

# PROMINE



---

---

Mining Journal  
Exploration, Exploitation  
Georesource Processing  
and Mine Environmental

---

---

PROMINE	Volume 8	Number 2	Page 40 - 79	Balunijuk December 2020	ISSN 2354-7316 e-ISSN 2620-7737
---------	-------------	-------------	-----------------	----------------------------	------------------------------------

**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)**

Mardiah, S.T., M.T. (Universitas Bangka Belitung)  
Janiar Pitulima, S.T., M.T. (Universitas Bangka Belitung)  
Delita Ega Andini, S.T., M.T. (Universitas Bangka Belitung)  
Haslen Oktarianty, S.T., M.T. (Universitas Bangka Belitung)

**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)  
E.P.S.B. Taman Tono, S.T., M.Si. (Universitas Bangka Belitung)

**Administrasi**

Rismanelly Fajrina, A.Md.

**Redaksi Jurnal**

Alamat : Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik,  
Kampus Terpadu Universitas Bangka Belitung, Balunijuk,  
Kabupaten Bangka, Bangka Belitung  
Telp. : (0717) 422145  
E-mail : jurnalpromine@gmail.com  
Website : <http://journal.ubb.ac.id/index.php/promine>

## DAFTAR ISI (Contents)

Judul (Title)	Hal. (page)
<b>Kinerja Unit Crushing Plant Dalam Pengolahan Batu Andesit Di PT Bukit Asam, Tbk. Tanjung Enim, Sumatera (Performance of The Crushing Plant Unit In Andesit Rock Processing In PT Bukit Asam, Tbk. Tanjung Enim, South Sumatera)</b> M. D. Amdi <sup>1*</sup> , Mukiat <sup>2</sup> , Y. B. Ningsih <sup>3</sup> 1,2,3 Jurusan Teknik Pertambangan, Universitas Sriwijaya	40-48
<b>Tingkat Kerusakan Lahan Akibat Penambangan Mineral Non-Logam dan Batuan di Daerah Semin, Kabupaten Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta dengan Metode Tanpa Pembobotan (Level of Land Damage Due to the Mining of Mineral Bukan Logam and Batuan in Semin, Gunungkidul Regency, Yogyakarta Special Region using Weightless Method)</b> Doni Ardiansyah* Inspektur Tambang, Direktorat Teknik dan Lingkungan, Ditjen MINERBA, KESDM	49-55
<b>Identifikasi Potensi Air Asam Batuan Pada Tambang Timah di Pulau Bangka (Identification of Potential for Acid Rock Drainage in Tin Mining on Bangka Island)</b> Delita Ega Andini <sup>1*</sup> , Fajar Indah Puspita Sari <sup>2</sup> 1 Jurusan Teknik Pertambangan, Universitas Bangka Belitung 2 Jurusan Kimia, Universitas Bangka Belitung	56-60
<b>Pengaruh Porositas Terhadap Kuat Tekan Uniaksial Pada Batuan Sedimen (Effect of Porosity on Uniaxial Compressive Strength in Sedimentary Rocks)</b> Andesta Granitio Irwan <sup>1*</sup> , Danu Mirza Rezky <sup>2</sup> , Rety Winonazada <sup>3</sup> 1,2,3Magister Teknik Pertambangan, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta	61-64
<b>Ekstraksi Kitosan dari Limbah Cangkang Udang sebagai Adsorben Ion Logam Cu pada Air Pasca Tambang Timah (Extraction of Chitosan from Shrimp Shells Waste as Cu Metal Ions Adsorbent in Post Tin Mining's Water)</b> Herman Aldila <sup>1*</sup> , Desy Yuliana Dalimunthe <sup>2</sup> , dan Atin Nuryadin <sup>3</sup> 1 Jurusan Fisika, Universitas Bangka Belitung 2 Jurusan Matematika, Universitas Bangka Belitung 3 Jurusan Pendidikan Fisika, Universitas Mulawarman	65-71
<b>Analisis Rekah Tarik Lereng Sidewall Penambangan Blok Menyango Berdasarkan Reliabilitas Kemantapan Lereng Menggunakan Metode Finite Difference (Slope Tensile Fracture Analysis of Menyango Block Mining Based on Slope Stability Reliability Using the Finite Difference Method)</b> Novandri Kusuma Wardana <sup>1*</sup> , Meda Rusdiana Ipmawati <sup>2</sup> , Noviana Pratiwi <sup>3</sup> 1 Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral ITNY 2 PPSDM Geominerba Bandung 3 Program Studi Statistika, Fakultas Sains Terapan, IST Akprind Yogyakarta	72-79

## 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 2020, Vol. 8 (2), diucapkan terima kasih.

## Kinerja Unit *Crushing Plant* Dalam Pengolahan Batu Andesit Di PT Bukit Asam, Tbk. Tanjung Enim, Sumatera

### *(Performance of The Crushing Plant Unit In Andesit Rock Processing In PT Bukit Asam, Tbk. Tanjung Enim, South Sumatera)*

M. D. Amdi<sup>1\*</sup>, Mukiat<sup>2</sup>, Y. B. Ningsih<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Pertambangan, Universitas Sriwijaya

\* Korespondensi E-mail: [meutiadianiamdi@gmail.com](mailto:meutiadianiamdi@gmail.com)

#### Abstrak

Meningkatnya pembangunan di kota Palembang beberapa tahun belakangan, membuat kebutuhan material konstruksi juga meningkat. Adanya andesit di daerah Tanjung Enim, seharusnya bisa menjadi pemasok batu split untuk daerah Palembang. Agar beton yang dihasilkan memiliki kualitas baik, ukuran batu split harus mengacu pada standar industri Indonesia. Untuk memenuhi standar tersebut, batu andesit hasil penambangan perlu diolah dan mengalami proses reduksi ukuran kemudian dianalisis agar memenuhi standar. Ukuran produk hasil pengolahan berkorelasi dengan kinerja unit *crushing plant*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis produktivitas *crushing plant* dalam mengelola batu andesit. Penelitian dilakukan dengan mengamati kinerja unit *crushing plant* serta dilakukan analisis uji ayakan untuk mendapatkan nilai modulus kehalusan. Kemudian membandingkan nilai modulus kehalusan yang diperoleh dengan standar Indonesia yang berkisar antara 6-7,10. Dari hasil penelitian diketahui produktivitas aktual unit *crushing plant* sebesar 142,1685 ton/jam dengan nilai ketersediaan alat kurang dari 64%. Berdasarkan uji analisis ayakan, didapatkan nilai modulus kehalusan sebesar 7,66 dan belum memenuhi standar industri Indonesia. Hasil dari pemecahan sangat beragam sehingga pada pengolahan batu andesit diperlukan unit *secondary crusher*.

**Kata kunci:** *Crushing plant, andesit, uji analisis ayakan.*

#### Abstract

*The increasing development in Palembang city in recent years has made the need for construction materials also increase. The existence of andesite in the Tanjung Enim area should have been able to supply split stone for the Palembang area. In order for the resulting concrete to have good quality, the size of the split stone must refer to the Indonesian industry standard. To meet these standards, andesite from mining needs to be processed and undergo a size reduction process then analyzed to meet the standard. The size of the processed product correlates with the performance of the crushing plant unit. This study aims to analyze the productivity of the crushing plant in managing andesite stone. The research was conducted by observing the performance of the crushing plant unit and analyzing the sieve test to obtain the modulus of fineness. Then compare the modulus of fineness obtained with the Indonesian standard, which ranges from 6-7.10. From the research results, it is known that the actual productivity of the crushing plant unit is 142.1685 tons / hour with a tool availability value of less than 64%. Based on the sieve analysis test, it was found that the modulus of fineness was 7.66 and it did not meet the Indonesian industry standard. The results of the splitting are very diverse, so that in processing andesite stones a secondary crusher unit is required.*

**Keywords:** *Crushing plant, andesite, sieve analysis test.*

#### 1. Pendahuluan

Meningkatnya pembangunan di kota Palembang beberapa tahun belakangan membuat kebutuhan material konstruksi juga meningkat. Material konstruksi yang dibutuhkan salah satunya ialah split. Batu split digunakan sebagai campuran beton dengan proporsi terbesar dibandingkan semen dan pasir. Agar dihasilkan beton yang berkualitas, maka diperlukan ukuran batu split yang baik sebagai campuran beton.

Ketersediaan andesit di daerah Tanjung Enim dapat menjadi potensi sebagai pemasok batu split bagi daerah Palembang mengingat pasokan selama ini biasanya didatangkan dari luar Sumatera Selatan. Karena pembangunan yang pesat, dibutuhkan pula pasokan batu split yang lebih banyak untuk daerah Palembang.

Agar beton yang dihasilkan memiliki kualitas baik, ukuran batu split harus mengacu pada standar industri Indonesia 0052-80 dan juga Standar Nasional Indonesia (SNI) S-04-1989-F.

Untuk memenuhi standar tersebut, batu split proses reduksi ukuran. Produk pengolahan harus dianalisis agar memenuhi standar tersebut.

Umumnya tahapan pekerjaan yang ada pada unit *crushing plant* dimulai dari *hopper* dan akan masuk tahapan pemilahan ukuran dengan menggunakan *grizzly feeder*. Setelahnya, material akan masuk pada tahap penghancuran pertama menggunakan *jaw crusher*. Kemudian, material akan masuk pada tahap penghancuran kedua dan material akan disimpan di gudang batu sekaligus memasuki tahapan penggerusan oleh *cone crusher*.

Produk akan dimuat dan diangkut oleh *belt conveyor* menuju *vibrating screen* (Putra, 2018). Berdasarkan tahapan tersebut, unit *crushing plant* biasanya memerlukan lebih dari satu alat peremukan sehingga produk pengolahan batu andesit lebih seragam dan spesifik sesuai dengan permintaan. Adanya unit peremukan lanjutan membuat produk batu andesit menjadi lebih kecil.

Proses penghancuran batuan ini harus dilakukan dengan bertahap, dikarenakan keterbatasan alat yang digunakan untuk menghancurkan batuan berukuran besar hingga menjadi berukuran kecil sesuai permintaan (Nugraha, 2018). Penentuan karakteristik batu

hasil penambangan perlu diolah dan mengalami andesit yang dapat digunakan untuk material konstruksi, perlu dilakukan pengujian baik secara fisik maupun mekanik sehingga kualitasnya memenuhi persyaratan mutu standar Indonesia yang ditetapkan (Karim, 2019).

Gradasi atau besar butir agregat merupakan faktor yang perlu diperhatikan dalam membuat campuran beton, karena ukuran butir agregat (gradasi) yang baik akan menjadikan beton memiliki kepadatan yang tinggi dan porositas rendah (Purwati, 2014).

Batu andesit sebagai bahan bangunan dengan menggunakan analisis petrografi serta sifat keteknikan yang dimiliki batu andesit di daerah penelitian. Berdasarkan analisis tersebut, didapatkan rekomendasi dalam pemanfaatan batu andesit di daerah penelitian menurut SNI 03-0394-1989 (Ridwan, 2018) (Karim, 2019)..

Untuk mendapatkan kualitas batu andesit hasil pengolahan, perlu dilakukan pengujian agregat kasar dapat dilakukan dengan pengujian analisis ayakan. Dari uji ini akan didapatkan nilai modulus kehalusan batuan hasil pengolahan (Moniaga, 2018) (Besouw, 2019). Tujuan penelitian ini untuk menganalisis produktivitas *crushing plant* dalam mengelolah batu andesit sesuai dengan permintaan dan peruntukannya.

## 2. Metode

Lokasi penelitian (Gambar 1) ini berada di daerah Tanjung Enim, tepatnya di PT Bukit Asam, Tbk Unit Pertambangan Tanjung Enim, Sumatera Selatan pada bulan Maret 2020 sampai bulan April 2020. Saat ini unit pertambangan Tanjung Enim (UPT) memiliki 3 *site* utama yakni Tambang Air Laya, lokasi dilakukannya penelitian ini, kemudian Muara Tiga Besar dan Banko Barat.

Tahapan penelitian dimulai dengan studi literatur dengan mencari serta mempelajari bahan pustaka yang diperoleh dari instansi terkait, buku, serta jurnal penelitian sebelumnya yang berhubungan. Tahapan selanjutnya yakni orientasi lapangan dengan mengamati keadaan yang sebenarnya di lapangan sehingga didapatkan gambaran dalam pengambilan data. Melalui tahapan ini juga diketahui aktivitas pengolahan batu andesit pada unit *crushing plant* di PT Bukit Asam, Tbk. Kemudian dilakukan pengambilan data yang dibutuhkan dalam penelitian. Data-data tersebut terdiri dari:

### 1. Data primer

Data primer ialah data yang dikumpulkan dan didapat melalui pengamatan langsung. Data ini terdiri dari:

- a. Pengukuran kecepatan *belt conveyor*  
Pengukuran dilakukan dengan cara menghitung banyaknya putaran *pulley* pada *belt conveyor* dalam satu menit.

- b. Pengukuran *troughing angle* dan *surchage angle* pada *belt conveyor*  
Pengukurannya dilakukan dengan menggunakan aplikasi *angle inclination* pada *smartphone*, dengan menempelkan salah satu sisi *smartphone* pada *idler* dan material andesit. Besar sudut tersebut akan terbaca pada layar *handphone*.
- c. Pengukuran panjang *idler* tengah dan panjang *idler* sayap hingga batas pengisian material dilakukan menggunakan meteran.
- d. Pengukuran kemiringan *belt conveyor*  
Pengukurannya dilakukan dengan menggunakan aplikasi *angle inclination* melalui batuan *smartphone* dengan menempelkan salah satu sisi *handphone* pada rangka besi *belt conveyor*.
- e. Ukuran *feed* dan produk di unit *crushing plant*  
Ukuran *feed* dan produk didapatkan dengan mengukur panjang, tebal serta lebar pada 33 sampel yang diambil secara acak.
- f. Berat sampel hasil uji analisis ayakan Uji ayakan ini hanya dilakukan pada batu andesit yang berukuran 0-20 mm. Proses pengujian dimulai dengan menimbang berat batu andesit terlebih dahulu. Setelah itu, siapkan satu set ayakan yang

berurutan mulai dari pan di bagian terbawah, hingga 0,15 mm, 0,30 mm, 0,85mm, 1,18 mm, 2,36 mm, 4,75 mm, 9,5 mm, 12,5 mm, 19 mm, 25 mm dan 38 mm ke atas. Kemudian letakkan sampel pada

ayakan teratas dan tutup. Lakukan proses ayakan selama kurang lebih 15 menit. Kemudian timbang batu andesit yang tertinggal pada tiap-tiap ukuran ayakan.



Gambar 1. Lokasi penelitian

2. Data sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari sumber terpercaya dan menjadi data pelengkap. Data ini meliputi:

- a. Spesifikasi alat pengolahan di unit *crushing plant*  
Spesifikasi alat dibutuhkan pada pengolahan data dalam perhitungan produktivitas aktual unit *crushing plant*.
- b. Jam operasi *crusher* bulan Maret  
Jam operasi ini diperlukan untuk menghitung produktivitas aktual unit *crushing plant* selama bulan Maret. Jam operasi ini juga digunakan untuk menilai ketersediaan alat pada unit tersebut.
- c. Jumlah *feed* yang masuk bulan Maret  
Jumlah *feed* yang masuk diperlukan dalam menghitung *material balance* hasil pengolahan.

Setelah data primer dan sekunder didapatkan, maka dilakukan pengolahan data. Pengolahan data merupakan tahapan perubahan data-data yang diambil, kemudian disusun berdasarkan

urutan, dihitung, dan dianalisis sebagai masukan. Tahapan pengolahan data yang dilakukan yakni:

Pertama, dilakukan perhitungan produktivitas aktual dari *crushing plant*. Perhitungan produktivitas unit *crushing plant* dapat dilakukan dengan menghitung kapasitas produksi dari *belt conveyor*. Komponen yang diperlukan dalam perhitungan produktivitas *belt conveyor* diantaranya kecepatan *belt conveyor*, luas penampang *belt*, kemiringan *belt* serta densitas batu andesit. Perhitungan kecepatan *belt conveyor* dapat menggunakan persamaan 1 berikut (Cahya, 2018):

$$V = r \times n_2 \times 0,10472 \quad (1)$$

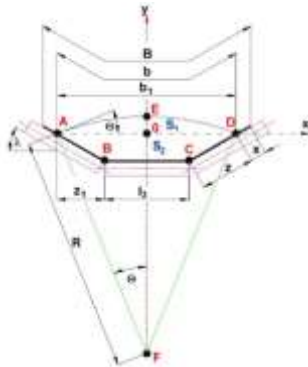
Keterangan:

V= kecepatan *belt conveyor* (m/s)

r = jari-jari *pulley* (m)

n2 = kecepatan *pulley* (rpm)

Untuk menghitung luas penampang *belt* yang memiliki tiga buah *idler*, dapat digunakan skema (Gambar 2) berikut:



Gambar 2. Cross-section through troughed conveyor (Hrabovsky, 2011)

Berdasarkan skema di atas, beberapa variabel digunakan dalam menghitung luas penampang *belt conveyor* dan didapatkan persamaan 2 berikut (Hrabovsky, 2011):

$$S = \frac{1}{2} \left( \frac{z_1 \cdot z_2 \cdot \cos \lambda + l_3}{2 \cdot \sin \theta} \right)^2 \cdot \left( \frac{2 \cdot \pi \cdot \theta}{180} - \sin 2 \cdot \theta \right) + z_1 \cdot \sin \lambda \cdot (l_3 + z_2 \cdot \cos \lambda) \quad (2)$$

Keterangan:

S = luas penampang *belt conveyor* (m<sup>2</sup>)

Z = panjang *idler* sayap hingga batas pengisian material (m)

l<sub>3</sub> = panjang *idler* tengah (m)

λ = *troughing angle* (°)

θ = *surcharge angle* (°)

Kemiringan *belt conveyor* dibutuhkan untuk menentukan faktor koreksi inklinasi. Faktor ini dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1. Tabel faktor koreksi untuk *inclined or falling transport* (Putri, 2018)

$\varphi(^{\circ})$	k
2	1
4	0,99
6	0,98
8	0,97
10	0,95
12	0,93
14	0,91
16	0,89
18	0,85
20	0,81
22	0,76

Keterangan: φ = kemiringan *belt conveyor* (°); k = faktor koreksi inklinasi

Untuk menghitung kapasitas produksi dari *belt conveyor* dapat digunakan pers. (3) berikut [10]:

$$Q = S \times v \times \gamma \times k \times 3600 \quad (3)$$

Keterangan:

Q = kapasitas produksi *belt conveyor* (ton/jam)

S = luas penampang *belt conveyor* (m<sup>2</sup>)

v = kecepatan *belt* (m/s)

γ = *bulk density* (ton/m<sup>3</sup>)

k = faktor koreksi *inklinasi*

Tahapan selanjutnya dilakukan perhitungan nilai ketersediaan alat. Nilai kesediaan ini akan menunjukkan kinerja alat mekanis. Ketersediaan alat juga mempengaruhi produktivitas *crusher* dipengaruhi jam kerja. Nilai ketersediaan alat terdiri dari:

1. Ketersediaan Mekanis (MA)

Perhitungan ketersediaan mekanis dinyatakan dengan pers. (4):

$$MA = \frac{W}{W + R} \times 100 \% \quad (4)$$

2. Ketersediaan Fisik (PA)

Perhitungan ketersediaan fisik dinyatakan dengan pers. (5):

$$PA = \frac{W + S}{W + R + S} \times 100 \% \quad (5)$$

3. Ketersediaan Penggunaan (UA)

Perhitungan ketersediaan penggunaan dinyatakan dengan pers. (6):

$$UA = \frac{W}{W + S} \times 100 \% \quad (6)$$

4. Penggunaan Efektif (EU)

Perhitungan penggunaan efektif dinyatakan dengan pers. (7):

$$EU = \frac{W}{W + R + S} \times 100 \% \quad (7)$$

Keterangan:

W = waktu kerja (*working hours*) (Jam)

R = waktu perbaikan (*repair hours*) (Jam)

S = waktu menunggu (*standby hours*) (Jam)

Kategori penilaian terhadap ketersediaan alat mekanis, dibagi menjadi 4 yaitu, baik sekali antara 83-92%, sedang berkisar 75-83%, kurang baik antara 64-75% sedangkan buruk apabila kurang dari 64% (Susanto, 2019).

