semakin besar memberikan nilai FK yang semakin kecil (Gambar 10).



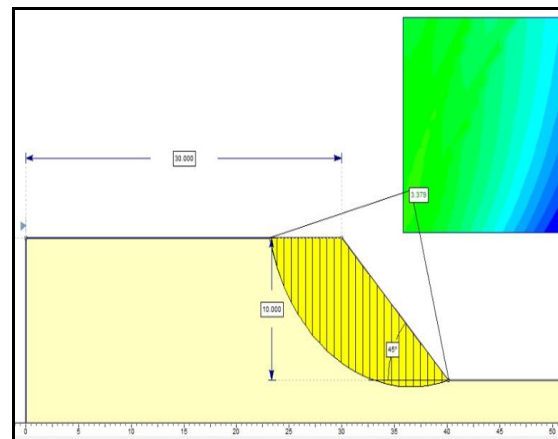
Gambar 10. Variasi nilai FK terhadap sudut kemiringan lereng



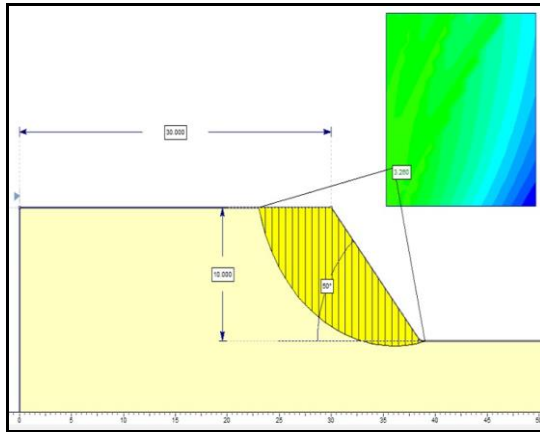
Gambar 11. Desain lereng untuk sudut lereng 35°



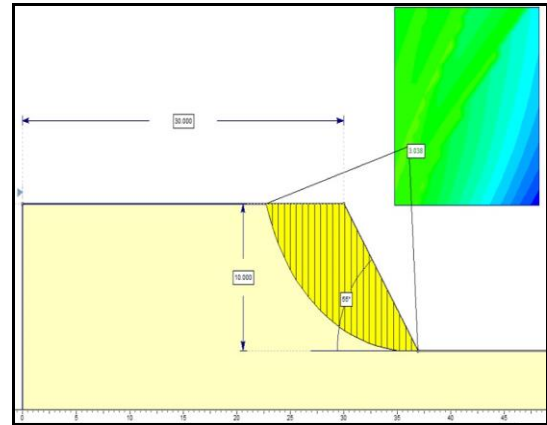
Gambar 12. Desain lereng untuk sudut lereng 40°



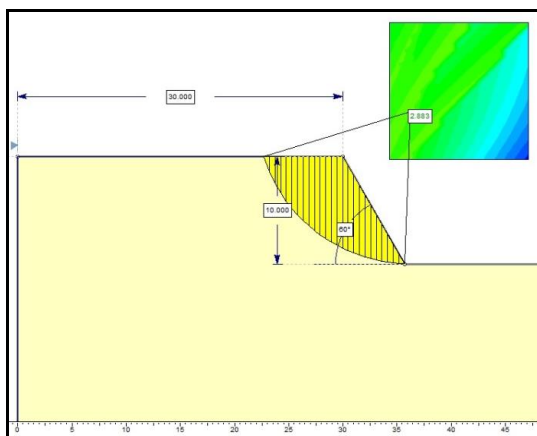
Gambar 13. Desain lereng untuk sudut lereng 45°



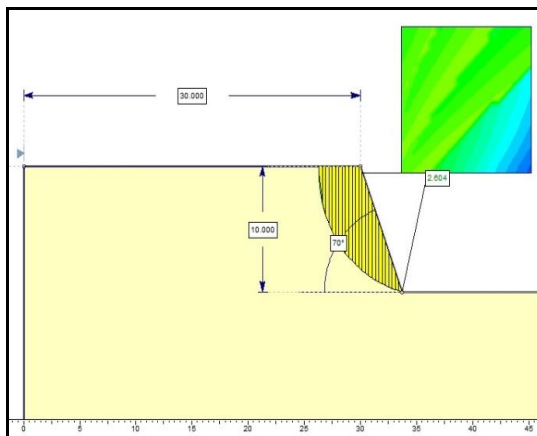
Gambar 14. Desain lereng untuk sudut lereng 50°



Gambar 17. Desain lereng untuk sudut lereng 55°



Gambar 15. Desain Lereng untuk sudut lereng 60°



Gambar 16. Desain Lereng untuk sudut lereng 70°

4. Kesimpulan

Berdasarkan nilai sifat fisik dan mekanik sampel tanah di Kecamatan Mataraman Kabupaten Banjar dalam analisis kestabilan lereng, maka lereng pasca tambang akan stabil dan aman dengan batasan tidak ada penambahan faktor – faktor lain yang dapat menurunkan kestabilan lereng tersebut. Desain rancangan lereng tambang masih memiliki nilai faktor keamanan > 2 yang berarti stabil meskipun sudut kemiringan sudah mencapai 70° .

Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih disampaikan kepada P3M poliban yang membantu dalam penyediaan dana penelitian serta pihak-pihak yang membantu dalam pengambilan sampel, pengujian dan analisa.