Dalam menentukan kualitas batu andesit di PT Bukit Asam Tbk. perlu diketahui *reduction ratio*. Semakin besar nilai *reduction ratio* maka semakin beragam dan semakin besar hasil pengolahan. Perhitungan nilai *reduction ratio*

dapat menggunakan pers. (8) berikut (Ramadani, 2017):

$$Reduction\ ratio = \frac{Ukuran\ rata-rata\ feed}{Ukuran\ rata-rata\ produk} \quad (8)$$

Setelah itu lakukan analisis neraca bahan (*material balance*). Analisis neraca bahan digunakan untuk menghitung persentase *losses* pengolahan yang menyatakan baik atau buruk hasil pengolahan pada unit *crushing plant*. Perhitungan *material balance* dapat menggunakan pers. (9) berikut:

$$F = P + L \quad (9)$$

Keterangan:

F = bobot umpan (ton/jam atau %)

P = produk yang dihasilkan (ton/jam atau %)

L = banyaknya material yang hilang (ton/jam atau %)

Agar diketahui kualitas batu andesit hasil pengolahan di PT Bukit Asam, Tbk. memenuhi standar sebagai bahan baku campuran beton atau tidak, dilakukanlah uji analisis ayakan. Setelah uji ayakan, dilakukan perhitungan nilai modulus kehalusan. Nilai modulus kehalusan (Mh) didapatkan dengan menjumlahkan berat kumulatif sampel yang tertinggal pada tiap-tiap ayakan, kemudian menggunakan pers. (10) berikut:

$$Mh = \frac{\text{persen berat kumulatif tertinggal} - 100}{100} \quad (10)$$

Nilai modulus kehalusan yang didapatkan dari uji ayakan harus kembali dianalisis dan dibandingkan dengan ketetapan modulus kehalusan yang sesuai SNI yang berkisar antara 6-7,10.

Untuk memenuhi kualitas mutu baku beton, agregat kasar yang diuji melalui uji ayakan harus menunjukkan gradasi yang sesuai dengan standar pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Gradasi agregat kasar

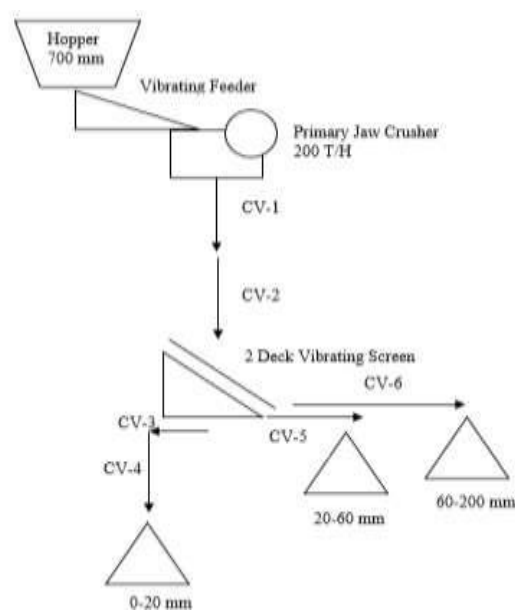
Ukuran Saringan				% Lolos Saringan / ayakan		
Aayakan				Ukuran	Ukuran	Ukuran
mm	SNI	ASTM	Inchi	Maks. 10 mm	Maks. 20 mm	Maks. 40 mm
75,0	76	3 in	3,00			100-100
37,5	38	1 ½ in	1,50		100-100	95-100
19,0	19	¾ in	0,75	100-100	95-100	35-70
9,5	9,6	3/8 in	0,3750	50-85	30-60	10-40
4,75	4,8	No.4	0,1870	0-10	0-10	0-5

Keterangan: mm (milimeter); SNI (standar nasional Indonesia); ASTM (*American standard testing material*)

### 3. Hasil dan Pembahasan

Penambangan batu andesit dilakukan dengan metode penambangan *quarry*, dengan terlebih dahulu melakukan pemberaian batu andesit secara mekanis dengan menggunakan metode peledakan.

Proses pengolahan batu andesit di PT Bukit Asam Tbk. pada unit *crushing plant* dimulai ketika *dump truck* yang membawa material dari *quarry* menumpahkan bawannya ke dalam penampungan sementara. Material yang siap diolah akan diumpangkan *feeder* ke dalam *jaw crusher* untuk dilakukan proses penghancuran. Proses penghancuran yang dilakukan oleh *jaw crusher* merupakan proses reduksi ukuran *boulder* batu andesit hasil peledakan yang berukuran 700 mm, menjadi beberapa ukuran yang dibutuhkan oleh PT Bukit Asam, Tbk. Proses ini dilakukan menyerupai pabrik atau *crushing plant* (Gambar 3).



Gambar 3. Alur pengolahan batu andesit PT Bukit Asam, Tbk.

Berdasarkan alur di atas, terdapat beberapa komponen pada *crushing plant* yang berkerja secara berkesinambungan. Komponen unit *crushing plant* PT Bukit Asam, Tbk sebagai berikut:

1. *Hopper*

Material yang siap untuk diolah berada di dalam *hopper*. Agar diketahui kapasitas dari *hopper* di unit *crushing plant* andesit PT Bukit Asam, Tbk. dilakukan pengukuran langsung dimensi dari *hopper* tersebut. Berikut tabel 3 di bawah ini yang menunjukkan dimensi *hopper*. Kapasitas *hopper* yang ada pada unit *crushing plant* sebesar 32,665 m<sup>3</sup>. Agar kapasitas *hopper* tersebut terpenuhi, dibutuhkan 8 kali ritase *dump truck* yang memiliki kapasitas 4 m<sup>3</sup>.

Tabel 3. Data ukuran dimensi *hopper*

Dimensi <i>Hopper</i>	
Panjang Atas (m)	6,20 m
Lebar Atas (m)	5,04 m
Panjang Bawah (m)	1,17 m
Lebar Bawah (m)	2,70 m
Ketinggian (h) (m)	2,21 m
Luas Atas (m <sup>2</sup> )	31,248 m <sup>2</sup>
Luas Bawah (m <sup>2</sup> )	3,159 m <sup>2</sup>

2. *Vibrating feeder*

*Feeder* akan memberikan pengumpanan pada *jaw crusher* secara teratur dan juga terus menerus. Dalam proses pengumpanannya, *vibrating feeder* akan bergetar dan membuat material dari *hopper*

Produktivitas aktual unit *crushing plant* perlu diketahui agar produksi yang ditargetkan oleh perusahaan sebesar 200 ton/jam tercapai atau tidak. Produktivitas unit *crushing plant* dapat diketahui dengan melakukan perhitungan menggunakan persamaan kapasitas produksi dari *belt conveyor*. Dalam perhitungannya,

jatuh dan masuk secara teratur ke dalam *jaw crusher*.

3. *Jaw Crusher*

Batuan akan dikenakan gaya tekan oleh *jaw crusher* yang akan mengakibatkan batuan dapat hancur dan terpecah. Pemecahan menggunakan *jaw crusher* tidaklah seragam. *Jaw crusher* yang ada di unit *crushing plant* ini, menjadi alat utama dalam melakukan proses peremukan.

4. *Belt Conveyor*

*Belt conveyor* yang ada pada unit *crushing plant* di PT Bukit Asam, Tbk terdiri dari 6 buah unit instalasi *conveyor*. *Belt conveyor* 1 akan menyalurkan batu andesit langsung dari *jaw crusher* menuju transfer *belt conveyor* 2 yang mengarah ke *vibrating screen*. Pada *vibrating screen* batu andesit akan terpisah sesuai fraksi yang telah diatur. Batu andesit yang berukuran 0-20 mm, akan menuju *stockpile* batu 20 melalui *belt conveyor* 3 dan melalui transfer *belt conveyor* 4 terlebih dahulu. Batu andesit yang berukuran 20-60 mm, akan dibawa menuju *stockpile* batu 60 melalui *belt conveyor* 5. Sedangkan batu andesit yang berukuran 60-200 mm, akan disalurkan oleh *belt conveyor* 6 menuju *stockpile* batu 200.

5. *Vibrating Screen*

Ketika umpan masuk ke dalam *vibrating screen*, alat tersebut akan bergetar dan mengakibatkan material yang dapat lolos dari ayakan pertama akan jatuh menuju ayakan kedua, dan tahapan tersebut berlanjut sampai ayakan terakhir.

dibutuhkan kecepatan *belt conveyor*, luas penampang *belt conveyor*, kemiringan *belt conveyor*, serta densitas material yang diangkut dengan rekapitulasi nilai kecepatan masing-masing *belt conveyor* ditunjukkan pada Tabel 4 berikut:

Tabel 4. Rekapitulasi kecepatan *belt conveyor*

Unit <i>Belt Conveyor</i>	v (m/s)	A (m <sup>2</sup> )	Produktivitas <i>Belt Conveyor</i> (Ton/Jam)
CV-1	1,676829	0,012	147,3991
CV-2	1,724738	0,010	146,0267
CV-3	1,658765	0,001	18,2631
CV-4	1,708769	0,001	17,8585
CV-5	1,658765	0,002	27,0768
CV-6	1,639915	0,007	97,2332

Kapasitas produksi unit *crushing plant* berasal dari unit *belt conveyor* CV-4, CV-5 dan CV-6, sehingga didapatkan produksi aktual unit *crushing plant* sebesar 142,1685 ton/jam. Tidak tercapainya target produksi yang dibuat perusahaan dipengaruhi oleh banyak hal, diantaranya kemampuan alat tersebut. Kemampuan alat dapat diketahui dengan melakukan perhitungan nilai ketersediaan alat.

Pada bulan Maret, waktu kerja yang tersedia di unit *crushing plant* adalah 341 jam/bulan. Akan tetapi, pekerjaan produksi hanya dilakukan selama 98,5 jam. Waktu *standby* alat selama 105,5 jam dan perbaikan selama 137 jam. Nilai ketersediaan alat di unit *crushing plant* ditunjukkan pada Tabel 5 berikut:

Tabel 5. Nilai ketersediaan alat

Ketersediaan Alat	MA	PA	UA	EU
Nilai	41,83	59,82	48,2	28,89
	%	%	8 %	%

Nilai ketersediaan alat menunjukkan angka < 64 %, sehingga kinerja alat pada unit *crushing plant* dikatakan buruk. Nilai ketersediaan yang kecil menyebabkan kecilnya kemungkinan untuk dapat mencapai produksi yang ditargetkan. Nilai ketersediaan alat yang buruk, dapat diketahui bahwa produksi aktual unit *crushing plant* sebesar 134,9132 ton/jam merupakan produksi maksimal unit ini.

Pada bulan Maret, unit *crushing plant* hanya bekerja selama 98,5 jam dengan efisiensi kerja sebesar 28,89 %. Maka, produktivitas aktual unit *crushing plant* untuk bulan Maret adalah 13.288,99 ton/bulan. Ukuran produk yang dihasilkan dari proses pengolahan berhubungan dengan nilai *reduction ratio* pada *crusher*. *Jaw crusher* diatur agar mampu menerima umpan maksimum 700 mm dan diharapkan dapat menghasilkan ukuran produk sebesar  $\pm 200$  mm. Nilai *reduction ratio* teoretis alat *jaw crusher* sebesar 3,5. Sedangkan berdasarkan pengukuran, didapatkan ukuran umpan yang masuk sebesar 51,25 cm dan hasil reduksi sebesar 8,87 cm.

Nilai *reduction ratio* aktual sebesar 4,137. Nilai *reduction ratio* aktual yang lebih besar daripada nilai *reduction ratio* teoritis menunjukkan bahwa produk pengolahan sangat beragam dan memiliki butir gradasi yang besar. Jumlah umpan yang masuk pada unit *crushing plant* untuk bulan Maret sebanyak 147,125 ton/jam dengan produk yang dihasilkan sebesar 142,1685 ton/jam. Nilai *looses* sebanyak 5,9565 ton/jam dan persentase *looses material* dan persentase produk sebesar 95,98%. Nilai *losses* material sebanyak 5,9565 ton/jam terjadi pada beberapa tahapan pengolahan.

Kehilangan material terjadi pada tahapan pemindahan material dari satu unit ke unit lainnya. Berdasarkan tabel 6, dapat diketahui kehilangan material hasil pengolahan dari tiap-tiap proses pengolahan. Umpan yang masuk sebanyak 147,125 ton/jam mengalami reduksi

ukuran di dalam *jaw crusher*. Material yang di transportasikan *belt conveyor* 1 sebanyak 147,3991 ton/jam, sehingga pada tahapan *crushing* terjadi kehilangan material sebanyak 0,7259 ton/jam. Kehilangan ini berupa debu, kondisi di sekitar *jaw crusher* sering tertutup debu. Selain itu, kehilangan ini terjadi pada disekitar *jaw crusher* dan *belt-conveyor*.

Pada *belt conveyor* 1 dan *belt conveyor* 2 juga terjadi *losses* sebesar 1,3724 ton/jam. *Losses* ini terjadi akibat posisi penempatan *belt conveyor* yang kurang tepat menyebabkan material terkadang jatuh tidak tepat diatas *belt conveyor* 2. Sehingga material dari *belt conveyor* 1 ke *belt conveyor* 2 hanya tertransportasi sebesar 146,0267 ton/jam.

Pada tahapan *sizing*, kehilangan material cukup besar. Material batu andesit berukuran 60-200 mm merupakan material terbanyak, sehingga material ini sering terlempar keluar. Kehilangan pada tahapan ini sebanyak 3,4537 ton/jam. Selain itu, *losses* terjadi pada proses transfer material dari *belt conveyor* 3 ke *belt conveyor* 4.

Material yang didistribusikan pada tahapan berukuran kecil, sehingga *losses* yang terjadi berupa debu. Kehilangan material pada tahapan ini sebanyak 0,04045 ton/jam. Dari hasil perhitungan neraca bahan di atas, persentase produk cukup besar, yakni > 90%. Hal ini menunjukkan bahwa kinerja unit *crushing plant* yang baik dalam melakukan proses reduksi ukuran dan menghasilkan produk pengolahan yang memungkinkan untuk dapat dipasarkan.

Sampel yang dipakai pada uji analisis ayakan merupakan sampel yang berasal dari batu andesit hasil pengolahan yang berukuran 0-20 mm. Berat sampel awal yang digunakan ialah 2.800 gram dan meninggalkan 2.794,2 gram sampel setelahnya. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi *losses* selama proses pengayakan berlangsung sebanyak 55,8 gram.

Berdasarkan hasil uji ayakan, didapatkan berat batu andesit yang tertinggal pada tiap-tiap ukuran ayakan (Tabel 6).

Tabel 6. Analisis data uji ayakan

Ukuran Ayakan (mm)	Batu yang Tertinggal			Berat Lolos	% Lolos
	gram	%	Persen Kumulatif	Kumulatif (%)	SNI
<b>38,10</b>		0,00	0,00	100,00	100-100
<b>25,40</b>	0,0	0,00	0,00	100,00	-
<b>19,00</b>	43,7	1,56	1,56	98,44	95-100
<b>12,70</b>	2.108,6	75,46	77,03	22,97	-
<b>9,50</b>	413,2	14,79	91,82	8,18	30-60
<b>4,75</b>	203,3	7,28	99,09	0,91	0-10
<b>2,36</b>	7,8	0,28	99,37	0,63	-
<b>1,18</b>	0,0	0,00	99,37	0,63	-
<b>0,85</b>	0,0	0,00	99,37	0,63	-
<b>0,30</b>	0,0	0,00	99,37	0,63	-
<b>0,15</b>	2,3	0,08	99,45	0,55	-
<b>0,00 (Pan)</b>	15,3	0,55	100,00	0,00	-
<b>Total</b>	2.794,2	100	866,43	333,57	-

Pada ayakan berukuran 9,50 mm, persentase berat lolos kumulatif sebesar 8,18 % belum memenuhi persen lolos sesuai dengan standar nasional Indonesia yakni 30-60 % dari berat sampel. Hal ini disebabkan 22,97% berat sampel tertahan pada ayakan ini, sehingga untuk memenuhi persyaratan persentase yang ditetapkan, diperlukan batu andesit yang berukuran lebih kecil dari ukuran ayakan 9,50 mm.

Jumlah keseluruhan persen kumulatif berat sampel batu andesit yang tertinggal adalah 866,43% dengan nilai modulus kehalusan sebesar 7,66. Nilai ini menunjukkan belum terpenuhinya modulus kehalusan yang sesuai standar nasional Indonesia maupun standar industri Indonesia yang bersyarat dalam rentang 6-7,10. Untuk memenuhi persyaratan tersebut, maka diperlukan material yang memiliki gradasi yang lebih kecil dari sampel yang diayak. Diperlukan juga tahapan pengolahan lanjutan menggunakan *secondary crusher* agar batu andesit hasil pengolahan lebih seragam.

#### 4. Kesimpulan

Pengolahan batu andesit di PT Bukit Asam, Tbk menghasilkan 3 produk ukuran yakni batu 200, batu 60 dan batu 20 atau split. Nilai modulus kehalusan memiliki nilai 7,66 sehingga perlu adanya tahapan pengolahan lanjutan agar hasil pengolahan lebih seragam sesuai dengan SNI.

#### Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada bapak Ir. Mukiat, M.S. yang sudah memberikan ide serta gagasan untuk penelitian ini.

#### Daftar Pustaka

- Besouw, G. V., Manoppo, M. R. E. dan Palenewen, S. C. N., (2019). Pengaruh Modulus Kehalusan Agregat terhadap Penentuan Kadar Aspal pada Campuran Jenis AC-WC, *Jurnal Sipil Statik*, 7(4): 483-489.
- Cahaya, R. N., Hasjim, M. dan Ningsih Y.B., (2020). Kajian Kinerja Unit Crushing Plant Batu Andesit PT Sumber Gunung Maju, *Jurnal Pertambangan*, 4(1): 28-30.
- Hrabovsky, L., (2011). *Cross-Sectional Area of The Belt Conveyor with A Three-Idler Set, VI (III)*, 63-67.
- Karim, R. dan Suriadi, S., (2019). Kajian Karakteristik Batuan Beku Andesit sebagai Bahan Bangunan di Daerah Sulamadaha Kecamatan Ternate Barat Kota Ternate, *Dintek*, 12 (2), 3-8.
- Moniaga, F., (2018). Evaluasi Penggunaan Material Agregat Kasar Parameter Dia 10-20 mm dan 5-10 mm pada Campuran Beton Lapangan dengan Specified Characteristic Strength. *Jurnal Realtech*. 14(1). 92-95.
- Nugraha, S., Widayati, S. dan Yuliadi, (2018). Upaya Peningkatan Produksi (Split) Batu Andesit dengan Metode Perubahan CSS (Closed Side Setting) pada Crushing Plant di

- PT Panghear Mitra Abadi Desa Lagadar, Kecamatan Margaasih, Kabupaten Bandung, Provinsi Jawa Barat, *Prosiding Teknik Pertambangan*, Bandung: Fakultas Teknik.
- Purwati, A, As'ad, S. dan Sunarmasto, (2014). Pengaruh Ukuran Butiran Agregat Terhadap Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas Beton Kinerja Tinggi Grade 80. *E-Jurnal Matriks Teknik Sipil*. 2(2): 58-63.
- Putra, R.S., Pulungan, L. dan Muchsin, A.M., (2018). Evaluasi Kinerja Unit Alat Peremuk (Crusher) Batuan Andesit di PT Sinar Mandiri Mitrasejati, Desa Rengasjajar, Kecamatan Cigudeg, Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat, *Prosiding Teknik Pertambangan*, Bandung: Fakultas Teknik.
- Putri, F. E. dan Abdullah, R., (2018). Kajian Teknis Produktivitas dan Efisiensi dalam Pengiriman *Limestone & Silicestone* ke *Storage* Indarung pada PT Semen Padang Sumatera Barat, *Jurnal Bina Tambang*, 3(3): 1080-1088.
- Ramadani, B., Komar, S. dan Ningsih, Y. B. (2017). Evaluasi Kinerja Unit Crushing Plant pada Tambang Andesit untuk Mencapai Target Produksi 800 ton/bulan pada Bulan Mei 2016 di PT Ansar Terang Crushindo Kabupaten Limapuluh Kota Sumatra Barat. *Jurnal Pertambangan*. 1(3).
- Ridwan, P., Arfiansyah, K., Kusumah, P. A., Amrullah, F., dan Gani, R M. G., (2018). Identifikasi Karakteristik dan Kualitas Andesit sebagai bahan bangunan daerah batujajar, Kecamatan Batujajar Timur, Kabupaten Bandung Barat. *Padjajaran Geoscience Journal*, 2(3), 194-199.
- Susanto, D. P. R., (2019). *Kajian Teknis Produktivitas Unit Peremukan Batu Andesit di PT Gawi Maju Kabupaten Purworejo Provinsi Jawa Tengah*. Skripsi, Teknik Pertambangan: Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta.

## Tingkat Kerusakan Lahan Akibat Penambangan Mineral Non-Logam dan Batuan di Daerah Semin, Kabupaten Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta dengan Metode Tanpa Pembobotan

*(Level of Land Damage Due to the Mining of Mineral Bukan Logam and Batuan in Semin, Gunungkidul Regency, Yogyakarta Special Region using Weightless Method)*

Doni Ardiansyah\*

Inspektur Tambang, Direktorat Teknik dan Lingkungan, Ditjen MINERBA, KESDM

\*Korespondensi E-mail: [doni\\_ardiansyah@yahoo.com](mailto:doni_ardiansyah@yahoo.com)

### Abstrak

Kegiatan penambangan sering dituding sebagai penyebab kerusakan lahan. Kerusakan lahan sesungguhnya dapat dipantau, sehingga dapat dikontrol dan diperbaiki. Penelitian dilakukan di daerah Semin, Kabupaten Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta, bulan November 2017 hingga Maret 2018. Studi kerusakan lahan dirasa sangat penting karena daerah Semin terdapat banyak aktivitas penambangan batuan dan merupakan perbatasan antar provinsi. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui dan mempelajari kondisi kerusakan lahan saat penelitian berlangsung. Metode yang digunakan adalah metode tanpa pembobotan terhadap beberapa parameter yang sebagian besar mengacu pada Keputusan Gubernur DIY Nomor 63 tahun 2003, yaitu 1) Sifat batuan penyusun tebing galian, 2) Tingkat retakan batuan 3) Pemanfaatan dan pengelolaan *top soil*, 4) Kedalaman penggalian / ketinggian dinding, 5) Batas kemiringan tebing galian, 6) Waktu reklamasi, 7) Besarnya erosi, 8) Alur sungai / sedimentasi, dimana tiap parameter memiliki bobot yang sama. Tingkat kerusakan dibagi tiga berdasarkan nilainya, yaitu 1) Baik (1,00-1,66), 2) Sedang (1,67 - 2,33), dan 3) Rusak (2,34 - 3,00). Total yang diamati adalah 81 lokasi. Ada 21 lokasi kategori Baik, 60 lokasi kategori Sedang, dan tidak ada lokasi kategori Rusak.

**Kata kunci:** Kerusakan lahan, semin, penambangan batuan, tanpa pembobotan

### Abstract

Mining activities often blamed for causing land damage. Land damage actually can be monitored to be controlled and repaired. This research conducted in Semin area, Gunungkidul Regency, Yogyakarta Special Region, November 2017 to March 2018. Land damaged study seemed very important because Semin area has many rock mining activities and a provinces border. Purpose of this study is determine and study the conditions of land damage during the research period. The method is weightless method from several parameters mostly refers to Yogyakarta Governor Decree Number 63 of 2003, 1) Rock compilation character, 2) Rock fracturing level 3) Top soil utilization and management, 4) Excavation depth / wall height, 5) Limit slope of excavation, 6) Reclamation time, 7) Erosion amount, 8) River flow / sedimentation, where all parameters have same weight. Damaged level divided into three, based on value, namely 1) Good (1.00-1.66), 2) Medium (1.67 - 2.33), 3) Damaged (2.34 - 3.00). Total were 81 sites. There are 21 sites in Good category, 60 sites in Medium category, and no sites in Damaged category.

**Keywords:** Land damage, semin, rock mining, weighless method

## 1. Pendahuluan

Pembangunan di Kabupaten Gunungkidul dan sekitarnya, didukung oleh beberapa daerah penghasil bahan galian, salah satunya adalah daerah Semin, Kabupaten Gunungkidul, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Daerah Semin berbatasan langsung dengan Provinsi Jawa Tengah di bagian utara dan barat (BPSGK, 2017). Bahan galian sebagai material untuk mendukung pembangunan ini dikelompokkan ke dalam "Mineral Bukan Logam" dan "Batuan" (Sekretariat Negara RI, 2009) (Sekretariat Negara RI, 2010) sebelumnya disebut sebagai "Golongan bahan

galian yang tidak termasuk dalam golongan A (strategis) atau B (vital)" atau biasa disebut "Bahan Galian Golongan C" (Sekretariat Negara RI, 1967). Penambangan seringkali menimbulkan dampak bagi lingkungan (Prodjosumarto dan Arif, 1989). Akibat dari penambangan yang tidak baik, lingkungan cenderung menjadi rusak, sehingga perlu dilakukan penelitian mengenai kerusakan lahan untuk mendapatkan data yang jelas dan dapat dijadikan dasar acuan meminimalkan dampak yang terjadi.

Daerah Semin merupakan daerah

penambangan mineral bukan logam dan batuan, sehingga berpotensi menimbulkan dampak bagi lingkungan. Selain itu, daerah Semin juga merupakan perbatasan antar provinsi, sehingga memerlukan perhatian yang lebih dikarenakan kerawanan konflik yang lebih tinggi. Oleh karena itu, kajian mengenai sejauh mana kerusakan lahan yang diakibatkan oleh aktivitas penambangan tersebut menjadi penting untuk dilakukan.

Tujuan penelitian ini untuk menentukan tingkat kerusakan lahan di daerah penelitian

## 2. Metode

Penelitian dilakukan di daerah Semin, Kabupaten Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Daerah ini secara fisiografis termasuk ke dalam regional Pegunungan Selatan (Van Bemmelen, 1949). Litologi Pegunungan Selatan tersusun atas batuan sedimen klastika dan karbonat dengan pencampuran batuan vulkanik hasil aktifitas magmatisme Tersier Surono, 2009) (Surono, Toha, Sudarno, 1992).

Secara regional, daerah ini terdiri atas Formasi Gamping-Wungkal berumur pertengahan Eosen sampai akhir Eosen. Formasi ini terdiri atas batupasir, napal pasiran, batulempung, dan lensa batugamping. Distribusinya di Jiwo hill, dan secara lokal di Gunung Gude, bagian selatan Sungai Oyo. Ketebalannya kurang lebih 120 meter (Harahap, dkk, 2003). Diatasnya, secara tidak selaras diendapkan Formasi Kebobutak. Harahap dkk, 2003, menyebutkan bahwa Formasi Kebobutak pertama kali digunakan oleh Sumarsono dan Ismoyowati (1975), dimana sebelumnya dibagi menjadi 2 bagian yaitu bagian bawah formasi ini disebut sebagai Kebo Beds, terdiri dari perselingan antara batupasir, batulanau dan batulempung, shale, tuff, dan agglomerate, sedangkan pada bagian atas dari formasi ini disebut Butak Beds, terdiri dari oleh perulangan batupasir dan batulempung dengan sisipan tuff dasitik. Ketebalan dari formasi ini kurang lebih 650 meter dan berumur Oligosen – Miosen.

Kemudian secara selaras terdapat Formasi Semilir berumur awal Miosen sampai pertengahan Miosen. Secara umum formasi ini menumpang secara selaras di atas Butak Beds dari Formasi Kebobutak, tersusun oleh tuf, serpih, batupasir tufan, breksi batuapung dasitan. Formasi ini menunjukkan perlapisan yang baik, struktur- struktur yang mencirikan turbidit banyak dijumpai. Ketebalan formasi ini lebih dari 460 meter. Formasi Oyo berumur pertengahan Miosen – akhir Miosen. Ketebalan formasi ini lebih dari 200 meter. Formasi ini tersusun terutama oleh batupasir yang

berdasarkan parameter yang dikaji sebagai bahan pertimbangan bagi upaya penanggulangan serta pencegahan serta data pembandingan untuk penelitian tingkat kerusakan lahan selanjutnya.

Analisis data menggunakan metode tanpa pembobotan, dimana dengan metode ini masing masing parameter memiliki bobot yang sama. Dalam penelitian ini menggunakan 8 parameter, sehingga bobot masing-masing parameter adalah 0,125.

bergradasi menjadi batulanau atau batulempung. Pada bagian bawah, batupasir menunjukkan sifat vulkanik, sedangkan pada bagian atasnya berubah menjadi batupasir yang bersifat gampingan. Kemudian Formasi Wonosari, dimana Formasi ini berumur pertengahan Miosen - Pliosen. Formasi Wonosari memiliki ketebalan 80 – 800 meter. Tersusun atas batugamping terumbu, kalkarenit, dan kalkarenit tufan. Baik digunakan sebagai bahan bangunan9). Yang terakhir berupa satuan endapan kuarter merupakan hasil rombakan dari batuan yang lebih tua, terdiri dari lempung, lumpur, lanau, pasir, kerikil, kerakal, dan berangkal. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi penelitian (tanpa skala)

Parameter-parameter yang digunakan sebagian besar berdasarkan Keputusan Gubernur Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 63 Tahun 2003 tentang Kriteria Baku Kerusakan Lingkungan Bagi Usaha dan Kegiatan Penambangan Bahan Galian Golongan C di Wilayah Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, ditambah parameter yang memiliki kaitan dengan faktor geologi, yaitu:

1. Sifat batuan penyusun tebing galian
2. Tingkat keretakan batuan
3. Pengambilan dan pengelolaan *top soil*
4. Kedalaman galian
5. Batas kemiringan tebing galian
6. Waktu reklamasi
7. Besarnya erosi
8. Alur sungai/sedimentasi

Penilaian terhadap parameter yang digunakan diberikan dengan kriteria sebagai berikut:

- 1) Sifat batuan penyusun tebing galian diuji di lapangan dengan tekanan tangan atau pukulan palu. Nilai 1 diberikan apabila batuan penyusun tebing galian bersifat kompak, dimana fragmen atau butiran sukar terurai bila dipukul dengan palu. Nilai 2 diberikan apabila batuan penyusun tebing galian bersifat lapuk, dimana fragmen atau butiran mudah terurai bila dipukul dengan palu. Nilai 3 diberikan apabila batuan penyusun tebing galian adalah batuan lepas, dimana fragmen atau butiran terurai bila diremas atau ditekan dengan tangan.
- 2) Jarak retakan batuan di lihat di lapangan dan nilai diberikan dengan melihat intensitas retakan. Diberikan nilai 1 apabila batuan kondisinya baik atau retakan sangat jarang. Diberikan nilai 2 apabila retakan batuan bersifat moderat, dimana retakan cukup banyak. Diberikan nilai 3 apabila retakan bersifat intensif.
- 3) Pengambilan dan pengelolaan top soil. Nilai diberikan dengan membandingkan top soil yang dikelola dengan estimasi volume top soil awal. Volume top soil didapatkan dari hasil estimasi, perkalian luas lahan yang dibuka dengan tebal rata-rata dari top soil di lokasi. Diberikan nilai 1 apabila top Soil yang dikelola >80% estimasi volume awal. Diberikan nilai 2 apabila top soil yang dikelola 60% – 80% estimasi volume awal. Diberikan nilai 3 apabila top soil yang dikelola <60% estimasi volume awal.
- 4) Kedalaman lubang galian/dinding galian yang dimaksud adalah jarak vertikal dari permukaan lahan hingga ke dasar lubang galian dalam satu jenjang. Permukaan disini adalah permukaan awal pada tepi lubang atau garis lurus yang menghubungkan tepi galian, sedangkan dasar galian adalah lubang galian yang terdalam. Pengukuran dilakukan dengan mengukur jarak dari permukaan awal dengan dasar lubang. Nilai 1 diberikan apabila kedalaman galian <3 meter. Nilai 2 diberikan apabila kedalaman galian 3 meter hingga 4 meter. Nilai 3

- diberikan apabila kedalaman galian >4 meter.
- 5) Batas kemiringan tebing galian. Kemiringan tebing galian diukur dengan membandingkan tinggi dinding galian dengan jarak horizontalnya. Nilai 1 diberikan apabila kemiringan lereng tebing galian <33,3%. Nilai 2 diberikan apabila kemiringan lereng tebing galian antara 33,3% hingga 50%. Nilai 3 diberikan apabila kemiringan lereng tebing galian >50%.
- 6) Waktu reklamasi. Pemberian nilai untuk parameter waktu reklamasi dilakukan baik untuk lokasi penambangan yang masih aktif ataupun telah ditinggalkan. Untuk lokasi yang masih aktif, nilai 1 diberikan bila reklamasi dilakukan beriringan waktunya dengan melakukan penambangan. Nilai 2 diberikan bila pemilik lokasi penambangan berkomitmen melaksanakan reklamasi setelah penambangan selesai. Nilai 3 diberikan bila pemilik lokasi penambangan tidak berkomitmen melaksanakan reklamasi setelah penambangan selesai.
- 7) Besarnya erosi diukur secara tidak langsung dengan mengamati lebar dan kedalaman alur-alur permukaan di lahan penambangan. Nilai 1 diberikan apabila erosi bersifat lemah dimana alur permukaan sempit dan dangkal, butiran tanah sangat sukar lepas, perakaran kasar dan dalam. Nilai 2 diberikan apabila erosi bersifat sedang, dimana alur permukaan cukup lebar dan dalam, butiran tanah cukup sukar lepas, perakaran sedang dan cukup dalam. Nilai 3 diberikan apabila erosi bersifat kuat, dimana alur permukaan lebar dan dalam, butiran tanah sangat mudah lepas, perakaran halus dan dangkal.
- 8) Alur sungai/sedimentasi dilakukan dengan mengamati alur sungai di sekitar lokasi penambangan atau sedimentasi yang terjadi di luar lokasi penambangan. Nilai 1 diberikan apabila tidak terjadi perubahan alur/aliran sungai atau tidak terdapat sedimentasi di luar lokasi penambangan. Nilai 2 diberikan apabila terjadi tanda-tanda perubahan alur/aliran sungai atau sedikit terdapat sedimentasi di luar lokasi penambangan. Nilai 3 diberikan apabila terjadi perubahan alur/aliran sungai atau terdapat banyak sedimentasi di luar lokasi penambangan.

Pada metode tanpa pembobotan, jumlah nilai adalah 1, dibagi dengan jumlah parameter yang digunakan. Parameter yang digunakan ada 8, sehingga nilai tiap parameter adalah 1/8 (0,125) dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Metode tanpa pembobotan

No.	Parameter	Nilai
1	Sifat batuan penyusun tebing galian	0,125
2	Tingkat retakan batuan	0,125
3	Pengambilan dan pengelolaan top soil	0,125
4	Kedalaman galian	0,125
5	Batas kemiringan tebing galian	0,125
6	Waktu reklamasi	0,125
7	Besarnya Erosi	0,125
8	Alur sungai/sedimentasi	0,125
Total		1

Perhitungan nilai indikator kerusakan lahan per parameter didapatkan melalui pengalihan bobot per parameter dengan nilai

### 3. Hasil dan Pembahasan

Nilai indikator kerusakan lahan rata-rata dengan perhitungan menggunakan metode tanpa pembobotan adalah 1,87 dimana besaran kontribusi rata-rata per parameter dari besar ke kecil adalah:

- Parameter 3 (pengambilan dan pengelolaan top soil) rata-rata sebesar 0,36. Hal ini dipengaruhi oleh bobot per parameter 0,13 dan nilai kerusakan lahan per parameter adalah 3 (top Soil yang dikelola <60% estimasi volume awal) di 76 lokasi dan nilai 1 (Top Soil yang dikelola >80% estimasi volume awal) di 5 lokasi
- Parameter 2 (tingkat retakan batuan) rata-rata sebesar 0,34. Hal ini dipengaruhi oleh bobot per parameter 0,13 dan nilai kerusakan lahan per parameter adalah 3 (intensif) di 64 lokasi, nilai 2 (moderat) di 10 lokasi, dan nilai 1 (baik) di 7 lokasi
- Parameter 4 (kedalaman galian/tinggi dinding) rata-rata sebesar 0,29. Hal ini dipengaruhi oleh bobot per parameter 0,13 dan nilai kerusakan lahan per parameter adalah 3 (kedalaman galian >4m) di 50 lokasi, nilai 2 (kedalaman galian 3-4m) di 9 lokasi, dan nilai 1 (kedalaman galian <3m) di 22 lokasi
- Parameter 5 (Batas kemiringan tebing galian) rata-rata sebesar 0,24. Hal ini dipengaruhi oleh bobot per parameter 0,13 dan nilai kerusakan lahan per parameter adalah 3 (lereng tebing galian > 50%) di 27 lokasi, nilai 2 (lereng tebing galian 33,3% – 50%) di 22 lokasi, dan nilai 1 (lereng tebing galian <

kerusakan lahan per parameter. Nilai indikator kerusakan lahan akibat penambangan di suatu lokasi adalah jumlah seluruh nilai indikator per parameter di lokasi tersebut. Tingkat kerusakan lahan dibagi ke dalam 3 kelas, yaitu Baik, Sedang, dan Rusak (Pemerintah Daerah Provinsi DIY, 2003). Tingkat kerusakan mengacu pada nilai yang tertera pada Tabel 2.

Tabel 2. Kisaran nilai tingkat kerusakan lahan akibat penambangan

Nilai indikator kerusakan lahan akibat penambangan	Keterangan
1,00 – 1,66	Baik
1,67 – 2,33	Sedang
2,34 – 3,00	Rusak

- 33,3%) di 32 lokasi
- Parameter 1 (Sifat batuan penyusun tebing galian) rata-rata sebesar 0,14. Hal ini dipengaruhi oleh bobot per parameter 0,13 dan nilai kerusakan lahan per parameter adalah 2 (lapuk) di 8 lokasi, dan nilai 1 (kompak) di 73 lokasi
- Parameter 6 (Waktu reklamasi) rata-rata sebesar 0,24. Hal ini dipengaruhi oleh bobot per parameter 0,13 dan nilai kerusakan lahan per parameter adalah 3 (Tidak dilakukan reklamasi) di 2 lokasi, nilai 2 (reklamasi dilakukan setelah penambangan selesai) di 72 lokasi, dan nilai 1 (reklamasi dilakukan beriringan dengan penambangan) di 7 lokasi
- Parameter 7 (Besarnya Erosi) rata-rata sebesar 0,13. Hal ini dipengaruhi oleh bobot per parameter 0,13 dan nilai kerusakan lahan per parameter adalah 2 (sedang) di 2 lokasi, dan nilai 1 (lemah) di 79 lokasi
- Parameter 8 (Alur Sungai/Sedimentasi) rata-rata sebesar 0,13. Hal ini dipengaruhi oleh bobot per parameter 0,13 dan nilai kerusakan lahan per parameter adalah 2 (terjadi tanda-tanda perubahan alur/aliran sungai atau sedikit terdapat sedimentasi di luar lokasi penambangan) di 1 lokasi, dan nilai 1 (tidak terjadi perubahan alur/aliran sungai atau tidak terdapat sedimentasi di luar lokasi penambangan) di 80 lokasi.