Daftar Pustaka

- Ali, R. K., Najib., Nasrudin, A., 2017. Analisis Peningkatan Faktor Keamanan Lereng Pada Areal Bekas Tambang Pasir Dan Batu di Desa Ngablak, Kecamatan Cluwak, Kabupaten Pati. Promine Journal, June 2017, Vol. 5 (1), 10 – 19.
- Arif, I., 2016. Geoteknik Tambang. PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 405 pp.
- Das, Braja M., Endah, Noor., Mochtar, Indrasurya B, 1995. Mekanika Tanah Jilid 1 (Prinsip - Prinsip Rekayasa Geoteknis). Jakarta, Erlangga, 291 pp.
- Djadmiko, S. dan Purnomo, S.J. E., 1993. Mekanika Tanah. Kanisius, Malang, 330 pp.
- Haris, T. V., Lubis, F. dan Winayati, 2018. "Nilai Kohesi dan Sudut Geser Tanah pada Akses Gerbang Selatan Universitas Lancang Kuning," *Siklus: Jurnal Teknik Sipil*, Vol. 4, No. 2, Oktober 2018. 123 – 130.

- Kementrian Energi Dan Sumber Daya Mineral, 2018. Keputusan Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral Nomor 1827 K/30/Mem/2018 Tahun 2018 Tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan Yang Baik. Kementrian Energi Dan Sumber Daya Mineral, Jakarta, 370 pp.
- Panguriseng, D., 2018. Dasar-Dasar Mekanika Tanah. Pena Indis, Yogyakarta, 367 pp.
- Pemerintah Daerah Kabupaten Banjar, 2013. Penyusunan Rencana Terpadu Dan Program Investasi Infrastruktur Jangka Menengah Kabupaten Banjar Tahun 2015-2019. Pemerintah Kabupaten Banjar, Kabupaten Banjar, 371 pp.
- Rosyidah, E., dan Wirosodarmo, R., 2013. Pengaruh Sifat Fisik Tanah Pada Konduktivitas Hidrolik Jenuh Di 5 Penggunaan Lahan (Studi Kasus Di Kelurahan Sumbersari Malang). Agritech, Vol. 33, No. 3, (Agustus 2013), 340-345.
- Rocscience Inc. 1989 – 2002. SLIDE 2D limit equilibrium slope stability for soil and rock slopes: User's Guide. https://www.rocscience.com/downloads/slide/Slide_TutorialManual.pdf. Diunduh pada tanggal 19 Agustus 2021.

Kajian Produktivitas Alat untuk Mengoptimalkan Hasil Produksi *Overburden* di PT. Karebet Mas Indonesia Site Kutai Energi Kalimantan Timur

(Productivity Study of Tools for Optimizing Overburden Production Results at PT. Karebet Mas Indonesia Site Kutai Energi East Kalimantan)

Fairus Atika Redanto Putri^{1*}, Yudho Dwi Galih Cahyono¹, Serin Rabin¹

¹Jurusan Teknik Pertambangan, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

* Korespondensi E-mail: fairus@itats.ac.id

Abstrak

Penambangan *overburden* dan batubara harus beriringan dan sejalan, karena dengan tingginya produktivitas *overburden* akan berpengaruh pada hasil produksi batubara. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung, menganalisis produktivitas serta menentukan rekomendasi untuk peningkatan produksi. Dalam riset ini menggunakan metode penelitian gabungan serta dengan pola matematis. Perusahaan memiliki target produktivitas sebesar 220,5 m³/Jam, dengan keadaan aktual didapatkan untuk alat gali muat sudah mencapai target sebesar 279,9238 BCM/Jam, namun alat angkut belum mencapai target sebesar 80,9048 LCM/Jam. Terdapat berbagai faktor belum tercapainya target produksi antara lain, efisiensi kerja yang rendah, waktu pengangkutan dan kembali yang cukup lama pada waktu edar alat angkut, serta tidak serasinya faktor keserasian sehingga menyebabkan waktu tunggu cukup lama pada alat angkut. Setelah dilakukan optimasi dengan adanya penambahan 1 unit alat gali muat (*excavator*) dengan jenis yang sama, optimasi waktu edar alat angkut serta optimasi efisiensi kerja alat angkut, didapatkan peningkatan produktivitas di setiap alat angkut, sehingga setelah dilakukan pengoptimasian target produktivitas alat angkut tercapai sebesar 222,4045 LCM/Jam.

Kata kunci: Waktu edar, efisiensi kerja, faktor keserasian, produktivitas

Abstract

Overburden and coal mining must go hand in hand and in line, because high overburden productivity will affect coal production results. This study aims to calculate, analyze productivity and determine recommendations for increasing production. This research uses a combined research method and a mathematical pattern. The company has a productivity target of 220.5 m³/hour, with the actual conditions obtained for digging and loading equipment that has reached the target of 279.9238 BCM/hour, but the transportation equipment has not reached the target of 80.9048 LCM/hour. There are various factors that have not achieved the production target, among others, low work efficiency, quite long transportation and return times during transportation equipment circulation times, as well as mismatched compatibility factors that cause long waiting times for transportation equipment. After optimization with the addition of 1 unit of excavator with the same type, optimization of the transportation equipment cycle time and optimization of the work efficiency of the transportation equipment, an increase in productivity was obtained in each conveyance, so that after optimizing the productivity target of transportation equipment was achieved by 222,4045 LCM/Hour.

Keywords: Cycle time, work efficiency, match factor, productivity

1. Pendahuluan

Aktivitas penambangan batubara tidak lepas dengan kegiatan pengupasan lapisan tanah penutup atau yang sering disebut *overburden*. Dimana kegiatan pengupasan *overburden* ini sangat menentukan produksi batubara, dikarenakan harus mengupas *overburden* dahulu sebelum melakukan penambangan batubara, apabila semakin cepat/tinggi *overburden* ditambang/dikupas maka semakin cepat dilakukannya penambangan batubara.