Nilai per parameter dan perhitungan tingkat kerusakan lahan yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai per parameter dan perhitungan tingkat kerusakan lahan

No	Kode Lokasi	Lokasi			Nilai Per Parameter (B)								Nilai Indikator $\Sigma (B \times N)$	Tingkat Kerusakan
					0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125		
		X	Y	Z	Nilai Kerusakan per parameter (N)									
					1	2	3	4	5	6	7	8		
1	LT1	473896	9135897	150	1	2	3	3	2	2	1	1	1,88	Sedang
2	LT2	473920	9135811	155	1	2	3	3	3	2	2	2	2,25	Sedang
3	LT3	473979	9135804	154	1	2	3	3	3	2	1	1	2,00	Sedang
4	LT4	473980	9135786	153	1	2	3	3	3	2	1	1	2,00	Sedang
5	LT5	474038	9135788	163	1	2	3	3	2	2	1	1	1,88	Sedang
6	LT6	474086	9135835	171	1	3	3	1	1	2	1	1	1,63	Baik
7	LT7	474117	9135835	172	1	3	3	1	1	2	1	1	1,63	Baik
8	LT8	474178	9135833	180	1	3	3	3	3	2	1	1	2,13	Sedang
9	LT9	474020	9135840	161	1	2	3	1	1	2	1	1	1,50	Baik
10	LT10	473975	9135827	163	1	2	3	3	3	2	1	1	2,00	Sedang
11	LT11	473978	9135885	145	1	2	3	3	3	2	2	1	2,13	Sedang
12	LT12	473947	9135943	142	1	1	3	1	1	2	1	1	1,38	Baik
13	LT13	473932	9135967	143	1	1	3	1	1	2	1	1	1,38	Baik
14	LT14	473950	9135979	137	1	1	3	3	3	2	1	1	1,88	Sedang
15	LT15	473952	9135999	138	1	1	3	2	1	2	1	1	1,50	Baik
16	LT16	473980	9135984	139	1	1	3	3	3	2	1	1	1,88	Sedang
17	LT17	473962	9136063	138	1	3	3	3	3	1	1	1	2,00	Sedang
18	LT18	473900	9135951	139	1	1	3	3	1	3	1	1	1,75	Sedang
19	LT19	473866	9135908	140	1	1	3	3	2	3	1	1	1,88	Sedang
20	LT20	473996	9136143	138	1	3	3	3	3	2	1	1	2,13	Sedang
21	LT21	473977	9136127	139	1	3	3	3	2	2	1	1	2,00	Sedang
22	LT22	473966	9136158	141	1	3	3	3	3	2	1	1	2,13	Sedang
23	LT23	473999	9136204	142	1	3	3	3	3	2	1	1	2,13	Sedang
24	LT24	473997	9136244	139	1	3	3	3	2	2	1	1	2,00	Sedang
25	LT25	474025	9136170	141	1	3	3	3	2	2	1	1	2,00	Sedang
26	LT26	473986	9136189	142	1	3	3	3	1	2	1	1	1,88	Sedang
27	LT27	474064	9136217	142	1	3	1	1	1	1	1	1	1,25	Baik
28	LT28	474096	9136195	138	1	3	3	3	1	2	1	1	1,88	Sedang
29	LT29	474054	9136203	138	1	3	3	3	2	2	1	1	2,00	Sedang
30	LT30	474176	9135876	147	1	3	3	3	3	2	1	1	2,13	Sedang
31	LT31	474210	9135888	148	1	3	3	1	1	2	1	1	1,63	Baik
32	LT32	474181	9135934	149	1	3	3	3	3	2	1	1	2,13	Sedang
33	LT33	474136	9135925	147	1	3	3	3	3	2	1	1	2,13	Sedang
34	LT34	474132	9136082	144	1	3	3	3	3	1	1	1	2,00	Sedang
35	LT35	474117	9136136	139	1	3	3	3	3	2	1	1	2,13	Sedang
36	LT36	474084	9136089	154	1	3	3	1	1	2	1	1	1,63	Baik
37	LT37	474045	9136091	154	1	3	3	1	1	2	1	1	1,63	Baik
38	LT38	474031	9136063	154	1	3	3	3	3	2	1	1	2,13	Sedang
39	LT39	474016	9135968	161	1	3	3	3	2	2	1	1	2,00	Sedang
40	LT40	474073	9135945	164	1	3	3	2	1	2	1	1	1,75	Sedang
41	LT41	474095	9135982	167	1	3	3	1	1	2	1	1	1,63	Baik
42	LT42	474168	9136469	141	1	3	3	3	2	2	1	1	2,00	Sedang
43	LT43	474187	9136490	138	1	3	3	3	2	2	1	1	2,00	Sedang
44	LT44	474229	9136552	141	1	3	3	1	1	2	1	1	1,63	Baik
45	LT45	474209	9136550	138	1	3	3	3	3	2	1	1	2,13	Sedang
46	LT46	474187	9136557	139	1	3	3	2	2	2	1	1	1,88	Sedang
47	LT47	474323	9136321	142	1	3	3	3	1	2	1	1	1,88	Sedang
48	LT48	474308	9136344	142	1	3	3	3	3	2	1	1	2,13	Sedang
49	LT49	474289	9136357	140	1	3	3	3	2	2	1	1	2,00	Sedang
50	LT50	474363	9136358	155	1	3	3	3	2	2	1	1	2,00	Sedang
51	LT51	474395	9136353	154	1	3	3	1	1	2	1	1	1,63	Baik
52	LT52	474435	9136344	153	1	3	3	3	3	2	1	1	2,13	Sedang
53	LT53	474433	9136322	155	1	3	3	3	2	2	1	1	2,00	Sedang
54	LT54	474385	9136314	155	1	3	3	1	1	2	1	1	1,63	Baik

55	LT55	475155	9129723	235	1	3	3	3	2	2	1	1	2,00	Sedang
56	LT56	475214	9129717	234	2	3	3	2	2	2	1	1	2,00	Sedang
57	LT57	475170	9129693	237	2	3	3	3	2	2	1	1	2,13	Sedang
58	LT58	475353	9129776	237	2	3	3	3	3	2	1	1	2,25	Sedang
59	LT59	475292	9129802	239	2	3	3	3	2	2	1	1	2,13	Sedang
60	LT60	475239	9129842	237	2	3	3	1	1	2	1	1	1,75	Sedang
61	LT61	475174	9129836	240	2	3	3	1	1	2	1	1	1,75	Sedang
62	LT62	475091	9129521	282	2	3	3	2	1	2	1	1	1,88	Sedang
63	LT63	475076	9129458	282	2	3	3	1	1	2	1	1	1,75	Sedang
64	LT64	474530	9136363	161	1	3	3	3	2	2	1	1	2,00	Sedang
65	LT65	474524	9136346	162	1	3	3	3	3	2	1	1	2,13	Sedang
66	LT66	474573	9136333	162	1	3	3	3	3	2	1	1	2,13	Sedang
67	LT67	474608	9136325	164	1	3	3	3	3	2	1	1	2,13	Sedang
68	LT68	474619	9136387	169	1	3	3	3	1	2	1	1	1,88	Sedang
69	LT69	474648	9136298	180	1	3	3	3	2	2	1	1	2,00	Sedang
70	LT70	474666	9136338	170	1	3	3	3	2	2	1	1	2,00	Sedang
71	LT71	474681	9136340	171	1	3	3	2	3	2	1	1	2,00	Sedang
72	LT72	474730	9136269	177	1	3	3	1	1	2	1	1	1,63	Baik
73	LT73	474683	9136236	184	1	3	3	3	3	2	1	1	2,13	Sedang
74	LT74	474782	9136268	190	1	3	3	2	2	2	1	1	1,88	Sedang
75	LT75	474773	9136261	189	1	3	3	1	1	2	1	1	1,63	Baik
76	LT76	474810	9136269	193	1	3	3	2	1	2	1	1	1,75	Sedang
77	LT77	474813	9136209	200	1	3	3	1	1	2	1	1	1,63	Baik
78	LT78	471456	9136067	177	1	2	1	1	1	1	1	1	1,13	Baik
79	LT79	471496	9136049	185	1	2	1	2	1	1	1	1	1,25	Baik
80	LT80	471656	9135981	165	1	3	1	1	1	1	1	1	1,25	Baik
81	LT81	471772	9135861	152	1	3	1	1	1	1	1	1	1,25	Baik

Keterangan: LT (Lokasi Tambang); XY (Koordinat UTM); Z (elevasi); 1-8 (Parameter)

#### 4. Kesimpulan

Perhitungan dengan menggunakan metode tanpa pembobotan menghasilkan 21 lokasi tambang yang termasuk dalam kategori Baik (LT6, 7, 9, 12,13, 15, 27, 31, 36, 37, 41, 44, 51, 54, 72, 75, 77, 78, 79, 80, dan 81), 60 lokasi tambang yang termasuk dalam kategori Sedang (LT1, 2, 3, 4, 5, 8 ,10, 11, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 28, 29, 30, 32, 33, 34, 35, 38, 39, 40, 42, 43, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 52, 53, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 73, 74, dan 76), dan tidak ada lokasi tambang yang termasuk dalam kategori rusak.

#### Ucapan Terimakasih

Pembuatan karya tulis ini tidak terlepas dari bantuan pihak-pihak lain yang turut memberikan kontribusi namun tidak dapat disebutkan satu-persatu.

#### Daftar Pustaka

Badan Pusat Statistik Kabupaten Gunung Kidul (BPSGK), 2017, *Gunung Kidul dalam angka 2017*, Gunungkidul  
 Harahap, Bhakti H, Bachri, S., Baharuddin, Suwarna N, Panggabean H, dan Simanjuntak T.O, 2003, *Stratigraphic Lexicon of Indonesia*, Geological Research and Development Center

Pemerintah Daerah Provinsi DIY, *Keputusan Gubernur Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 63 Tahun 2003 tentang Kriteria baku Kerusakan Lingkungan Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Penambangan Bahan Galian Golongan C di Wilayah Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta*, Yogyakarta

Prodjosumarto, P. dan Arif, 1989, *Konsep Pola Penambangan Berwawasan Lingkungan*, Warta PERHAPI Edisi Mei, Jakarta.

Sekretariat Negara RI, 1967, *Undang-Undang Nomor 11 Tahun 1967 tentang Ketentuan-ketentuan Pokok Pertambangan*, Jakarta

Sekretariat Negara RI, 2009, *Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara*, Jakarta

Sekretariat Negara RI, 2010, *Peraturan Pemerintah Nomor 23 Tahun 2010 tentang Pelaksanaan Kegiatan Usaha Pertambangan Mineral dan Batubara*, Jakarta

Surono, B. Toha, dan I. Sudarno, 1992, *Peta Geologi Lembar Surakarta-Giritontro, Jawa*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi, Bandung

Surono, 2009, *Litostratigrafi Pegunungan Selatan Bagian Timur daerah Istimewa Yogyakarta dan Jawa Tengah* dalam

*Publikasi Khusus Geologi Pegunungan Selatan Bagian Timur*, Badan Geologi, Bandung  
Van Bemmelen, R.W., 1949, *The Geology of Indonesia, Vol. 1 A*, Government Printing Office, The Hauge, Amsterdam

## Identifikasi Potensi Air Asam Batuan Pada Tambang Timah di Pulau Bangka (*Identification of Potential for Acid Rock Drainage in Tin Mining on Bangka Island*)

Delita Ega Andini<sup>1\*</sup>, Fajar Indah Puspita Sari<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Pertambangan, Universitas Bangka Belitung

<sup>2</sup>Jurusan Kimia, Universitas Bangka Belitung

\* Korespondensi E-mail: [delitaegaandini@gmail.com](mailto:delitaegaandini@gmail.com)

### Abstrak

Bangka Belitung merupakan salah satu daerah penghasil timah di dunia yang dicirikan dengan banyaknya batuan granit yang berada di daerah tersebut sebagai batuan pembawa mineral *cassiterite*. Batuan granit yang terdapat di Pulau Bangka merupakan batuan yang terbentuk karena adanya aktivitas magma dari proses vulkanik yang bersifat asam. Keterdapatannya air yang bersifat asam memungkinkan dikarenakan adanya mineral pembawa asam dari batuan granit yang menyebabkan timbulnya *acid rock drainage* atau air asam batuan yang pada umumnya terjadi di daerah penambangan, bekas tambang maupun eksplorasi pada tambang timah. Sebelum dilakukan upaya pencegahan terhadap pencemaran lingkungan diperlukan identifikasi terkait potensi keasaman batuan agar pH dan kandungan logam terlarut yang membahayakan keberlangsungan hidup dapat dicegah seminimal mungkin.

**Kata kunci:** Granit, Timah, Acid Rock Drainage, Uji Statik

### Abstract

*Bangka Belitung is one of the tin-producing areas in the world which is characterized by the large number of granite rocks in the area as the rock carrying cassiterite minerals. Granite rocks found on Bangka Island are rocks formed due to magma activity from acidic volcanic processes. The availability of acidic water is possible due to the presence of acid-carrying minerals from granite which causes acid rock drainage or acid rock water which generally occurs in mining areas, ex-mining and exploration in tin mines. Before making efforts to prevent environmental pollution, identification is needed regarding the potential acidity of the rock so that the pH and dissolved metal content that endangers survival can be prevented to a minimum.*

**Keywords:** Granite, Tin, Acid Rock Drainage, Static Test

### 1. Pendahuluan

Pulau Bangka merupakan pulau yang termasuk dalam *asian tin belt* yang memiliki batuan granitik melampar luas dengan beberapa variasi sifat (Cobbing, 1992). Granit di Pulau Bangka merupakan bagian dari sabuk batuan granitik yang sangat panjang membentang di Asia Tenggara yang beberapa di antaranya teridentifikasi membawa mineralisasi timah yang melimpah (Cobbing, 1992).

Timah berasal dari batuan granit yang terdapat mineral logam kasiterit mengandung timah dan mineral ikutan seperti kuarsa, pirit, galena, mallacite, zircon, hematite, dan lain sebagainya. Batuan granit terbentuk karena adanya aktivitas magma dari proses vulkanik atau letusan gunung berapi yang bersifat asam. Keterdapatannya air yang bersifat asam secara alamiah terjadi di daerah yang dicirikan oleh derajat mineralisasi yang tinggi (Gautama, 2014). Sehingga daerah yang terdapat timah, pirit, zircon, dan hematite menghasilkan air di sekitar daerah tersebut relatif bersifat asam dan menghasilkan kandungan logam tinggi yang berbahaya untuk

keberlangsungan makhluk hidup di lingkungan sekitarnya.

Biasanya air asam batuan sering terjadi pada tambang batubara yang disebabkan oleh kandungan sulfur (S content) di dalam batubara (Polawan, 2017) sehingga air asam batuan terjadi secara terus menerus akibat terdedahnya batuan yang mengakibatkan reaksi oksidasi yang dapat menurunkan pH dan meningkatkan sulfat yang mampu meluruhkan dan membawa logam berat yang terkandung pada batuan yang dilalui oleh aliran air asam (Polawan, 2017). Berbeda dengan timah, keasaman yang terdapat pada daerah penambangan timah dan aliran air yang berada pada lingkungan bekas tambang timah terjadi karena batuan granit pembawa mineral kasiterit bersifat asam, yang menyebabkan pH air pada daerah penambangan timah relatif rendah dengan pH 2 -3 (Guskarnali, 2018).

Upaya pencegahan dan mitigasi pada *acid rock drainage* atau air asam batuan yang terjadi dapat diprediksi dengan mengetahui karakteristik awal batuan dan mengetahui seberapa besar batuan memproduksi asam sehingga dapat diketahui seberapa besar tingkat keasaman

suatu batuan dengan cara melihat potensi keasaman batuan yang dapat diidentifikasi dengan melakukan uji karakteristik geokimia batuan sehingga diketahui batuan tersebut bersifat asam (Potentially Acid Forming (PAF)) atau tidak (Non Acid Forming (NAF)).

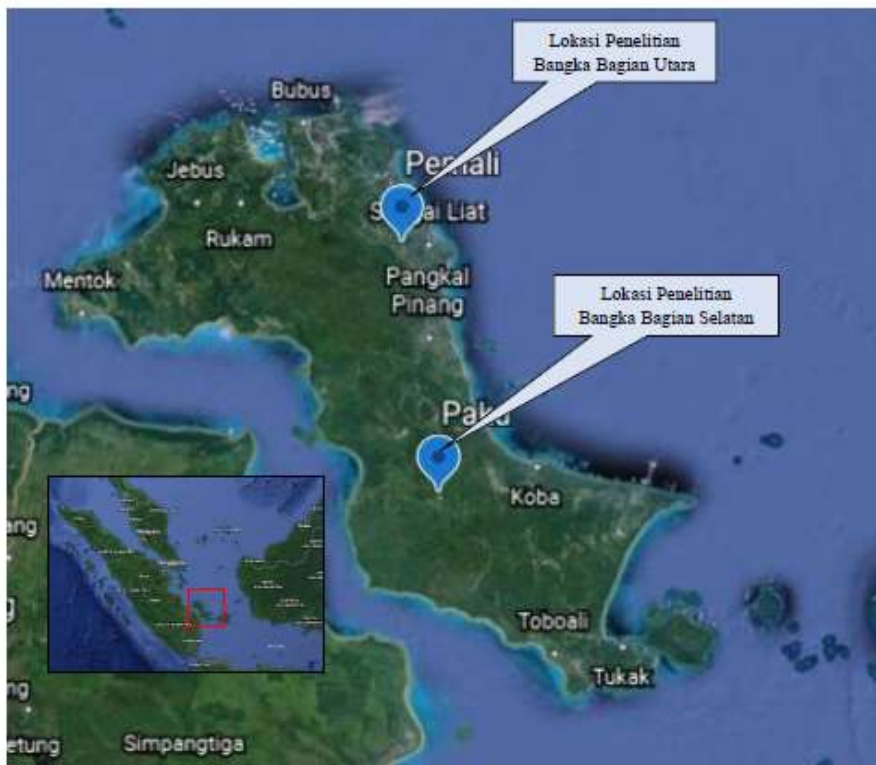
## 2. Metode

Lokasi penelitian dilakukan di Pulau Bangka pada lokasi tambang timah aktif yaitu TB.1.42 yang berlokasi di Pemali Kabupaten Bangka untuk lokasi bagian utara dan untuk lokasi di bagian selatan di lokasi tambang aktif yaitu

TB.4.218 yang berlokasi di Desa Paku, Kabupaten Bangka Selatan.

Pengambilan sampel dalam penelitian ini dilakukan berdasarkan jenis batuan dan kondisi geologi yang berhubungan dengan mineralisasi batuan pembawa asam. Sampel yang diambil sebanyak 5 sampel yaitu 3 sampel di tambang Pemali dan 2 sampel di tambang Paku.

Setelah itu dilakukan preparasi sampel dilakukan dengan peremukan sampel dan pengayakan hingga sampel berukuran <200 mesh. kemudian, dilakukan pengujian sampel menggunakan metode uji XRF dan uji statik.