Aktivitas Penambangan di PT. Karebet Mas Indonesia terdiri dari aktivitas penggalian, pemuatan serta pengangkutan material *overburden*. Dalam aktivitas penambangannya

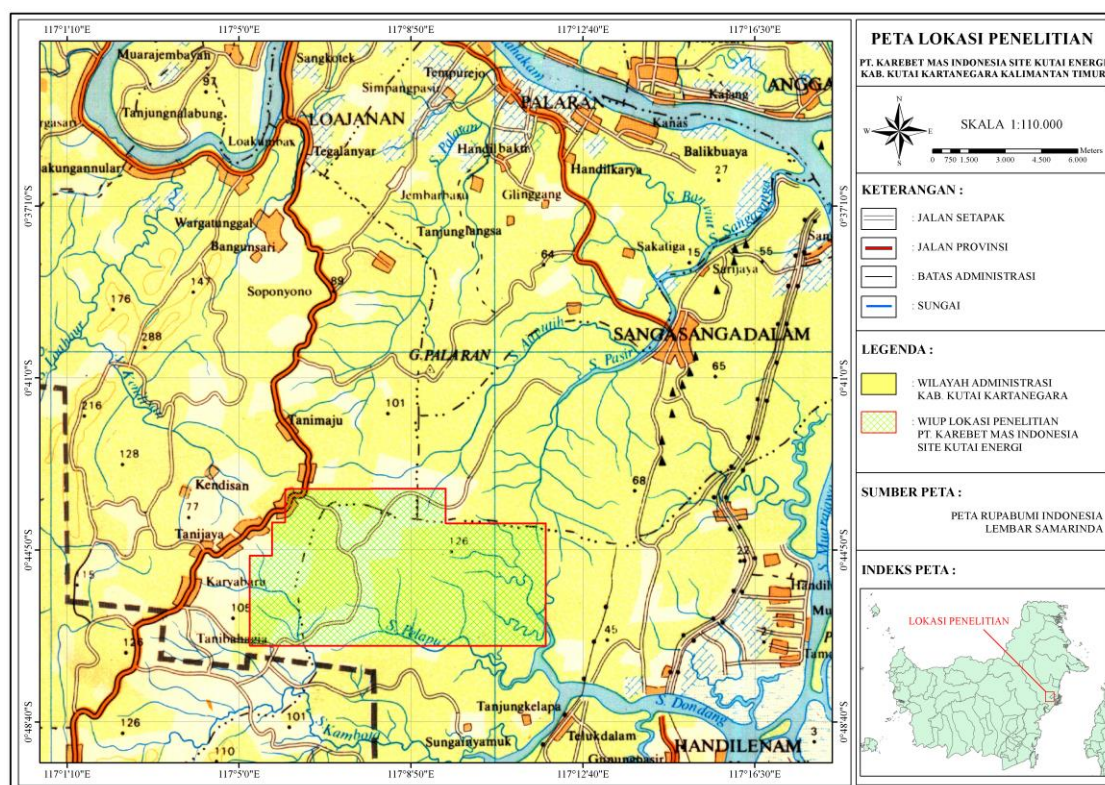
PT. Karebet Mas Indonesia memakai *Bulldozer Komatsu D375A* buat melaksanakan pembongkaran material dengan *ripping*, *Excavator Doosan S500-LCV* selaku perlengkapan gali memuat, serta mempunyai 3 tipe perlengkapan angkut yang beroperasi ialah *Dump Truck Nissan-CWB*, *Dump Truck Scania-P380*, serta *Dump Truck Mercedes-Benz Actros 4846*, dan *Bulldozer Komatsu D85* serta *Komatsu Motor Grader* buat meratakan serta merapikan material. Ada sebagian kasus yang terjalin pada aktivitas penambangan, baik pada tahapan penggalian, pemuatan ataupun pengangkutan. Kasus tersebut antara lain kasus pada cuaca, jalur angkut, perlengkapan baik perlengkapan

gali memuat, perlengkapan angkut ataupun unit supprot, dan permasalahan sosial serta permasalahan intern industri. Sehingga dari masalah- masalah tersebut menimbulkan pengurangan produksi dari sasaran produksi itu sebesar 220, 5 m³/ Jam.

Bersumber pada permasalahan yang terjalin hingga butuh dicoba kajian terhadap produktivitas perlengkapan gali memuat serta perlengkapan angkut dan membagikan saran buat menolong pengoptimalan hasil produksi oleh industri. Sebab berartinya produktivitas perlengkapan buat menggapai sasaran produksi

2. Metode

Penelitian ini berlokasi di Pit HCV PT. Karebet Mas Indonesia Site Kutai Energi pada Desa Tani Harapan, Kecamatan Loa Janan, Kabupaten Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur (Gambar 1). Daerah penelitian termasuk dalam geologi regional lembar samarinda dan termasuk pada formasi Balikpapan, formasi pulau balang, dan formasi kampungbaru dari Sembilan formasi yang ada di lembar samarinda (Priyambodo, 2016).



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada April – Juni 2021, dengan menggunakan metode penelitian jenis metode gabungan serta menggunakan pola matematis dalam pengolahannya. Dalam studi ini, ada 3 tahapan riset ialah sesi persiapan, sesi riset, serta sesi pengolahan informasi.

Dalam sesi persiapan riset ini, aktivitas yang dicoba yakni melaksanakan riset pustaka menimpa produktivitas perlengkapan gali memuat serta perlengkapan angkut dan menimpa faktor- faktor yang membatasi produktivitas, setelah itu melaksanakan pengamatan lapangan terlebih dulu saat sebelum dikerjakannya pengambilan informasi riset. Perihal ini bertujuan buat mengumpulkan data dini serta melaksanakan riset literatur, baik menimpa produktivitas ataupun menimpa industri.