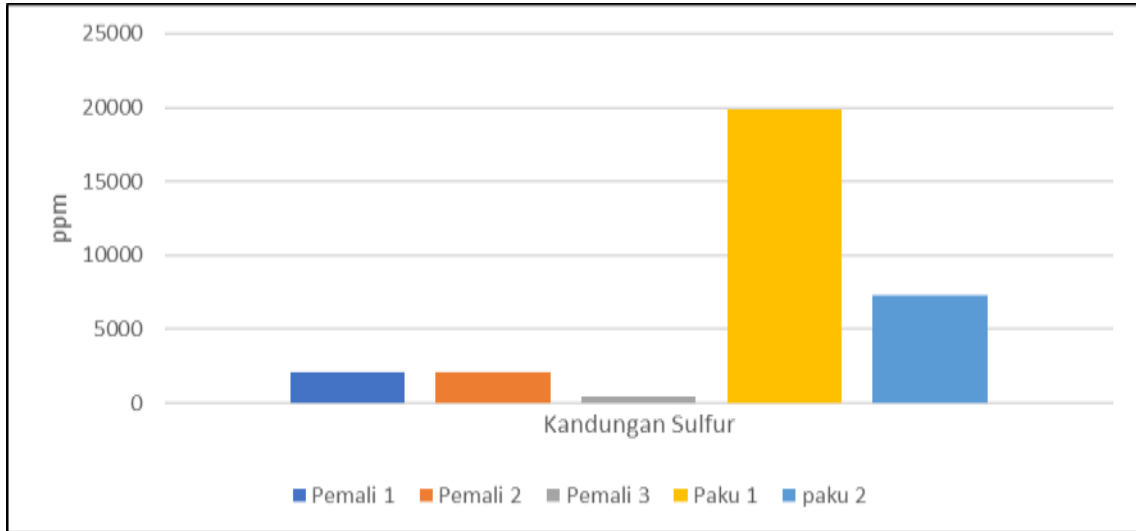


Gambar 1. Lokasi Penelitian

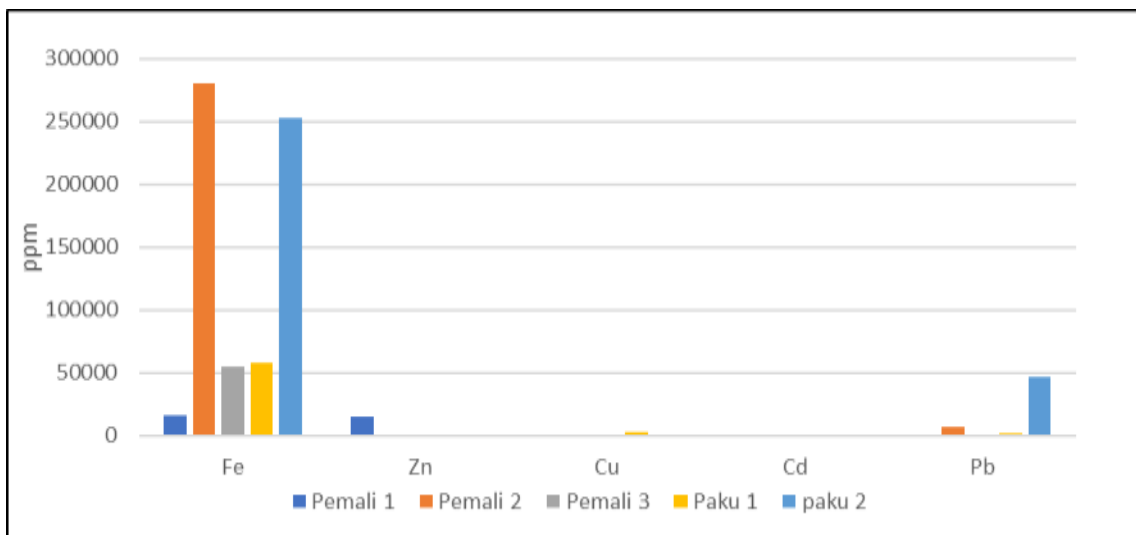
## 3. Hasil dan Pembahasan

Hasil uji XRF pada gambar 2, gambar 3 dan gambar 4 menunjukkan total unsur yang terkandung dalam masing-masing sampel pada grafik yang merupakan unsur-unsur yang menghasilkan asam ataupun melepaskan logam dan sulfat ke dalam air asam tambang dan melindi unsur-unsur lain yang terdapat dalam mineral *gangue*. Dilihat pada grafik, kandungan sulfur yang terkandung dalam sampel ditemukan kandungan sulfur yang tinggi yaitu pada

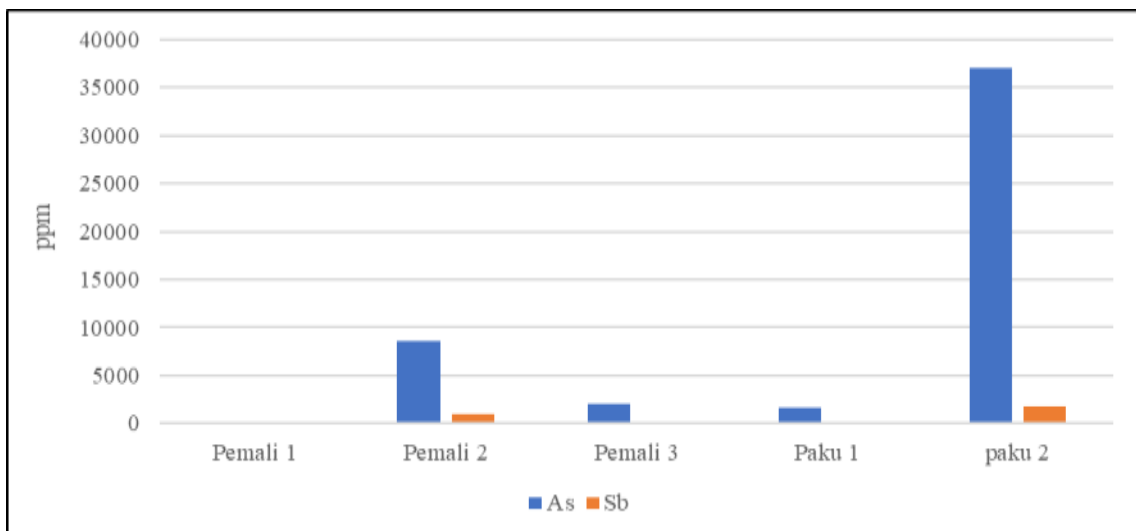
sampel yang berlokasi di Pulau Bangka Bagian Selatan (Paku 1 dan Paku 2). Pada grafik Gambar 3 menunjukkan kandungan sulfur tertinggi yaitu pada sampel Paku 1 sebesar 19903 ppm dan Paku 2 sebesar 7260 ppm. Untuk sampel yang berlokasi di Pulau Bangka Bagian Utara (sampel Pemali 1, Pemali 2, dan Pemali 3) menunjukkan jumlah sulfur yang relatif sama untuk sampel Pemali 1 dan Pemali 2, dan sampel Pemali 3 menunjukkan jumlah sulfur yang paling sedikit yaitu 452 ppm.



Gambar 2. Kandungan sulfur pada sampel



Gambar 3. Kandungan unsur logam berat



Gambar 4. Kandungan unsur metalloid

Karakterisasi awal pada batuan untuk melihat nilai potensi pembentukan asam melihat sifat keasaman batuan yaitu dengan melihat netto atau Net Acid Producing Potential

(NAPP) dan NAG pH. Kriteria penapisan batuan menggunakan nilai NAPP dan NAG pH adalah dengan metode *Acid Base Accounting* (ABA) yaitu dengan menghitung nilai asam basa dari suatu sampel. Selisih antara total asam yang dapat terbentuk

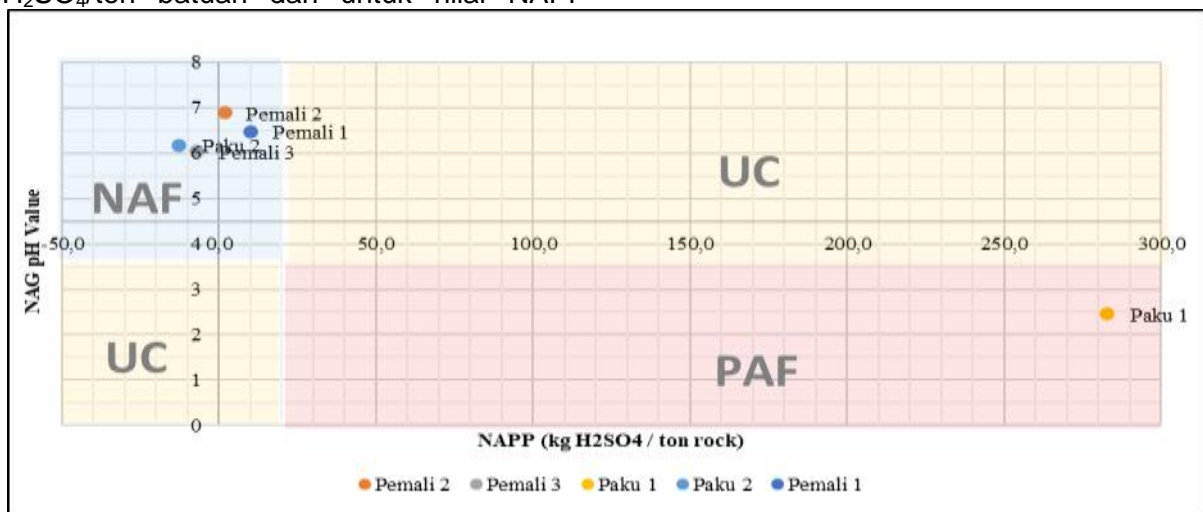
(MPA) dengan kapasitas penetral asam (ANC) didapatkan nilai NAPP. MPA didapatkan dari persen total sulfur dikalikan dengan 30,62 kg H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/ton batuan (hasil uji statik pada Tabel 4).

Tabel 1. Hasil perhitungan uji statik

Kode Sampel	Net Acid Generation				Acid Base Accounting (ABA)			
	Paste pH (1:2)	NAG pH	NAG pH 4.5 (kg H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /ton rock)	NAG pH 7 (kg H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /ton rock)	Total Sulfur (%)	MPA (kg H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /ton rock)	ANC (kg H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /ton rock)	NAPP (kg H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /ton rock)
Pemali 1	6,18	6,48	0,5	0,8	0,4	12,2	2,0	10,2
Pemali 2	7,19	6,89	0,5	0,5	0,12	3,7	2,0	1,7
Pemali 3	6,68	6,04	0,5	1,7	0,03	0,9	8,0	-7,1
Paku 1	4,50	2,46	91	109	9,26	283,4	0,5	282,9
Paku 2	5,33	6,18	0,5	2,4	0,17	5,2	18,0	-12,8

Tabel 1 menunjukkan hasil dari uji statik dan perhitungan nilai ANC dan NAPP. Hasil perhitungan didapatkan nilai ANC tertinggi yaitu pada sampel Paku 2 sebesar 18 kg H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/ton batuan dan untuk nilai NAPP

terbesar pada sampel Paku 1 yaitu 282,9 kg H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/ton batuan. Nilai pada setiap sampel didapatkan kriteria atau karakterisasi awal batuan pada grafik.



Gambar 5. Kriteria penapisan klasifikasi geokimia batuan

Pada grafik dilihat bahwa terdapat empat kuadran yaitu kuadran I dan kuadran III merupakan klasifikasi untuk sampel yang mempunyai kondisi tidak tentu atau *uncertain* (UC), kuadran II sampel bersifat NAF yaitu tidak berpotensi asam atau bersifat menetralkan asam, dan kuadran IV sampel bersifat PAF atau berpotensi asam. Sampel Pemali 1, Pemali 2 dan Pemali 3 berada dalam kuadran UC yang menunjukkan kalau kondisi sampel tidak tentu, namun dapat dilihat dalam uji pH pasta nilai pH

pada ketiga sampel tersebut menunjukkan kondisi basa dimana nilai pH >4,5 dan pada grafik terlihat bahwa posisi ketiga sampel tersebut merupakan NAF *barren* yaitu dimana sampel tidak menghasilkan asam dan tidak juga bisa menetralkan asam. Sedangkan untuk sampel Paku 1 bersifat PAF atau berpotensi asam yang ditunjukkan dengan nilai NAPP > 0 yaitu 282,9 kg H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/ton batuan dan nilai NAG pH < 4,5 yaitu NAG pH 2,46 dan pada grafik termasuk di kuadran IV. Berbeda dengan sampel Paku 1,

sampel Paku 2 menunjukkan nilai NAF yaitu berada di kuadran II pada grafik Gambar 6 dan memiliki nilai NAPP < 0 yaitu -12,8 kg

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/ton batuan dan nilai NAG pH > 4,5 yaitu NAG pH 6,18.

Tabel 2. Klasifikas sampel batuan

Kode Sampel	Asal Sampel	Klasifikasi Batuan	Keterangan
Pemali 1	Bangka bagian Utara	Uncertain/ tidak tentu	NAF barren
Pemali 2	Bangka bagian Utara	Uncertain/ tidak tentu	NAF barren
Pemali 3	Bangka bagian Utara	Uncertain/ tidak tentu	NAF barren
Paku 1	Bangka bagian Selatan	PAF/ potensi asam	PAF
Paku 2	Bangka bagian Selatan	NAF/ penetral asam	NAF

#### 4. Kesimpulan

Penelitian yang telah dilakukan didapatkan karakteristik awal geokimia keasaman batuan pada 5 sampel yang masing-masing mewakili tambang di wilayah utara dan wilayah selatan Pulau Bangka. Sampel pada tambang di wilayah bagian utara Bangka mempunyai karakteristik yang belum bisa diidentifikasi namun pada identifikasi awal sampel tersebut diklasifikasikan sebagai NAF barren sedangkan untuk sampel yang berasal dari wilayah bagian selatan Bangka mempunyai klasifikasi yang berbeda yaitu untuk sampel Paku 1 bersifat PAF, hasil ini juga ditunjukkan dengan nilai sulfur yang tinggi pada uji XRF, sedangkan untuk sampel Paku 2 bersifat NAF.

#### Ucapan Terimakasih

Penulis berterimakasih kepada Kementerian Ristek BRIN yang telah membantu pendanaan dalam penelitian ini dan seluruh pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan proses penelitian.

#### Daftar Pustaka

AMIRA International. (2002). ARD Test Handbook: Prediction & Kinetic Control of Acid Mine Drainage, AMIRA P387A; Ian Wark Research Institute and Environmental Geochemistry International Ltd.: Melbourne, Australia, 2002.

Andini, D E. (2019). Prediction Potential Acid Mine Drainage of Epithermal High Sulfidation Deposits using Static Test. International Conference on Green Energy and Environment 2019. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 353 012023.

Andini, D E. (2017). Studi Analisis Kualitas Air dan Potensi Pembentukan Asam Pada Batuan di Universitas Bangka Belitung. Jurnal Promine, Vol.5 No.2 Hal. 42 – 47.

Cobbing, E.J., P.E.J. Pitfield., D.P.F. Darbyshire, dan D.I.J. Malick. (1992). The Granites of The South-East Asian Tin Belt: Overseas Memoir of the british Geological Survey No. 10.

Gautama, R.S. (2014). Pembentukan, Pengendalian Dan Pengelolaan Air Asam Tambang (Acid Mine Drainage). ITB, Bandung.

Global Acid Rock Drainage Guide Prediction, Prevention, Management. (2014). The International Network for Acid Prevention.

Guskarnali. Rosita, A., Andini, D E. (2018). Uji Kualitas Air Pada Lahan Bekas Tambang Inkvensional di Kecamatan Merawang Kabupaten Bangka. Jurnal Promine, Vol.6 No.2 Hal. 37 – 45.

Matsumoto, S., Ishimatsu, H., Shimada, H., Sasaoka, T., Kusuma, G J. (2018) Characterization of Mine Waste and Acid Mine Drainage Prediction by Simple Testing Methods in Term of the Effects of Sulfate-Sulfur and Carbonate Minerals. Journal Minerals 2018, 8, 403. <https://www.mdpi.com/journal/minerals>.

Polawan, S.S.M. (2017). Identifikasi Air Asam Tambang Melalui Metode Uji Statik Pada Tambang Batubara. Jurnal Gerbang Etam Balitbang Kabupaten Kukar. Volume 11 No.1.

Stewart, W A., Miller S D., Smart, R. (2006). Advances in Acid Rock Drainage (ARD) Characterization of Mine Wastes. The 7th International Conference on Acid Rock Drainage (ICARD), St. Louis MO. American Society of Mining and Reclamation (ASMR), 3134 MontavestaRoad, Lexington, KY 40502.

The International Network for Acid Prevention. (2014): Global Acid Rock Drainage Guide (Prediction, Prevention, Management). Canada.

Weber, P A., Thomas, J E., Skinner, W M., Smart, R StC. (2005). A Methodology to Determine the Acid Neutralization Capacity of Rock Samples. The Canadian Mineralogist Vol. 43, pp. 1183-1192.

## Pengaruh Porositas Terhadap Kuat Tekan Uniaksial Pada Batuan Sedimen (Effect of Porosity on Uniaxial Compressive Strength in Sedimentary Rocks)

Andesta Granitio Irwan<sup>1\*</sup>, Danu Mirza Rezky<sup>2</sup>, Rety Winonazada<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup>Magister Teknik Pertambangan, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta

\*Korespondensi E-mail: [anddesta.granitio@gmail.com](mailto:anddesta.granitio@gmail.com)

### Abstrak

Parameter kekuatan batuan merupakan faktor penting yang digunakan dalam penentuan desain geoteknik dalam menentukan kestabilan lereng atau tambang bawah tanah. Salah satu pengujian kekuatan batuan di laboratorium (*intact rock*) yaitu uji kuat tekan uniaksial (*Uniaxial Compressive Strength*). Faktor yang mempengaruhi kekuatan batuan salah satunya yaitu porositas batuan itu sendiri khususnya pada batuan sedimen. Pengujian porositas batuan dilakukan dengan pengujian sifat fisik batuan yang kemudian dilakukan analisis regresi untuk mendapatkan korelasi pengaruh porositas terhadap kekuatan batuan serta korelasi antara porositas dan absorpsi dipertimbangkan dalam analisis. Hasil regresi linier yang didapat antara porositas dan kadar air jenuh batuan menunjukkan korelasi positif dimana semakin meningkat porositas maka kadar air jenuh juga meningkat. Korelasi antara porositas dan kuat tekan uniaksial didapat korelasi yang kuat dengan model regresi power sebagai model terbaik dibandingkan model regresi lainnya karena memiliki galat terendah berdasarkan *Root Mean Square Error (RMSE)*. Hasil akhir yang didapat dengan membandingkan pengaruh porositas terhadap kekuatan batuan diperoleh peningkatan porositas batuan akan menyebabkan menurunnya kekuatan batuan.

**Kata kunci:** Porositas, sedimen, kuat tekan uniaksial, absorpsi, regresi

### Abstract

*The rock strength parameter is an important factor used in determining the geotechnical design in determining the stability of the underground slope or mine. One of the rock strength tests in the laboratory (intact rock) is the uniaxial compressive strength test. One of the factors that influence rock strength is the porosity of the rock itself, especially in sedimentary rocks. The rock porosity test is carried out by testing the physical properties of the rock, then a regression analysis is carried out to obtain the correlation of the effect of porosity on rock strength and the correlation between porosity and absorption considered in the analysis. The linear regression results obtained between porosity and saturated water content of rocks showed a positive correlation where the increase in porosity, the saturated water content also increased. The correlation between porosity and uniaxial compressive strength obtained a strong correlation with the power regression model as the best model compared to other regression models because it has the lowest error based on the Root Mean Square Error (RMSE). The final result obtained by comparing the effect of porosity on the strength of the rock, it is found that an increase in rock porosity will cause a decrease in rock strength.*

**Keywords:** Porosity, sediment, uniaxial compressive strength, absorption, regression

## 1. Pendahuluan

Kuat tekan uniaksial umumnya digunakan untuk mendapatkan indeks propertis dari batuan (Li & Aubertin, 2003) dan merupakan metode yang reliabel dalam menentukan kekuatan batuan (Liang et al., 2015). Kuat tekan uniaksial sangat umum digunakan untuk mengetahui kuat tekan dari batuan. Pengujian ini secara luas digunakan pada bidang sipil dan pertambangan sebagai parameter masukan desain teknik (Aladejare., 2020). Ada beberapa cara dalam penentuan kuat tekan uniaksial dengan standar yang ditetapkan oleh *International Society for Rock Mechanics (ISRM)* dan *American Society for Testing and Materials (ASTM)* (Jamshidi et.al., 2018) dimana pengujian dapat dilakukan secara langsung (*direct test*) pada laboratorium atau

secara tidak langsung menggunakan Point Load Indeks dan persamaan empiris lainnya (Alitalesh et.al., 2015).

Kekuatan batuan batuan sedimen secara umum lebih kecil dibandingkan dengan batuan beku dan metamorf, hal ini diakibatkan oleh adanya karakteristik alamiah batuan sedimen yang memiliki porositas dalam pembentukannya. Porositas merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi kekuatan batuan dimana peningkatan porositas akan menyebabkan peningkatan regangan pada batuan sehingga akan menyebabkan keruntuhan (*failure*) (Heidari et al., 2014) dimana pengaruh adanya porositas pada batuan sedimen berdampak pada kadar jenuh air (absorpsi) pada batuan dimana penurunan kekuatan batuan dapat terjadi karena

adanya peningkatan absorpsi pada batuan (Ünal dan Altunok., 2019).