Pada sesi riset ini, data yang diambil secara langsung(data primer) ialah data waktu edar perlengkapan gali memuat serta perlengkapan angkut, dimana periset turut langsung menumpang di dump truck dan mengamati excavator di pondok yang tidak jauh dari front penambangan disebabkan tidak dapat turut langsung menumpang di excavator karena ruang didalamnya yang lumayan kecil, jumlah jam kerja perlengkapan, jumlah jam revisi perlengkapan, jumlah jam perlengkapan standby dan hambatan yang lain semacam penciptaan yang terhenti sebab hujan ataupun waktu buat revisi front penambangan. Kegiatan pengambilan data penelitian ini membutuhkan *stopwatch* untuk mengukur data satuan waktu yang diambil, kamera untuk mengambil dokumentasi yang memperkuat bukti data di lapangan serta alat

tulis untuk mencatat apapun yang terjadi saat pengambilan data di lapangan.

Data yang diambil dalam riset ini yakni ada dua variabel yaitu:

1. Data Primer

Data primer yakni data yang dikumpulkan serta didapat lewat pengamatan langsung (Amdit et al., 2020). Data primer yang diambil antara lain jumlah dan jenis alat gali muat dan alat angkut, waktu edar alat gali muat dan alat angkut, jumlah jam kerja alat, jumlah jam alat untuk kesediaan dan pemakaian efektif, serta semua hambatan-hambatan.

2. Data Sekunder

Data sekunder yang diambil adalah target produksi, peta lokasi perusahaan, profil perusahaan, peta topografi, jadwal kerja perusahaan, spesifikasi alat, dan jumlah jam unit support untuk kesediaan alat

Pengolahan data ialah pergantian data mentah yang diambil dari lapangan, setelah itu disusun bersumber pada urutan pengolahan serta dianalisis. Dalam penelitian ini, data yang perlu diolah antara lain:

1. Pengolahan Data Cycle Time

Pengolahan data ini bertujuan untuk mendapatkan data *cycle time* baik dari alat gali muat yaitu *excavator* maupun *cycle time* alat angkut yaitu *dump truck*. Kemudian dihitung menggunakan metode statistik deskriptif sehingga didapatkan data seperti nilai rata-rata, modus, median, minimal, maksimal, serta standart deviasinya.

2. Pengolahan Data Efisiensi Kerja

Pengolahan data ini bertujuan untuk mendapatkan data efisiensi kerja dari alat gali muat yaitu *excavator*, alat angkut yaitu *dump truck* serta *unit support* yaitu *bulldozer* dan

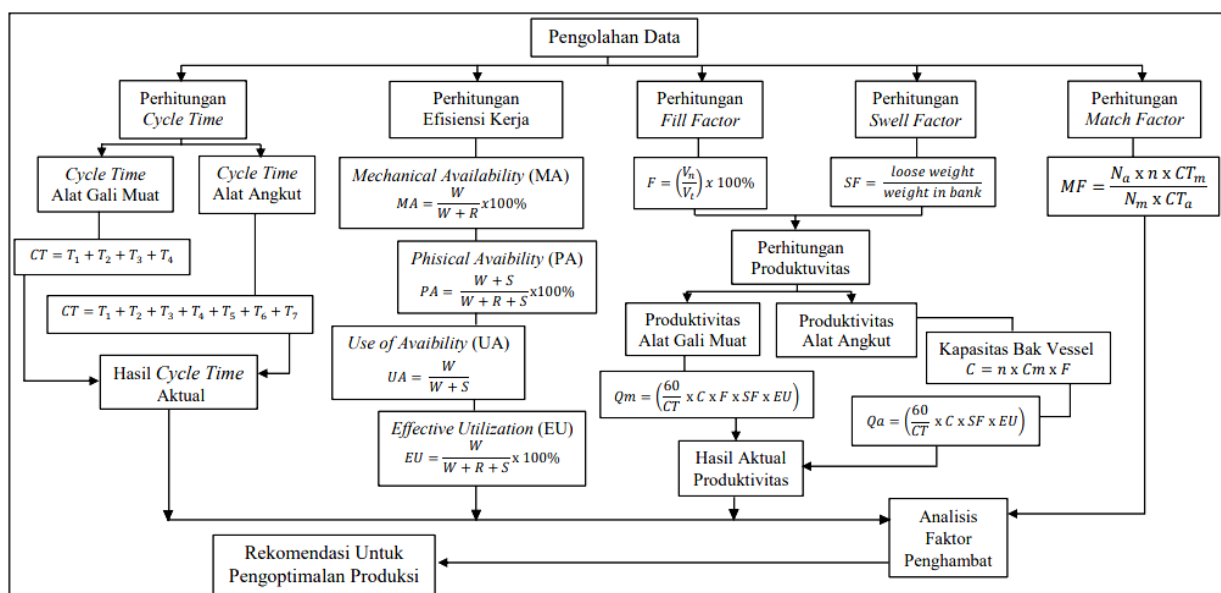
motor grader. Pengolahan data ini membutuhkan data efisiensi kerja aktual di lapangan antara lain data waktu efektif kerja, waktu perbaikan (*repair*) dan waktu *standby* yang kemudian dihitung menggunakan metode statistik deskriptif, sehingga didapatkan nilai-nilai yaitu *Mechanical Availability* (MA), *Physical Availability* (PA), *Use of Availability* (UA), *Effective Utilition* (EU).

3. Pengolahan Data Produktivitas

Pengolahan data ini bertujuan untuk mendapatkan nilai produktivitas baik alat gali muat maupun alat angkut. Pengolahan data ini membutuhkan data-data yang sudah diolah sebelumnya seperti data *cycle time*, data *fill factor* dan data efisiensi kerja serta data sekunder mengenai spesifikasi alat antara lain data kapasitas *bucket* maupun kapasitas bak *vessel* dan *swell factor*.