Penelitian ini ditujukan untuk menganalisis pengaruh porositas terhadap nilai kuat tekan batuan sedimen serta hubungan antara porositas dan kandungan air jenuh pada batuan saling bergantung satu sama lain dan absorpsi merupakan faktor yang dapat menurunkan kekuatan dari batuan (Cai et al., 2019).

**2. Metode**

Metode penelitian dilakukan dengan pengujian laboratorium untuk empat sampel batuan sedimen. Pedoman *International Society for Rock Mechanics (ISRM)* digunakan untuk pengujian kuat tekan uniaksial (UCS) dan uji sifat fisik. Sampel yang digunakan merupakan batuan sedimen dengan pengambilan sampel acak dari lokasi berbeda di Belitung Timur dan Gunung Kidul dengan bentuk bongkah yang kemudian disesuaikan ukurannya dengan pemotongan menjadi dua sampel dengan dengan bentuk balok. Ukuran yang direkomendasikan untuk sampel uji yaitu ± tinggi = 2 x diameter (untuk bentuk balok diameter = panjang x lebar).

Sampel batuan sedimen yang digunakan berjumlah 4 sampel dengan dimensi yang berbeda tetapi masih mengikuti rekomendasi ISRM. Sampel yang digunakan pada pengujian dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Sampel pengujian laboratorium

No	Nama Batuan	Diameter (mm)	Tinggi (mm)
1	Gamping	56,40	100,50
2	Gamping	53,00	105,90
3	Gamping	52,30	105,90
4	Breksi	53,40	104,90

Uji sifat fisik batuan ditujukan untuk mengetahui parameter fisik masing-masing batuan seperti porositas batuan dan derajat kejenuhan. Pada pengujiannya, sampel ditimbang untuk mendapatkan berat asli, kemudian dikeringkan selama 24 jam dalam oven dengan suhu sekitar 90° C dan ditimbang untuk mendapatkan berat kering sampel dan kemudian sampel direndam pada air selama 24 jam dan ditimbang untuk mendapatkan berat jenuh. Hasil penimbangan pada sampel digunakan untuk mencari parameter sifat fisik seperti porositas (n) dan kadar air jenuh (absorpsi) dengan persamaan (1) dan (2).

$$n = \frac{(W_w - W_o)}{(W_w - W_s)} \times 100 \tag{1}$$

$$\text{absorpsi} = \frac{(W_w - W_o)}{(W_o)} \times 100 \% \tag{2}$$

dimana  $W_n$ ,  $W_o$ ,  $W_w$ , dan  $W_s$  merupakan berat sampel asli, berat sampel kering, berat sampel jenuh, dan berat sampel jenuh dalam air berturut-turut.

RMSE (*Root Mean Square Error*) digunakan untuk membandingkan kesalahan dari suatu model regresi yang digunakan (Chae & Draxer., 2004) dan digunakan untuk kontrol performa dari suatu model regresi (Minaeian and Ahangari., 2017). Persamaan yang digunakan dalam perhitungan RMSE (*Root Mean Square Error*) dapat menggunakan persamaan (3).

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2} \tag{3}$$

dengan  $y_i$  dan  $\hat{y}_i$  merupakan nilai yang diketahui dan nilai prediksi dari variabel yang digunakan.

Pengujian Kuat Tekan Uniaksial (UCS) dilakukan pada masing-masing sampel yang sudah dipreparasi dengan meletakkan sampel pada bagian tengah alat dan sampel diapit dengan dua plat yang kemudian menekan sampel secara vertikal hingga batuan pecah. Pada pengujiannya, regangan tiap sampel diamati ketika menerima penambahan beban sehingga hasil dari pengujian ini didapatkan parameter nilai kuat tekan uniaksial (MPa), modulus elastisitas (MPa), dan nisbah poisson. Pengujian kuat tekan pada sampel dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Uji kuat tekan uniaksial

**3. Hasil dan Pembahasan**

Hasil penelitian meliputi pengujian laboratorium yang dianalisis menggunakan regresi untuk penentuan nilai galat dan

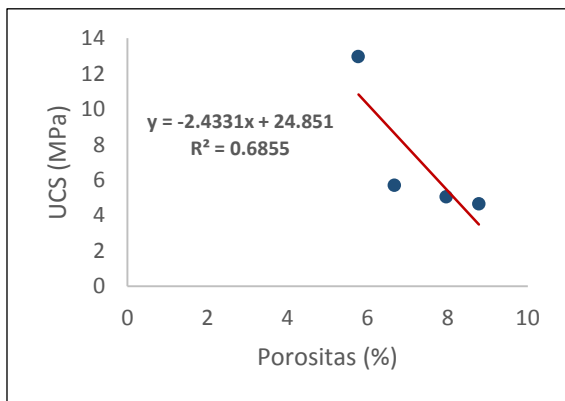
pembahasan hubungan kekuatan batuan dengan porositas dan absorpsi pada batuan.

Hasil pengujian laboratorium untuk mendapatkan nilai kuat tekan uniaksial (UCS), porositas, dan derajat kejenuhan (absorpsi) (Tabel 2) kemudian diolah dengan menggunakan regresi untuk mengetahui hubungan antar data (kuat tekan uniaksial & porositas). Analisis regresi yang digunakan didasarkan pada validasi dari kesalahan yang dihasilkan, salah satunya menggunakan RMSE (*Root Mean Square Error*).

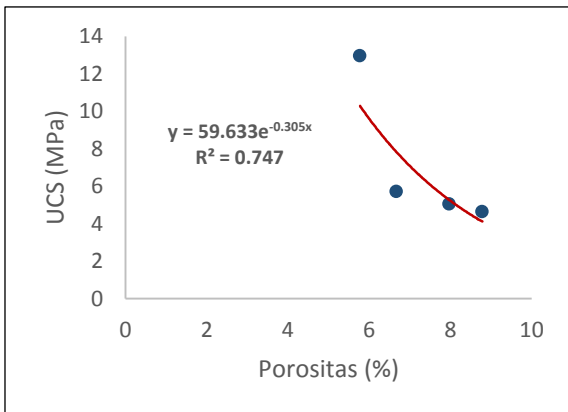
Tabel 2. Hasil pengujian laboratorium

Nama Batuan	UCS (MPa)	Porositas (%)	Absorpsi (%)
Gamping	12.96	5.77	2.33
Gamping	5.71	6.67	2.64
Gamping	5.06	7.97	3.21
Breksi	4.65	8.78	3.54

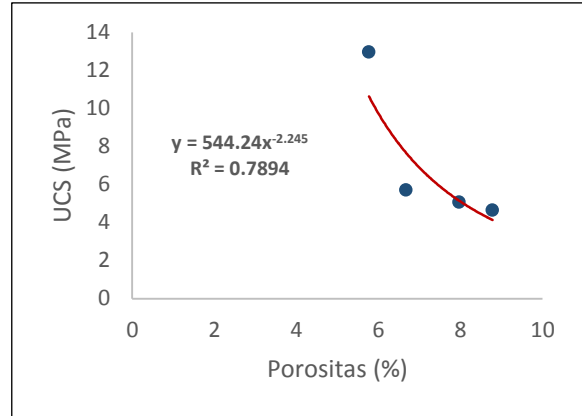
Kemudian model regresi yang dibandingkan pada penelitian yaitu eksponensial, linier, dan power (Gambar 2 – 4) dimana hubungan antara kuat tekan uniaksial dan porositas untuk ketiga model dibandingkan dengan RMSE sehingga didapatkan hasil koefisien determinasi ( $R^2$ ) (Tabel 3).



Gambar 2. Model regresi linier



Gambar 3. Model regresi eksponensial



Gambar 4. Model regresi power

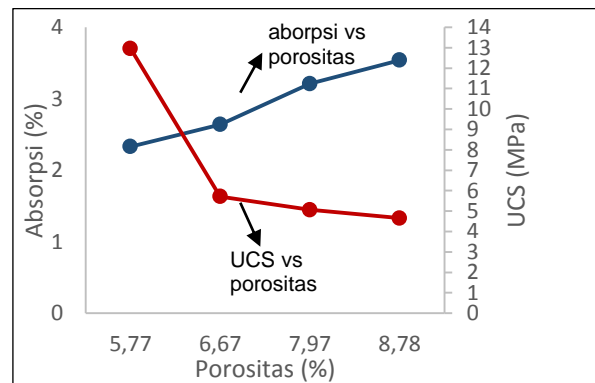
Kriteria penentuan model regresi yang digunakan yaitu dengan melihat koefisien determinasi ( $R^2$ ) yang paling mendekati 1 dan nilai RMSE paling kecil yang menandakan nilai galat yang kecil untuk model regresi pada data penelitian.

Tabel 3. Nilai RMSE tiap model regresi

Model Regresi	$R^2$	RMSE
Linier	0,6855	1,9107
Eksponensial	0,7470	1,7309
Power	0,7894	1,5446

Hasil Nilai RMSE tiap model regresi pada Tabel 3 menunjukkan bahwa model regresi power merupakan model terbaik yang digunakan untuk data penelitian dengan nilai  $R^2$  dan RMSE yang paling baik.

Hubungan antar kekuatan batuan dan porositas menunjukkan hubungan yang berkebalikan dalam artian semakin tinggi kekuatan batuan maka nilai porositas batuan semakin kecil yang ditunjukkan pada Gambar 5.



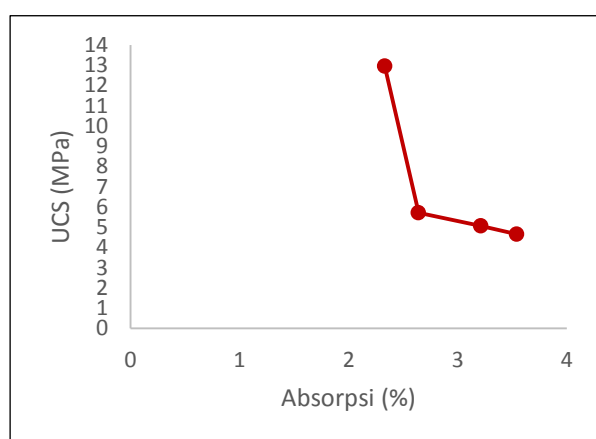
Gambar 5. Hubungan porositas pada UCS dan absorpsi batuan

Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh porositas untuk kekuatan batuan sangat penting, adanya porositas berhubungan dengan adanya rongga pada batuan dimana semakin banyak

rongga pada batuan maka batuan akan semakin banyak memiliki bidang lemah.

Banyaknya rongga pada batuan berhubungan dengan kemampuan batuan dalam menyerap air. Batuan dengan rongga (biasanya terbentuk dari butiran penyusun batuan) akan mudah dalam menyerap air sehingga kadar air dengan porositas akan cenderung memiliki hubungan yang sama, yaitu semakin tinggi porositas maka kandungan air juga ikut meningkat (Gambar 5).

Dengan meningkatnya porositas maka terjadi peningkatan kadar jenuh air (absorpsi) pada batuan sehingga kekuatan batuan akan menurun (Gambar 5) dimana hubungan UCS dan absorpsi menunjukkan penurunan nilai kuat tekan ketika adanya peningkatan nilai absorpsi pada batuan, hal ini sama seperti hasil penelitian yang ditunjukkan oleh (Wang et al., 2017).



Gambar 6. Hubungan UCS dan absorpsi

#### 4. Kesimpulan

Nilai kekuatan batuan pada batuan sedimen mengalami penurunan ketika adanya peningkatan nilai porositas dan absorpsi pada batuan karena porositas akan menghasilkan rongga sebagai bidang lemah dan akan meningkatkan penyerapan air yang merupakan salah satu faktor penyebab penurunan kekuatan batuan. Disamping itu juga parameter sifat fisik dan mekanik mempengaruhi kekuatan batuan yang harus diperhatikan lebih detail dalam perancangan suatu desain geoteknik.

#### Ucapan Terimakasih

Terimakasih kepada teman-teman MTA angkatan 32 UPN "Veteran" Yogyakarta atas bantuan dalam pengambilan sampel lapangan dan Ka. Laboratorium Asia Rock Test atas bantuan pengujian sampel yang digunakan.

#### Daftar Pustaka

Aladejare, A. E., 2020. Evaluation of empirical estimation of uniaxial compressive strength of rock using measurements from index and

physical tests. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*. Elsevier Ltd, 12(2), pp. 256–268.

Alitalesh, M., Mollaali, M. and Yazdani, M., 2015. Correlation between uniaxial strength and point load index of rocks. *15th Asian Regional Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, ARC 2015: New Innovations and Sustainability*, pp. 504–507.

Cai, X., Zhou, Z., Liu, K., Du, X., Zang, H., 2019. Water-weakening effects on the mechanical behavior of different rock types: Phenomena and mechanisms. *Applied Sciences (Switzerland)*, 9(20), pp. 14–28.

Chae, T., Draxler, R.R., 2014. Root mean square error (RMSE) or mean absolute error (MAE)? – Arguments against avoiding RMSE in the literature. *Geosci. Model Dev*, 7, pp. 1247–1250, 2014.

Heidari, M., Khanlari, G.R., Torabi-Kaveh, M., Kargarian, S., Saneie, S., 2014. Effect of porosity on rock brittleness. *Rock Mechanics and Rock Engineering*, 47(2), pp. 785–790.

Jamshidi, A., Zamanian, H. and Zarei Sahamieh, R., 2018. The Effect of Density and Porosity on the Correlation Between Uniaxial Compressive Strength and P-wave Velocity. *Rock Mechanics and Rock Engineering*. Springer Vienna, 51(4), pp. 1279–1286.

Li, L. and Aubertin, M., 2003. A general relationship between porosity and uniaxial strength of engineering materials. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 30(4), pp. 644–658.

Liang, M., Mohamad, E.T., Khun, M.C., Alel, M.N.A., 2015. Estimating uniaxial compressive strength of tropically weathered sedimentary rock using indirect tests. *Jurnal Teknologi*, 72(3), pp. 49–58.

Minaeian, B. and Ahangari, K., 2017. Prediction of the uniaxial compressive strength and Brazilian tensile strength of weak conglomerate. *International Journal of Geo-Engineering*. Springer Singapore, 8(1).

Ünal, M. and Altunok, E., 2019. Determination of Water Absorption Properties of Natural Building Stones and Their Relation To Porosity. *E-journal of New World Sciences Academy*, 14(1), pp. 39–45.

Wang, M., Cao, P., Li, R., Fan, X., 2017. Effect of water absorption ratio on tensile strength of red sandstone and morphological analysis of fracture surfaces. *Journal of Central South University*, 24(7), pp. 1647–1653.

## Ekstraksi Kitosan dari Limbah Cangkang Udang sebagai Adsorben Ion Logam Cu pada Air Pasca Tambang Timah

### *(Extraction of Chitosan from Shrimp Shells Waste as Cu Metal Ions Adsorbent in Post Tin Mining's Water)*

Herman Aldila<sup>1\*</sup>, Desy Yuliana Dalimunthe<sup>2</sup>, dan Atin Nuryadin<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Fisika, Universitas Bangka Belitung

<sup>2</sup>Jurusan Matematika, Universitas Bangka Belitung

<sup>3</sup>Jurusan Pendidikan Fisika, Universitas Mulawarman

\* Korespondensi E-mail: [hermanaldilaubb@gmail.com](mailto:hermanaldilaubb@gmail.com)

#### Abstrak

Pengaruh konsentrasi NaOH pada proses deasetilasi kitin terhadap mekanisme adsorpsi logam tembaga oleh kitosan pada air bekas lahan galian tambang timah Pulau Bangka telah berhasil dianalisis. Ekstraksi kitosan dilakukan melalui empat tahap yaitu deproteinisasi, demineralisasi, dekolorisasi dan deasetilasi menggunakan bahan baku limbah industri udang ebi. Peningkatan konsentrasi NaOH pada proses deasetilasi kitin mengakibatkan nilai derajat deasetilasi kitosan meningkat. Peningkatan nilai derajat deasetilasi kitosan mengindikasikan bahwa jumlah gugus amina dan gugus hidroksil pada struktur molekul kitosan meningkat sehingga menyebabkan peningkatan daya adsorpsi kitosan. Hal ini terkonfirmasi oleh spektrum FTIR, dimana terjadi pembentukan pola serapan pada daerah 1655 dan 3450  $\text{cm}^{-1}$  dan menurunnya intensitas serapan pada daerah 3260 dan 3107  $\text{cm}^{-1}$ . Data *Atomic Absorption Spectroscopy* menunjukkan bahwa kadar logam tembaga terlarut dalam air sampel sebesar 0,32 ppm dan setelah direaksikan dengan kitosan menurun secara signifikan berkisar antara 0,035 hingga 0,009 ppm. Mekanisme adsorpsi kitosan pada logam tembaga terlarut dideskripsikan melalui reaksi pembentukan kelat dan reaksi asam-basa Lewis. Kitosan hasil ekstraksi mampu menurunkan kadar logam tembaga terlarut dalam air sampel hingga mencapai 97,19%.

**Kata kunci:** Kitosan, adsorben, ion logam Cu, air pasca tambang timah.

#### Abstract

*The effect of NaOH concentration on chitin deacetylation and the adsorption mechanism of copper metal ions by chitosan in post tin mining water from Bangka Island has been successfully analyzed. Extraction of chitosan followed in four steps: deproteinization, demineralization, decolorization, and deacetylation using dried shrimp industry waste as raw materials. The increase of NaOH concentration in the deacetylation process causes the chitosan deacetylation degree (DD) increases. The increment of chitosan DD indicates that the amine groups and hydroxyl groups of chitosan increases. This is confirmed by FTIR spectrum, where the formation of absorption band at 1655 and 3450  $\text{cm}^{-1}$  and reduction of the band at 3260 and 3107  $\text{cm}^{-1}$ . The Atomic Absorption Spectroscopy data showed that the dissolved copper metal content in the water was 0.32 ppm and after treatment, it decreased significantly from 0.035 to 0.009 ppm. The adsorption mechanism of chitosan on copper metal ions is described through the chelating reaction and Lewis acid-base reactions. The extracted chitosan has been successfully reduced copper metal content in the water and the highest reached 97.19%.*

**Keywords:** Chitosan, adsorbent, Cu metal ions, post tin mining water.

#### 1. Pendahuluan

Pemberdayaan lahan bekas galian tambang timah merupakan salah satu upaya pemanfaatan lahan pasca era tambang timah darat yang sering dijumpai di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung sebagai kawasan penghasil timah terbesar di Indonesia. Bentuk upaya pemanfaatan tersebut diantaranya sebagai tempat penampungan air baik air tanah maupun air hujan (Meyzilia, 2018), tempat budidaya ikan dan udang air tawar (Triswiyana, 2019), tempat destinasi pariwisata (Dalimunthe, 2020) hingga

kegiatan reklamasi untuk kawasan konservasi dan mencegah penambangan timah ilegal (Sari, 2015). Pemanfaatan lahan bekas galian tambang timah yang sering ditemukan di kawasan Kepulauan Bangka Belitung adalah sebagai tempat penampungan air (Dalimunthe, 2017). Hal ini disebabkan karena kondisi lahan bekas galian yang relatif dalam, diameternya lebar dan dalam jumlah banyak saling terintegrasi dengan kawasan aliran air sungai yang tidak memungkinkan dilakukannya kegiatan reklamasi. Pada musim kemarau, lahan bekas galian yang

terisolir dari kawasan aliran sungai dapat dimanfaatkan sebagai cadangan sumber air yang potensial.

Air yang berasal dari lahan bekas galian tambang timah umumnya masih mengandung logam berat seperti timbal (Pb), seng (Zn) dan tembaga (Cu) yang keberadaannya relatif cukup tinggi (Wahyuni, 2013). Kandungan logam berat ini juga menyebabkan biota air alami maupun budidaya seperti ikan dan udang yang umumnya ditemukan pada wilayah tersebut mengandung logam berat yang telah terakumulasi melalui proses biomagnifikasi sehingga berbahaya untuk dikonsumsi (Prasetyono, 2015a).

Tembaga (Cu) merupakan logam berat esensial yang dalam konsentrasi tinggi dapat menyebabkan kematian dan pada konsentrasi sub letal dapat menyebabkan pusing, mual, keram perut dan dampak kronis hingga gangguan ginjal dan liver (Sari, 2017). Secara alami kandungan tembaga pada lahan bekas galian tambang timah akan menurun seiring waktu melalui proses *self-purification*. Akan tetapi proses ini membutuhkan waktu hingga puluhan tahun dan meningkatkan potensi biomagnifikasi pada biota air (Prasetyono, 2015b). Hal ini menunjukkan bahwa perlu dilakukan upaya remediasi air pada lahan bekas galian tambang timah untuk dapat menurunkan kandungan logam tembaga terlarut.

Beberapa penelitian yang telah dilakukan untuk menurunkan kadar tembaga terlarut diantaranya dengan menggunakan metode adsorpsi berbasis karbon aktif (Shahraki, 2021); *clay* (Li, 2020); *biochar* (Zhang, 2020); silika (Fang, 2020); kitosan (Sutirman, 2020); nanobentonit termodifikasi nanoselulosa/kitosan (Shahnaz, 2020), *physisorption* (Purwiyanto, 2020), biokoagulasi (Tiandho, 2018), elektrokoagulasi (Kim, 2020), dan sebagainya. Metode adsorpsi merupakan metode yang paling banyak digunakan untuk menurunkan kadar tembaga terlarut dengan memanfaatkan material adsorban yang dapat mengikat logam tembaga terlarut melalui mekanisme pengikatan kation tembaga dengan anion adsorban sehingga kadar tembaga akan menurun.

Kitosan salah satu material adsorban yang telah dikembangkan dan paling banyak dimodifikasi karena memiliki beberapa keunggulan diantaranya ramah lingkungan (tidak meninggalkan emisi polutan), sumbernya berlimpah (umumnya dari cangkang *crustacea*) dan tidak bersifat racun. Keberadaan gugus hidroksil dan amino sepanjang rantai struktur polisakarida kitosan menyebabkan material ini sangat efektif dalam mengadsorpsi kation logam berat (Agustina, 2013). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektifitas penggunaan kitosan hasil ekstraksi dari limbah industri udang

ebi berupa cangkang udang krosok dari spesies *Penaeus semisulcatus* sebagai adsorben logam tembaga pada air di lahan bekas galian tambang timah Pulau Bangka.

## 2. Metode

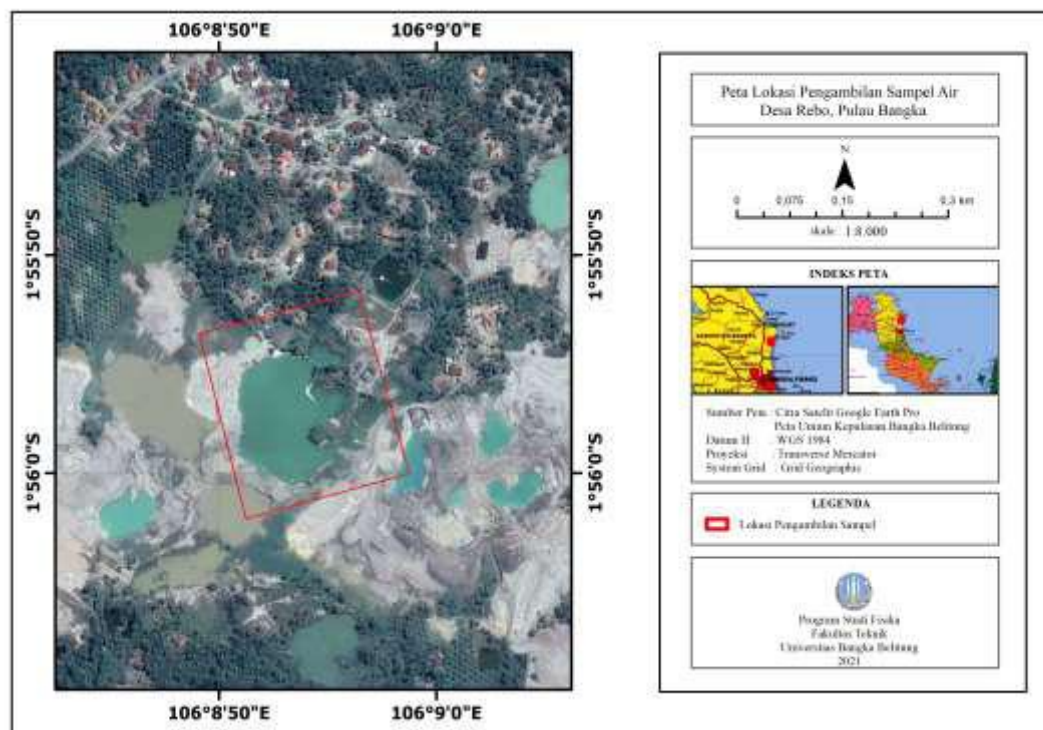
Sintesis diawali dengan melakukan preparasi cangkang udang ebi dengan mencuci limbah udang ebi dengan air panas (kisaran suhu 98°C) hingga bersih lalu dibilas dengan air destilasi kemudian dikeringkan. Cangkang udang kering dihaluskan lalu diayak menggunakan saringan ukuran 100 mesh. Serbuk cangkang udang kemudian direaksikan dengan larutan NaOH 2 M pada suhu 30°C dengan perbandingan 1:6 (b/v) sambil diaduk selama satu jam. Setelah dipisahkan dari larutannya, endapan serbuk udang dicuci dengan air destilasi hingga mencapai pH 7 kemudian dikeringkan. Selanjutnya serbuk direaksikan kembali dengan larutan HCl 1,5 M pada perbandingan 1:12 (b/v) sambil diaduk selama 1 jam pada suhu kamar. Setelah disaring, endapan dicuci dengan air destilasi hingga pH 7 kemudian dikeringkan sehingga diperoleh kitin kering. Kitin yang diperoleh direaksikan dengan NaClO 5% dengan rasio 1:10 (b/v) pada suhu ruang selama 30 menit untuk menghilangkan pigmen *astaxanthin* agar warna kitin menjadi lebih putih. Kitin kemudian direaksikan dengan larutan NaOH menggunakan variasi konsentrasi NaOH: 20%, 40% dan 60% pada rasio 1:20 (b/v) sambil diaduk selama satu jam pada suhu ruang. Endapan dari masing-masing variasi kemudian dipisahkan dengan larutan filtrat lalu dicuci dengan menggunakan air destilasi hingga mencapai pH 7 kemudian dikeringkan sehingga diperoleh kitosan kering. Untuk uji efektifitas adsorpsi kitosan pada logam tembaga yang terlarut pada air bekas galian tambang timah digunakan perbandingan kitosan dengan air sebesar 1:100 (b/v) sambil diaduk lalu selama 30 menit pada suhu ruang. Setelah itu untuk memisahkan kitosan dengan larutan dilakukan proses penyaringan menggunakan kertas saring. Larutan hasil proses penyaringan kemudian dilakukan uji *Atomic Absorption Spectroscopy* untuk mengidentifikasi kadar logam tembaga terlarut sebelum dan sesudah perlakuan.

## 3. Hasil dan Pembahasan

Air yang digunakan sebagai sampel pada penelitian ini diambil dari wilayah Desa Rebo, Pulau Bangka. Peta lokasi yang ditunjukkan melalui citra satelit Google Earth Pro menunjukkan bahwa disekitar lokasi pengambilan sampel terdapat gundukan-gundukan pasir dan tanah serta lubang-lubang bekas galian yang terlihat jarang ditumbuhi oleh tanaman seperti yang disajikan dalam Gambar 1.

Hal ini mengindikasikan lokasi pengambilan sampel merupakan lokasi galian bekas tambang timah yang relatif baru yang memungkinkan masih terdapat aktivitas penambangan timah

maupun mineral lainnya. Lokasi pengambilan air pada bekas galian tambang timah ditunjukkan oleh petak berwarna merah.



Gambar 1. Peta lokasi pengambilan sampel air

Kandungan logam berat sampel air dianalisis menggunakan instrumen *Atomic Absorption Spectroscopy* model ICE 3000 dengan batas deteksi hingga 0,0001 ppm pada panjang gelombang 248 nm disajikan dalam Tabel 1. Berdasarkan analisa kandungan logam berat yang disajikan dapat diamati bahwa kandungan logam besi dan timbal memiliki kadar yang relatif tinggi dari syarat minimal yang ditetapkan oleh standar baku mutu air pada Peraturan Menteri

Kesehatan Republik Indonesia No. 32 Tahun 2017 dan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82 Tahun 2001. Untuk kandungan logam besi dan timbal terlarut masing-masing enam (6) dan tujuh (7) kali lipat dari standar baku yang ditetapkan sedangkan kandungan logam tembaga terlarut memiliki nilai paling besar 0,32 ppm setara 16 kali lipat dari standar baku mutu yang ditetapkan.

Tabel 1. Kandungan logam berat pada sampel air

Logam Berat Terlarut	Kadar (ppm)	Standar Baku Mutu (ppm)
Fe (Besi)	6,10	1,00
Zn (Seng)	1,20	15
Pb (Timbal)	0,36	0,05
Cu (Tembaga)	0,32	0,02

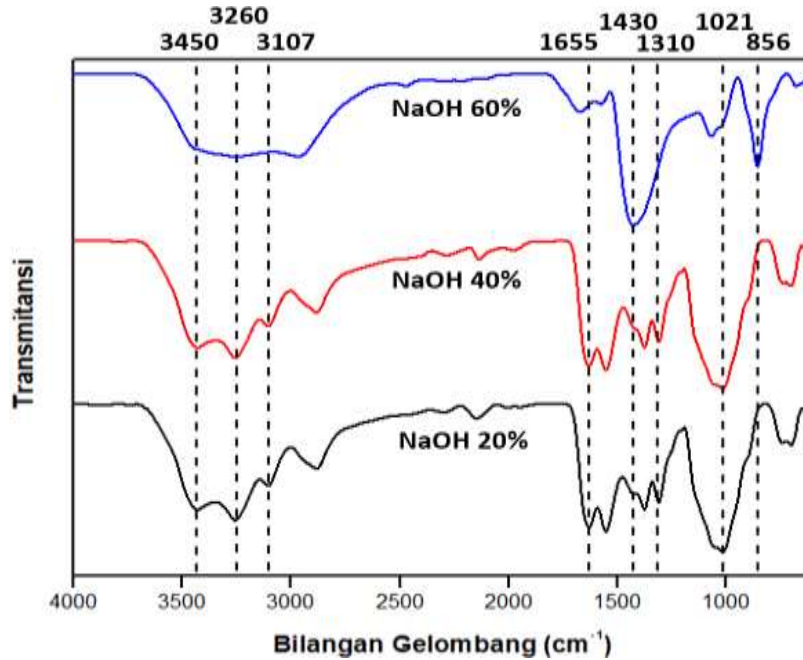
Keterangan: ppm (*part per million*)

Berdasarkan hasil analisis gugus fungsi kitosan menggunakan instrumen FTIR tipe Thermo Fisher Scientific model Nicolet 8700 pada rentang sidik jari 600  $\text{cm}^{-1}$  hingga 4000  $\text{cm}^{-1}$  yang disajikan pada Gambar 2, diketahui bahwa adanya serapan khas untuk kitosan yang terdapat pada bilangan gelombang 3450  $\text{cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya vibrasi perenggangan

gugus OH. Menurunnya intensitas serapan pada daerah 3260  $\text{cm}^{-1}$  dan 3107  $\text{cm}^{-1}$  mengindikasikan perenggangan gugus N-H setelah proses deasetilasi (Rashid, 2012). Perenggangan gugus C=O pada pita amida dan vibrasi ikatan gugus CO-NH pada daerah 1655  $\text{cm}^{-1}$  dan 1310  $\text{cm}^{-1}$  mengindikasikan proses deasetilasi pada kitin (Kumari, 2015). Pada konsentrasi NaOH 60%

daerah ini lebih rendah relatif dengan yang lain mengindikasikan bahwa semakin banyak kitin yang terdeasetilasi selama proses reaksi dan menyebabkan nilai derajat deasetilasi akan semakin meningkat (Aldila, 2020). Hal ini juga ditandai dengan terbentuknya daerah serapan pada 1430 cm<sup>-1</sup> yang mengindikasikan vibrasi

renggangan dari gugus C-H yang merupakan deformasi dari alkana (Dompeipen, 2017). Sedangkan pada daerah 1021 cm<sup>-1</sup> dan 856 cm<sup>-1</sup> menunjukkan terjadinya vibrasi perenggangan pada pita glikosidik dari struktur polisakarida kitosan (Sivakami, 2013).



Gambar 2. Spektrum FTIR kitosan pada berbagai variasi konsentrasi NaOH

Penentuan nilai derajat deasetilasi kitosan ditentukan dengan menggunakan metode base

line berdasarkan spektrum FTIR (Aldila, 2020), dengan persamaan:

$$DD = \left( 100 - \left( \frac{A_{1655}}{A_{3450}} \times \frac{100}{1,33} \right) \right) \% \quad (1)$$

Dimana, A<sub>1655</sub> menunjukkan serapan oleh gugus amina, A<sub>3450</sub> menunjukkan serapan oleh gugus hidroksil, dan faktor 1,33 menunjukkan nilai rasio A<sub>1655</sub> / A<sub>3450</sub> untuk deasetilasi kitin

sempurna. Nilai derajat deasetilasi pada masing-masing variasi konsentrasi disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Derajat deasetilasi kitosan pada berbagai variasi konsentrasi NaOH

Konsentrasi NaOH (%)	Derajat Deasetilasi (%)
20	65.72
40	67.44
60	88.98

Peningkatan konsentrasi larutan NaOH menyebabkan peningkatan nilai derajat deasetilasi kitosan. Kitin secara alami memiliki struktur kompak (padat dan rapat) yang dapat membentuk penghalang sterik (*steric hindrance*) sehingga menghambat proses deasetilasi (Aldila, 2020). Peningkatan konsentrasi NaOH pada proses reaksi menyebabkan terjadinya

peningkatan laju difusi OH<sup>-</sup> pada permukaan hingga mampu menembus penghalang sterik sampai ke dalam partikel kitin. Oleh karena itu dengan peningkatan konsentrasi NaOH dapat menyebabkan jumlah kitin yang terdeasetilasi akan semakin banyak dan meningkatkan jumlah kitosan pada sampel yang dapat diketahui dari peningkatan nilai derajat deasetilasi.

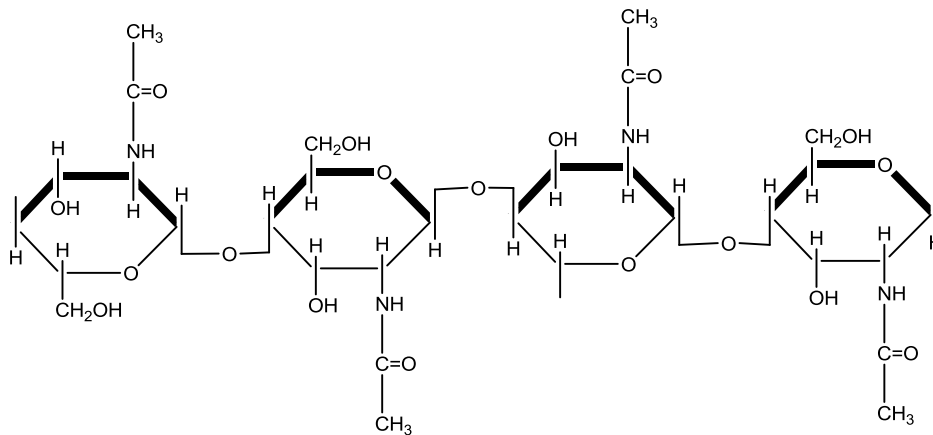
Tabel 3. Kadar logam tembaga (Cu) terlarut

Sampel	Logam Cu Terlarut (ppm)	
	Sebelum	Sesudah
NaOH 20%		0,035
NaOH 40%	0,32	0,023
NaOH 60%		0,009

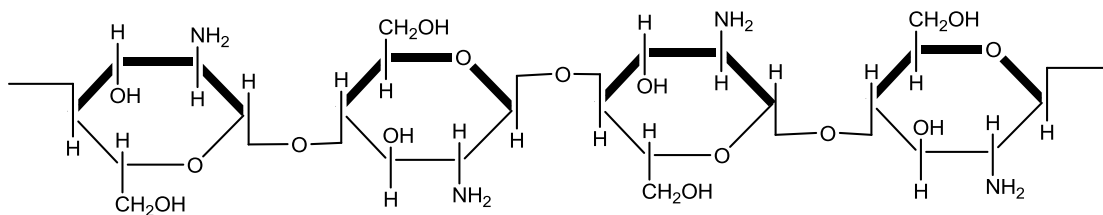
Keterangan: ppm (*part per million*)

Kadar logam tembaga terlarut pada sampel air yang telah direaksikan dengan kitosan disajikan pada Tabel 3. Secara umum kadar logam berat terlarut pada air sampel mengalami penurunan yang sangat signifikan. Penurunan kadar tembaga terlarut meningkat seiring dengan kenaikan konsentrasi NaOH. Hal ini dikarenakan kenaikan konsentrasi NaOH pada tahap

deasetilasi menyebabkan nilai derajat deasetilasi kitosan meningkat. Semakin besar nilai derajat deasetilasi kitosan mengindikasikan semakin banyak gugus asetil pada kitin yang terdeasetilasi sehingga meningkatkan gugus amina dan gugus hidroksil pada struktur molekul kitosan (Gambar 3 dan Gambar 4).



Gambar 3. Struktur molekul kitin



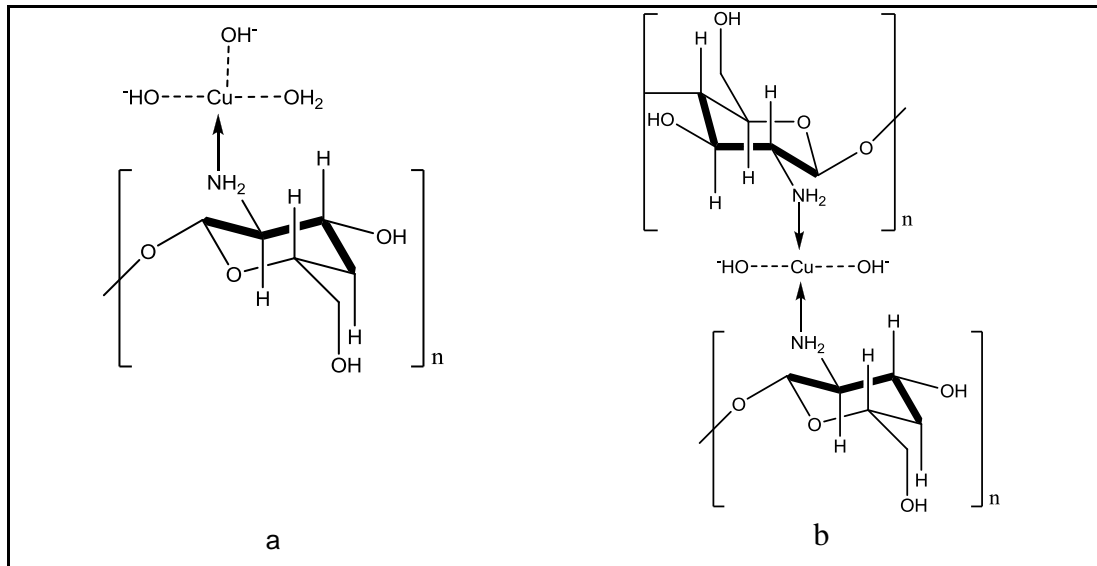
Gambar 4. Struktur molekul kitosan

Daya adsorpsi kitosan terhadap logam tembaga terlarut ditentukan oleh jumlah gugus amina dan hidroksil pada struktur kitosan. Keberadaan kedua gugus tersebut membuat kitosan mempunyai reaktivitas yang tinggi sehingga bersifat sebagai kation polielektrolit (Aldila, 2020). Salah satu model yang menjelaskan mengenai mekanisme interaksi adsorpsi kitosan dengan logam tembaga terlarut adalah model pembentukan kelat (Benavente, 2008). Model mekanisme ini mendeskripsikan interaksi gugus amina dan gugus hidroksil pada kitosan dengan logam tembaga terlarut merupakan sebuah reaksi pembentukan kompleks kelat dimana kedua gugus tersebut berperan sebagai ligan dan logam tembaga terlarut sebagai ion pusat (Gambar 5.a).