4. Pengolahan Data Match Factor

pengerjaan data ini bermaksud guna memastikan gabungan yang sesuai antara alat gali memuat serta alat angkut. pengerjaan data ini memerlukan data hasil olahan sebelumnya semacam data *cycle time* alat gali memuat, *cycle time* alat angkut, banyaknya jumlah alat gali memuat serta banyaknya jumlah alat angkut. sesudah seluruh data didapati, berlanjut dihitung mengenakan sesuatu metode persamaan yang telah memiliki maka didapati harga *match factor*-nya. Dimana uraikan langkah pengolahan data sanggup ditinjau pada gambar 2. sesudah seluruh tahapan studi telah dilaksanakan sehingga sanggup ditarik kesimpulan yang cocok dengan tujuan studi ini.



Gambar 2. Diagram Alir Pengolaahan Data

3. Hasil dan Pembahasan

Material overburden yang ditambang termasuk dalam material sandy clay dengan densitas $2,3 \text{ gr/cm}^3$. Dalam kegiatan

penambangan ini, material akan diberai/dibongkar terlebih dahulu dengan *Bulldozer* beserta *point Ripp*nya dikarenakan materialnya yang cukup keras dan dekat pemukiman warga.

Dalam penambangan tersendiri, material tersebut menjadi salah satu faktor dalam tercapai maupun tidaknya target produksi yaitu mengenai kekerasan material dan faktor pengembangan material. Material yang sedang asli dari alam, kelihatan dalam kondisi padat dan bersatu dengan baik, alhasil sedikit terdapatnya ruang kosong (*void*) yang memuat udara antar butir-butirnya, terlebih bila butiran itu sungguh lampas (Indonesianto, 2014). Kekerasan material berhubungan dengan kemampuan suatu alat gali muat yakni kegiatan penggalan. Penggalan material keras biasanya dimulai dengan pemboran dan peledakan yang mempengaruhi cara penanganan material bongkaran selanjutnya maupun dengan penggaruan (Aji, 2017).

Selain faktor material, ada juga faktor dari pola pemuatannya, dimana dalam riset ini perusahaan menggunakan pola pemuatan top loading yakni ketika posisi alat muat berada lebih tinggi dibanding alat angkut. Pola pemuatan akan berpengaruh terhadap suatu kombinasi alat yang digunakan, karena pola pemuatan yang tidak tepat akan mempengaruhi langsung terhadap lamanya waktu edar pemuatan yaitu pada sudut putar *excavator* (*swing*) dan lamanya waktu edar pengangkutan yaitu pada penempatan posisi *dump truck* untuk *loading* (Putri, 2020).

Namun terkadang faktor yang sangat berpengaruh dalam tinggi rendahnya produksi ialah waktu edar (*cycle time*) suatu alat. Dalam penelitian ini, didapatkan rata-rata waktu edar (*cycle time*) pada alat gali muat sebesar 2,4699 menit sedangkan pada alat angkut sebesar 17,0984 menit.

tidak cuma sebab-faktor itu, kedapatan pula faktor pada efisiensi kerja. Terdapatnya

permasalahan pada ketersediaan alat sebagai salah satu perihai yang bisa pengaruhi produksi dari kebutuhan alat gali memuat serta alat angkut yang diinginkan dalam operasi penambangan (Putri, 2020). Berdasarkan pengamatan dan penelitian, didapatkan nilai efisiensi kerja yang cukup rendah baik pada alat gali muat, alat angkut, dan unit support yang beroperasi. Untuk perhitungan efisiensi kerja melibatkan adanya *working hours*, *standby hours*, serta *repair hours* untuk suatu alat.

Pada kegiatan penambangan faktor keserasian alat juga sangat mempengaruhi, baik mempengaruhi produktivitas juga mempengaruhi efisiensi kerja. sebab keserasian ada 2 tujuan, khususnya membuktikan keharmonisan/keserasian alat pengangkut serta alat pemuat dan juga guna memastikan efektivitas kombinasi alat di zona penambangan (Gunawan dkk, 2017). Harga sebab keserasian kerja tiap rangkaian aktivitas peralatan mekanis yang dibubuhkan ditetapkan bersumber pada data waktu edar serta jumlah perlengkapan mekanis yang digunakan dalam tiap rangkaian aktivitas itu (Nurwaskito, 2015). Memang sukar mendapatkan MF dengan nilai sama dengan 1, akan tetapi harus dilakukan bermacam upaya serta percobaan pada kedua alat tersebut agar mendapat MF dengan harga sama dengan 1, tak lupa menimbang dari segi target produksi perusahaan (Amir dkk, 2021).

Dalam perhitungan produktivitas suatu alat dibutuhkannya beberapa antara lain data waktu edar/*cycle time*, fill factor (faktor pengisian), swell factor (faktor pengembangan material), kapasitas bucket (didapatkan dari handbook spesifikasi alat), efisiensi kerja alat, serta banyaknya jumlah *swing* alat gali muat dalam pengisian bak vessel alat angkut. Setelah semua data tersebut didapatkan, maka didapatkan produktivitas alat gali muat sebesar 279,9238 BCM/Jam (Tabel 1) sedangkan untuk produktivitas alat angkut sebesar 80,9048 LCM/Jam (Tabel 2). Dari hasil perhitungan tersebut didapatkan bahwa untuk alat gali muat sudah mencapai target produksi sebesar $220,5 \text{ m}^3/\text{Jam}$, sedangkan untuk alat angkut belum mencapai target produksi.

Tabel 1. Produktivitas Alat Gali Muat

Alat Gali Muat	Alat Angkut	Cycle Time	Kapasitas Bucket	F	SF	EK	Produktivitas
		(Detik)	(m^3)				BCM/Jam
<i>Excavator Doosan</i>	Nissan-CWB	41,7846	3,2	0,8889	1,2	0,4358	106,7911
	Scania-P380	59,0052	3,2	0,8889	1,2	0,4358	75,6242
<i>S500-LCV</i>	Mercedes-Bens	45,7624	3,2	0,8889	1,2	0,4358	97,5085
Total							279,9238

Tabel 2. Produktivitas Aktual Alat Angkut

Alat Angkut	Cycle Time (Detik)	Kapasitas (m ³)	SF	EK	Produktivitas (LCM/Jam)
Nissan-CWB	1073,4150	11,3778	1,2	0,2799	12,8149
Scania-P380	1035,8421	14,2222	1,2	0,5813	34,4763
Mercedes-Benz	898,6844	17,0667	1,2	0,4097	33,6136
Total					80,9048

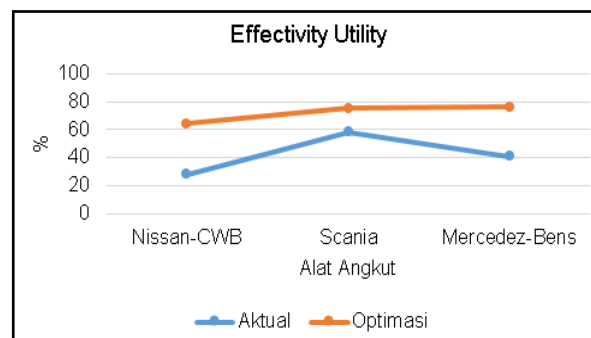
Dari hasil penelitian dan pengolahan data, didapatkan bahwa produktivitas alat angkut belum mencapai target. Faktor penghambat yang paling mempengaruhi adalah efisiensi kerja alat dan waktu edar (*cycle time*) alat. Dimana efisiensi kerja alat aktualnya begitu buruk dan waktu edar (*cycle time*) yang sangat tinggi dibandingkan yang direncanakan, hal tersebut dikarenakan banyak baik operator maupun mekanik yang tidak bekerja secara maksimal. Hal tersebut yang menyebabkan *standby hours* semakin tinggi dibandingkan *working hours*, serta menyebabkan waktu tunggu pada waktu edar yang tinggi. Waktu tunggu alat angkut pada waktu edar (*cycle time*) bisa dilihat dari faktor keserasian (*match factor*) keadaan aktual di lapangan yang melebihi 1 yaitu sebesar 1,2180. Berdasarkan beberapa permasalahan atau faktor penghambat yang ada, harus dilakukan pengoptimalisasi pada efisiensi kerja, waktu edar serta pada faktor keserasian alat (*match factor*).

Pengoptimalan Efisiensi Kerja Alat Angkut

Effisiensi kerja alat angkut dikatakan buruk karena banyaknya operator maupun mekanik yang bekerja tidak sesuai jadwal. Selain waktu mulai produksi yang mundur, waktu berhenti produksi pun terlalu cepat. Dimana sudah berhenti produksi sebelum jam istirahat, dan terlambat untuk memulai kembali setelah jam istirahat, begitu pula saat untuk persiapan pulang yang hanya cukup lima menit terkadang bisa sampai dua puluh menit lamanya. Serta adanya faktor cuaca yang sangat tidak menentu dan tidak bisa ditebak yaitu faktor hujan dan faktor lamanya waktu *scrab* atau pembersihan material setelah hujan, yang mengharuskan berhenti produksi. Cuaca serta iklim yaitu pemicu terhambatnya produksi kerja. Cuaca yang dimaksudkan yaitu hidrologi serta hidrogeologi. Pada masa periode panas, perihal ini tidak mesti dipermasalahkan kan. tapi, pada masa periode penghujan bisa jadi masalah. Dalam periode panas, air yang mengalir dari bilik batuan mampu menggenang di lokasi penambangan. Jadi, selagi periode penghujan bisa ditentukan hendak menggenang lebih banyak dari periode panas (Wahono & Cahyono, 2020). Tak hanya dari faktor cuaca, faktor material hasil pemberaian (*ripping*) juga mempengaruhi produktivitas, oleh karena itu *Unit Support Bulldozer D375* yang lengkap dengan *point ripp*nya berperan penting

dalam banyaknya produksi. Namun, saat di lapangan *Bulldozer D375* juga memiliki efisiensi waktu kerja yang buruk, dikarenakan tingginya waktu *repair*. Dengan berkurangnya masa yang hilang imbas hambatan sehingga waktu kerja efisien mampu ditingkatkan dengan metode membuat rancangan perancangan manajemen produksi alat, dengan perancangan manajemen produksi alat yang bagus (Purwoko & Herlambang, n.d.)

Setelah dilakukan pengoptimasian pada efisiensi kerja, didapatkan meningkatnya nilai efisiensi kerja yang cukup signifikan, dimana efisiensi kerja aktual untuk Dump Truck Nissan-CWB sebesar 27,986%, Dump Truck Scania-P380 sebesar 58,125%, Dump Truck Mercedes-Benz sebesar 40,972% dan setelah optimasi untuk Dump Truck Nissan-CWB 64,271%, Dump Truck Scania-P380 75,208%, Dump Truck Mercedes-Benz 76,389%. Grafik perbandingan dapat dilihat di gambar 3. Dari efisiensi aktivitas yang diperoleh antara periode efisien yang produktif dengan waktu aktivitas yang ada, perihal ini adalah salah satu faktor yang bisa mempengaruhi besar kecilnya produksi alat yang diraih (Zuhri & Cahyono, 2020).

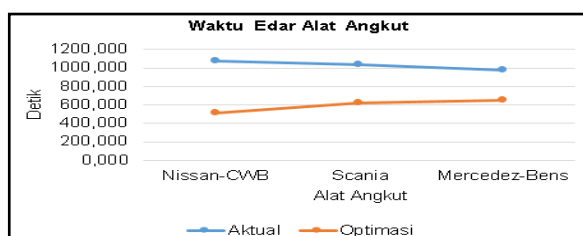


Gambar 3. Grafik Perbandingan Efisiensi Kerja

Pengoptimalan Waktu Edar Alat Angkut

Berdasarkan pengamatan langsung di lapangan, dapat diketahui bahwa waktu edar (*cycle time*) alat angkut sangat lama. Dari satu siklus waktu edar (*cycle time*) alat angkut yang membuat lama adalah waktu saat pengangkutan (*Hauling*), waktu saat kembali (*Return*), dan waktu tunggu atau antri (*Spotting*). Hal tersebut dikarenakan banyak faktor dan terutama karena banyaknya operator yang tidak melaksanakan sesuai jadwal. Selain dikarenakan faktor operator, terdapat juga karena faktor jalan yang dimana jalan *hauling* tersebut tidak hanya dilalui *dump*

truck dari PT. Karebet Mas Indonesia, namun juga dilalui *dump truck hauling* milik owner untuk mengangkut batubara ke *Stockpile Jetty*. Terkadang juga di bagian jalan juga terdapat *bulldozer* maupun *Motor Grader* untuk merapikan jalan sehingga terkadang terjadi macet di jalan. Untuk waktu tunggu atau antri (*spotting*) yang paling dan hampir setiap akan pemuatan adanya antrian, hal tersebut dikarenakan perbandingan jumlah dump truck dan alat gali muat (*excavator*) yang tidak sebanding atau tidak serasi. Dan saat di lapangan tidak adanya pasangan paten atau pasti untuk setiap jenis alat angkut (*dump truck*), sehingga saat penambangan menggunakan dua *excavator*, dimana ada alat gali muat (*excavator*) yang kosong disitulah alat angkut (*dump truck*) masuk untuk melakukan pemuatan, tidak peduli alat angkut (*dump truck*) jenis apa.



Gambar 4. Grafik Perbandingan Waktu Edar Alat Angkut

Setelah dilakukan pengolahan data dan pengoptimalan, didapatkan perbedaan yang

cukup jauh antara aktual dan hasil optomasi, dimana untuk rata-rata waktu edar aktual alat angkut sebesar 17,0984 menit, setelah dioptimasi menjadi 9,9175 menit. Hal tersebut dikarenakan mengurangi waktu yang tidak seharusnya terhitung atau tidak seharusnya ada dan mensimulasikan apabila adanya penambahan alat gali muat *Excavator Doosan S500-LCV* sebanyak 1 unit sehingga memiliki faktor keserasian yaitu 1 dimana tidak adanya waktu antri (Gambar 4).

Pengoptimalan Faktor Keserasian Alat

Berdasarkan data pengamatan lapangan yang kemudian diolah menghasilkan faktor keserasian (*match factor*) adalah lebih dari 1, dimana hal tersebut yang mengakibatkan adanya waktu tunggu atau antri. Dengan jumlah alat angkut sebanyak 15 unit dan alat gali muat sebanyak 3 unit, hal tersebut tidak serasi. Perhitungan jumlah unit alat angkut yang seharusnya digunakan dapat dihitung dengan mengasumsikan jika faktor keserasian (*match factor*) sama dengan 1. untuk mencapai MF = 1 harus adanya penambahan 1 unit alat gali muat sehingga total jumlah alat gali muat seharusnya terdapat 4 unit alat gali muat.

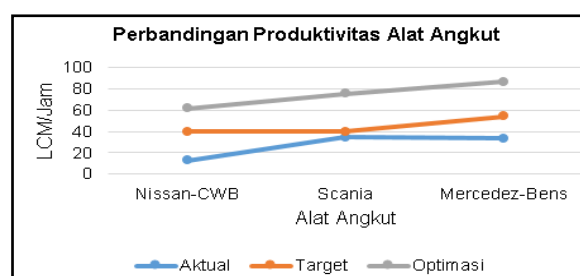
Dengan pengoptimalan pengoperasian jumlah alat gali muat dengan alat angkut, maka didapatkan nilai faktor keserasian (*match factor*) sebesar 1 (Tabel 3).

Tabel 3. Perbandingan Match Factor

Faktor Keserasian (<i>Match Factor</i>)			
Aktual		Optimasi	
Parameter	Nilai	Parameter	Nilai
Na	15	MF	1
Nm	3	Na	15
n	5	n	5
Cta (Detik)	1002,647	Cta (Detik)	1002,647
CTm (Detik)	48,85073	CTm (Detik)	48,85073
MF	1,218044	Nm	4

Produktivitas Setelah Pengoptimalan

Setelah dilakukan pengoptimalan pada efisiensi kerja dan waktu edar (*cycle time*) alat angkut, serta faktor keserasian alat yaitu dengan menambahkan 1 unit alat gali muat dengan jenis yang sama, maka didapatkan hasil produktivitas yang meningkat sehingga bisa mencapai target produksi yaitu sebesar 222,4045 LCM/Jam dari target produksi sebesar 220,5 m³/Jam (Gambar 5 dan Tabel 4).



Gambar 5. Grafik Perbandingan Produktivitas Alat Angkut

Tabel 4. Produktivitas Alat Angkut Setelah Optimasi

Alat Angkut	Cycle Time (Detik)	Kapasitas (m ³)	SF	EK	Total (LCM/Jam)
Nissan-CWB	515,8932	11,3778	1,2	0,6427	61,2344
Scania-P380	616,3012	14,2222	1,2	0,7521	74,9155
Mercedez-Bens	652,9506	17,0667	1,2	0,7639	86,2546
Total					222,4045

4. Kesimpulan

Produktivitas di PT. Karebet Mas Indonesia Site Kutai Energi untuk alat gali muat sudah memenuhi target yaitu sebesar 279,9238 BCM/Jam sedangkan alat angkut belum memenuhi target yaitu sebesar 80,9048 LCM/Jam, dimana dengan target produksi sebesar 220,5 m³/Jam. Dengan dilakukannya pengkajian dan pengolahan data terhadap produktivitas alat angkut, maka didapatkan beberapa faktor penghambat, antara lain rendahnya efisiensi kerja alat angkut, tingginya nilai waktu edar alat angkut, dan tidak serasinya anatar kombinasi jumlah alat angkut dengan alat gali muat. Kemudian setelah dilakukan pengoptimalan dengan cara meningkatkan efisiensi kerja alat angkut, mengecilkan/menurunkan waktu edar alat angkut, serta adanya penambahan 1 unit alat gali muat dengan jenis yang sama, maka didapatkan produktivitas yang meningkat yakni menjadi 222,4045 LCM/Jam dan sudah mencapai target produksi.

Saran yang ingin penulis sampaikan, bisa dilakukan pembaruan atau update tentang perencanaan tambang/mine plan disesuaikan dengan kondisi di lapangan, serta bisa dilakukan penelitian lanjutan tentang pengaruh *unit support* seperti *Bulldozer* dan *Motor Grader* dalam peningkatan produktivitas.

Ucapan Terimakasih

Penulis menghaturkan banyak terima kasih kepada Bapak Yudho Dwi Galih Cahyono, ST., MT. dan Ibu Fairus Atika Redanto Putri, ST., MT. yang sudah membimbing dalam riset ini. Serta penulis ucapkan terima kasih kepada Bapak Noor Hasanuddin dan Bapak Nides Pasulle yang sudah membantu dan membimbing saat di lapangan baik secara langsung maupun tak langsung. Serta penulis ucapkan terima kasih untuk semua karyawan dan operator PT. Karebet Mas Indonesia Site Kutai Energi yang telah membantu selama penelitian berlangsung.

Daftar Pustaka

Aji, T. B. (2017). Kajian teknis kebutuhan material pelapis (Layer) pada proses loading edapan material rawa di Pit E Blok & Jobsite Binungan Mine Operation PT. Berau Coal Kalimantan Timur. *SKRIPSI-2016*.

- Amdi, M. D., Mukiat, S. dan Ningsih, Y. B. (2020). Kinerja Unit Crushing Plant dalam Pengolahan Batuan Andesit Di Pt Bukit Asam, Tbk. Tanjung Enim, Sumatera. *PROMINE*, 8(2), 40–48.
- Amir, F., Fanani, Y., dan Sari, A. S. (2021). Analisis Produktivitas Alat Gali Muat Dan Alat Angkut Pada Penambangan Batugamping PT. Semen Indonesia Tbk, Kabupaten Tuban Jawa Timur. *Prosiding Seminar Teknologi Kebumihan Dan Kelautan*, 3(1), 288–296.
- Gunawan, K., Dwinagara, B. dan Caesar, A. J. (2017). Kajian Teknis Produksi Alat Muat Dan Alat Angkut Pada Pengupasan Overburden Tambang Batubara Di PT. Wahana Baratama Mining Satui, Kalimantan Selatan. *Jurnal Teknologi Pertambangan*, 3(2), 155–164.
- Indonesianto, Y. (2014). *Pemindahan Tanah Mekanis*. Jurusan Teknik Pertambangan-UPN Veteran Yogyakarta.
- Nurwaskito, A. (2015). Optimalisasi Produktivitas Alat Muat dan Alat Angkut dalam Mencapai Target Produksi pada PT. Semen Bosowa Kabupaten Marosprovinsi Sulawesi Selatan. *Jurnal Geomine*, 2(1).
- Priyambodo, B. (2016). Perhitungan cadangan hidrokarbon pada lapisan batu pasir berdasarkan data seismik 3D dan LOG pada lapangan herawati formasi balikpapan cekungan kutai kalimantan timur. *SKRIPSI-2016*.
- Purwoko, B. dan Herlambang, Y. (2019). Kajian Teknis Produktivitas Alat Gali Muat (Excavator) Hitachi Zx210-5 Dan Alat Angkut (Dump Truck) Mitsubishi Fn 527 MI Untuk Mencapai Target Produksi Penambangan Batu Granit Di Pt Hansindo Mineral Persada Kecamatan Sungai Pinyuh Kabupaten Mempawah Provinsi Kalimantan Barat. *Jurnal Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Tanjungpura*, 6(1).
- Putri, F. A. R. (2020). Optimalisasi Produktivitas Alat Angkut Tambang Pasir. *Prosiding Seminar Teknologi Kebumihan Dan Kelautan*, 2(1), 437–441.
- Wahono, J. G. dan Cahyono, Y. D. G. (2020). Evaluasi Penggunaan Alat Muat Dan Alat Angkut Untuk Peningkatan Produktivitas Andesit Di PT. Bina Nugraha Utama Kec. Kejayan Kab. Pasuruan Prov. Jawa Timur. *Prosiding Seminar Teknologi Kebumihan Dan*

Kelautan, 2(1), 569–576.

Zuhri, S., dan Cahyono, Y. D. G. (2020). Analisa Match Factor Untuk Meningkatkan Produktifitas Alat Muat Dan Alat Angkut Pada Penambangan Sirtu PT. Pasirindo Perkasa Kabupaten Lumajang Jawa Timur. *Prosiding Seminar Teknologi Kebumihan Dan Kelautan*, 2(1), 543–548.