Berdasarkan deret kekuatan ligan dalam spektrokimia, gugus hidroksil yang terletak disebelah kiri gugus amina menyebabkan gugus amina lebih kuat dalam mengadsorpsi dibandingkan gugus hidroksil. Model lain yang digunakan untuk menjelaskan mekanisme adsorpsi kitosan pada logam tembaga terlarut adalah model asam-basa Lewis (Agustina, 2013). Model ini didasarkan pada jumlah pasangan elektron bebas pada oksigen dan nitrogen yang melimpah setelah proses deasetilasi didalam struktur molekul kitosan yang menyebabkan kitosan dapat berperan sebagai pendonor elektron bebas (basa Lewis) dan logam tembaga terlarut sebagai reseptor pasangan elektron bebas (asam Lewis).

Kadar logam tembaga terlarut pada air sampel setelah direaksikan dengan kitosan berkisar antara 0,009 ppm hingga 0,035 ppm dan telah memenuhi standar baku mutu air menurut

Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 32 Tahun 2017 dan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82 Tahun 2001 yaitu dibawah 0,02 ppm.



Gambar 5. Model mekanisme reaksi adsorpsi logam tembaga oleh kitosan: (a) reaksi pembentukan kelat, dan (b) reaksi asam-basa Lewis

#### 4. Kesimpulan

Ekstraksi kitosan dari limbah industri udang ebi telah berhasil dilakukan. Peningkatan konsentrasi NaOH pada tahap deasetilasi kitin menyebabkan nilai derajat deasetilasi kitosan meningkat. Jumlah gugus amina dan gugus hidroksil meningkat seiring dengan peningkatan nilai derajat deasetilasi kitosan yang menyebabkan daya adsorpsi kitosan terhadap logam tembaga terlarut pada air dari lahan bekas galian tambang timah meningkat. Mekanisme adsorpsi logam tembaga oleh kitosan dimodelkan melalui reaksi pembentukan kelat dan asam-basa Lewis. Persentase penurunan kadar logam tembaga oleh kitosan tertinggi tercapai sebesar 97,19%.

#### Ucapan Terimakasih

Dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada Universitas Bangka Belitung yang telah membiayai kegiatan penelitian ini melalui skema Penelitian Dosen Tingkat Universitas No.189.N/UN50.3.1/PP/2019 untuk Tahun Pelaksanaan 2019.

#### Daftar Pustaka

Agustina, S., Kurniasih, Y. 2013. Pembuatan Kitosan dari Cangkang Udang dan Aplikasinya sebagai Adsorben untuk Menurunkan Kadar Logam Cu. Prosiding Seminar Nasional FMIPA Undiksha III. Juli, 2013. Denpasar, Indonesia. 365-372.

Aldila, H., Asmar., Fabiani, V. A., Dalimunthe, D. Y., Irwanto, R. 2020. The Effect of Deproteinization Temperature and NaOH Concentration on Deacetylation Step in Optimizing Extraction of Chitosan from Shrimp Shells Waste. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 599(1), 1-6.

Benavente, M. 2008. Adsorption of Metallic Ions onto Chitosan: Equilibrium and Kinetic Studies. Thesis, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden, 55 pp.

Dalimunthe, D. Y., Sulistiana, I., Fahria, I. 2017. Analisis Ekonomi Sumber Daya Kawasan Konservasi Laut Marine Protected Area (MPA) melalui Pemberdayaan Masyarakat Pesisir dan Pengembangan Wisata Bahari. Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Bangka Belitung, 4(1), 25–31.

Dalimunthe, D. Y., Valeriani, D., Hartini, F., Wardhani, R, S. 2020. The Readiness of Supporting Infrastructure for Tourism Destination in Achieving Sustainable Tourism Development. Society, 8(1), 217–233.

Dompeipen, E. J. 2017. Isolasi dan Identifikasi Kitin dan Kitosan dari Kulit Udang Windu (*Penaeus monodon*) dengan Spektroskopi Inframerah. Majalah Biam, 13(1), 31–41.

Fang, P., Xia, W., Zhou, Y., Ai, Z., Yin, W., Xia, M., Yu, J., Chi, R., Yue, Q. 2020. Ion-Imprinted Mesoporous Silica/Magnetic Graphene Oxide Composites

- Functionalized with Schiff-Base for Selective Cu(II) Capture and Simultaneously being Transformed as a Robust Heterogeneous Catalyst. *Chemical Engineering Journal*, 385(1), 1-29.
- Kim, T., Kim, T. K., Zoh, K. D. 2020. Removal Mechanism of Heavy Metal (Cu, Ni, Zn, and Cr) in the Presence of Cyanide during Electrocoagulation using Fe and Al electrodes. *Journal of Water Process Engineering*, 33(1), 101-109.
- Kumari, S., Rath, P., Kumar, A. S. H., Tiwar, T.N. 2015. Extraction and Characterization of Chitin and Chitosan from Fishery Waste by Chemical Method. *Environmental Technology and Innovation*, 3(1), 77–85.
- Li, G., Zhang, J., Liu, J., Sun, C., Yan, Z. 2020. Adsorption Characteristics of White Pottery Clay towards Pb(II), Cu(II), and Cd(II). *Arabian Journal of Geosciences*, 13(1). 1-15.
- Mezilia, A. 2018. Pemanfaatan Air Kolong Bekas Tambang Timah sebagai Penambah Sumber Air Tanah menggunakan Lubang Kompos di Bangka Belitung. *Jurnal Pendidikan Ilmu Sosia*, 27(1), 22–30.
- Prasetyono, E. 2015a. Kemampuan Kompos dalam Menurunkan Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) pada Media Budidaya Ikan. *Jurnal Akuatika Indonesia*, 6(1), 21-29.
- Prasetyono, E. 2015b. Evaluasi Kegiatan Akuakultur di Kolong Pasca Tambang: Analisis Pencemaran Air Kolong. *Omniakuatika*, 11(2), 6-14.
- Purwiyanto, A. I. S., Suteja, Y., Trisno., Ningrum, P. S., Putri, W. A. E., Rozirwan., Agustriani, F., Fauziyah., Cordova, M. R., Koropitan, A. F. 2020. Concentration and Adsorption of Pb and Cu in Microplastics: Case Study in Aquatic Environment. *Marine Pollution Bulletin*, 158(1), 1-9.
- Rashid, T. U., Rahman, M. M., Kabir, S., Shamsuddin, S. M., Khan, M. A. 2012. A New Approach for the Preparation of Chitosan from  $\gamma$ -Irradiation of Prawn Shell: Effects of Radiation on the Characteristics of Chitosan. *Polymer International*, 61(8), 1302–1308.
- Sari, D. P., Buchori, I. 2015. Efektivitas Program Reklamasi Pasca Tambang Timah di Kecamatan Merawang Kabupaten Bangka. *Jurnal Pembangunan Wilayah & Kota*, 11(3), 299–312.
- Sari, S. H. J., Kirana, J. F. A., Guntur. 2017. Analisis Kandungan Logam Berat Hg dan Cu Terlarut di Perairan Pesisir Wonorejo, Pantai Timur Surabaya. *Jurnal Pendidikan Geografi*, 22(1), 1–9.
- Shahnaz, T., Sharma, V., Subbiah, S., Narayanasamy, S. 2020. Multivariate Optimisation of Cr (VI), Co (III) and Cu (II) Adsorption onto Nanobentonite Incorporated Nanocellulose/Chitosan Aerogel using Response Surface Methodology. *Journal of Water Process Engineering*. 36(1), 1-12.
- Shahraki, R. S., Benally, C., Din, M. G. E., Park, J. 2021. High Efficiency Removal of Heavy Metals using Tire-Derived Activated Carbon vs Commercial Activated Carbon: Insights into the Adsorption Mechanisms. *Chemosphere*, 264(1), 1-15.
- Sivakami, M. S., Gomathi, T., Venkatesan, J., Jeong, H. S., Kim, S. K., Sudha, P. N. 2013. Preparation and Characterization of Nano Chitosan for Treatment Wastewaters. *International Journal of Biological Macromolecules*. 57(1), 204–212.
- Sutirman, Z. A., Rahim, E. A., Sanagi, M. M., Karim, K. J. A., Ibrahim, W. A. W. 2020. New Efficient Chitosan Derivative for Cu(II) Ions Removal: Characterization and Adsorption Performance. *Biological Macromolecules*, 153(1), 513–522.
- Tiandho, Y., Aldila, H., Mustari., Megiyo., Afriani, F. 2018. Utilization of Wasted Cockle Shell as a Natural Coagulant and a Neutralizer of Polluted Water in Bangka Belitung Islands, Indonesia. *Journal of Physics: Conference Series*, 1013(1), 1-5.
- Triswiyana, I., Permatasari, A., Kurniawan, A. 2019. Pemanfaatan Kolong Timah untuk Akuakultur: Studi Kasus Kecamatan Muntok, Kabupaten Bangka Barat. *Samakia: Jurnal Ilmu Perikanan*, 10(2), 99–104.
- Wahyuni, H., Sasongko, S. B., Sasongko, D. P. 2013. Kandungan Logam Berat pada Air, Sedimen dan Plankton di Daerah Penambangan Masyarakat Desa Batu Belubang Kabupaten Bangka Tengah. *Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. Agustus, 2013. Semarang, Indonesia. 486–494.
- Zhang, G., Liu, N., Luo, Y., Zhang, H., Su, L., Oh, K., Cheng, H., 2020. Efficient Removal of Cu(II), Zn(II), and Cd(II) from Aqueous Solutions by a Mineral-Rich Biochar Derived from a Spent Mushroom (*Agaricus bisporus*) Substrate. *Materials*, 14, 1-17.

# Analisis Rekah Tarik Lereng *Sidewall* Penambangan Blok Menyango Berdasarkan Reliabilitas Kemantapan Lereng Menggunakan Metode *Finite Difference*

(*Slope Tensile Fracture Analysis of Menyango Block Mining Based on Slope Stability Reliability  
Using the Finite Difference Method*)

Novandri Kusuma Wardana<sup>1\*</sup>, Meda Rusdiana Ipmawati<sup>2</sup>, Noviana Pratiwi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral ITNY

<sup>2</sup>PPSDM Geominerba Bandung

<sup>3</sup>Program Studi Statistika, Fakultas Sains Terapan, IST Akprind Yogyakarta

\* Korespondensi E-mail: [novandri.kusuma@itny.ac.id](mailto:novandri.kusuma@itny.ac.id)

## Abstrak

Analisis probabilitas yang digunakan dalam parameter geoteknik merupakan metode yang signifikan dalam menyelesaikan permasalahan tingkat kestabilan lereng penambangan. Metode probabilitas kelongsoran yang mendasarkan distribusi nilai parameter dengan tipe data hasil uji laboratorium dan hasil investigasi lapangan sebagai analisis balik lereng penambangan. Lereng *sidewall* yang mengalami pergeseran bidang akibat adanya rekah tarik selebar 18 cm dengan panjang 150 meter menjadikan potensi longsor, sehingga diperlukan analisis balik kestabilan lereng. Kondisi ketidakpastian dari batuan pembentuk lereng pada saat tingkat kejenuhan naik 23 % sehingga memberikan tekanan airpori yang lebih besar. Lereng dengan geometri tinggi 10 m dan sudut lereng tunggal 50° diperlukan redesain tinggi 7 meter dan sudut lereng tunggal 42°. Hasil perhitungan FK didapatkan untuk lereng *IRA* adalah 1.376 dengan probabilitas kelongsoran nilai 23,12% dan *overall slope* dengan FK sebesar 1,40 dengan *probability of failure (PoF)* sebesar 18,27%. Hasil distribusi variabel acak menggunakan *Chi – Square* didapatkan distribusi Normal dan Lognormal untuk batupasir, distribusi Normal dan Eksponensial untuk batulempung, dan distribusi Lognormal untuk batulanau.

**Kata kunci:** Reliabilitas, kestabilan lereng, longsor, penambangan

## Abstract

Probability analysis is method in geotechnical parameter to solve problem on the stability of the mining slope. It explains values of distribution parameters based on data type of laboratory test results and field investigations result as a back analysis of the mining slope. Sidewall slopes had sliding plane due to tension crack as wide as 18 cm with a length of 150 meters had potential failure, so back analysis of slope stability is needed. Condition of uncertainty the rock of the slope when the increase saturation level 23% so that it gives a greater water pore pressure. Slopes with a geometry of sidewall 10 m high and a single slope angle of 50 ° require redesign of a height of 7 meters and a single slope angle of 42 °. The results of FK calculations obtained for the *IRA* slope were 1.24 with a probability of failure of 23.12% and the overall slope with FK 1.31 with a probability of failure of 18.27%. The results of the distribution of random variables using Chi - Square obtained Normal and Lognormal distributions for sandstones, Normal and Exponential distribution for claystone, and Lognormal distribution for siltstone.

**Keywords:** Reliability, stability of sidewall, failure, mining

## 1. Pendahuluan

Metode Probabilitas yang sering dipergunakan untuk merepresentasikan kondisi ketidakpastian dari rekayasa geoteknik. Area lereng jenjang penambangan batuan yang cenderung terjadi perubahan tegangan yang besar. Hal ini dikarenakan adanya perubahan tegangan mula yang menunjukkan pergeseran perpindahan tegangan, sehingga hal ini menyebabkan kondisi ketidakstabilan pada

lereng. Karakteristik massa batuan yang cenderung bersifat *weak rock* serta dipengaruhi oleh adanya kenaikan tingkat kejenuhan pada batuan karena curah hujan yang tinggi, sehingga menjadikan lereng cenderung tidak stabil. Contreras et al. (2018) menyatakan deskripsi perbedaan antara 2 pendekatan dalam parameter inferensial untuk desain lereng tambang, sehingga disajikan kemudahan dan

keuntungan menggunakan Metode Bayesian atau *Bayesian Information Criteria*.

Berdasarkan kondisi lereng, kelongsoran lereng menyiratkan bahwa nilai faktor keamanan merupakan satu kesatuan. Pendekatan ini didasarkan pada interpretasi probabilitas tertentu dan *framework* yang memadai untuk penanganan ketidakpastian dalam rekayasa geoteknik, Pendekatan Bayesian ini telah dilakukan untuk metode probabilitas dalam rekayasa geoteknik (Miranda, et al (2009), Brown (2012), Bozorgzadeh and Harrison (2014), Feng and Jimenez (2015) dan Wang, et al (2016).

Dalam rekayasa geoteknik kestabilan lereng Wardana, N.K. (2019) perubahan tegangan geser diakibatkan oleh adanya perubahan kandungan air sehingga menyebabkan adanya ketidakstabilan lereng. Dalam penelitian tersebut karakteristik massa batuan, didasarkan parameter geser hasil uji kuat geser dan uji sifat fisik bobot isi jenuh.

Keberadaan air yang berlebih, atau curah hujan menyebabkan adanya *run off* atau air limpasan yang berada di permukaan, mengisi area rekahan tarik (*tension crack*) sehingga menyebabkan pergeseran batuan yang menjadikan potensi longsor bidang pada area blok penambangan lereng *sidewall*.

## 2. Metode

Lokasi pengambilan sample berasal dari PT. MARUNDA GRAHAMINERALS, Kecamatan Laung Tuhup, Kabupaten Murung Raya, Provinsi Kalimantan Tengah yang dilakukan pada bulan Februari sampai bulan Mei 2020 dengan melakukan Pemboran Geoteknik. Lokasi penelitian berada di area lereng *sidewall* blok Menyango (Gambar 3). Secara administrasi wilayah PKP2B PT. MARUNDA GRAHAMINERAL terletak pada 0°17'31" LS sampai 0°35'12" LS dan 114°43'27" BT sampai 114°47'23" BT.

Untuk mengetahui kondisi aktual serta memperkirakan kekuatan massa batuan yang akan digunakan untuk mendesain analisis balik suatu lereng tambang, perlu dilakukan pengujian terlebih dahulu berupa pengujian laboratorium dan investigasi lapangan berupa pemetaan geoteknik di lapangan.

### a. Pengujian sifat fisik

Uji sifat fisik dilakukan untuk mendapatkan sifat – sifat fisik batuan yaitu bobot isi asli (*natural density*), bobot isi kering (*dry density*), bobot isi jenuh (*saturated density*), kandungan air asli (*natural water content*), derajat kejenuhan (*degree of saturation*), porositas (*porosity*) dan angka pori (*void ratio*).

### b. Pengujian Kuat Geser

Dengan melakukan pengujian kuat geser akan didapatkan hasil kohesi (*cohesion*) dan

sudut gesek dalam serta nilai Tegangan normal dan tegangan geser ( $\tau$ ). Hasil pengujian yang didapatkan berupa hasil uji geser puncak dan residu.

### c. Pengujian Permeabilitas

Pengujian Permeabilitas dimaksudkan untuk mengetahui tingkat permeabilitas batuan terhadap kondisi air permukaan yang menyebabkan ketidakstabilan lereng.

### d. Pemetaan geoteknik

Dilakukan pemetaan kondisi aktual di lapangan berdasarkan bidang gelincir yang terjadi, pengukuran kedalaman rekah tarik, pengukuran lebar rekah tarik, jarak rekah tarik terhadap muka lereng.

*Point estimate method* dikembangkan Rosenblueth (1981) dimana distribusi kerapatan probabilitas (PDF) dari variabel acak disimulasikan dengan “point” massa dengan lokasi plus atau minus satu standard deviasi ( $\sigma$ ) dari nilai tengahnya ( $\mu$ ). Metode ini memberikan hasil yang akurat dan cepat, dan metode ini dibahas secara detail oleh E. Hoek (1997) menggunakannya dalam analisis kestabilan tambang bawah tanah, sedangkan Patton (1967) mengaplikasikannya pada permasalahan kestabilan lereng. Seperti telah dibahas sebelumnya bahwa faktor keamanan ( $FK = F$ ) suatu lereng merupakan fungsi dari dua variabel acak bebas yaitu komponen gaya penahan ( $r = X$ ) dan gaya pendorong ( $d = Y$ ), dimana fungsi tersebut dapat dinyatakan dengan :

$$F = g(X, Y) \quad (1)$$

Dengan dua variabel acak bebas, maka perhitungan (FK) sebagai kombinasi dari variabel acak sebagai berikut :

$$\begin{aligned} F_{++} &= g[(\mu_x + \sigma_x), (\mu_y + \sigma_y)] \\ F_{+-} &= g[(\mu_x + \sigma_x), (\mu_y - \sigma_y)] \\ F_{-+} &= g[(\mu_x - \sigma_x), (\mu_y + \sigma_y)] \\ F_{--} &= g[(\mu_x - \sigma_x), (\mu_y - \sigma_y)] \end{aligned} \quad (2)$$

Rata – rata maupun nilai varians didapatkan dengan mengembangkan persamaan nilai varians adalah sebagai berikut :

$$E[F] = \mu_F = \sum x_i p(x_i) \quad (3)$$

$$\text{Var}[F] = E[F^2] - (E[F])^2 \quad (4)$$

Salah satu keuntungan dari penggunaan metode *Point estimate method* selain karena kepraktisannya dengan cukup parameter statistik (nilai rata-rata dan varians) adalah bahwa metode ini tidak membutuhkan adanya fungsi distribusi probabilitas yang lebih lanjut.

Perhitungan probabilitas kelongsoran berdasarkan nilai rata-rata ( $\mu$ ) dan standar deviasi ( $\sigma$ ) dari nilai FK yang diasumsikan berdistribusi normal sebagai berikut :

$$Reliability\ Index = \beta = \frac{\mu-1}{\sigma} \quad (5)$$

Reliabilitas ketidakpastian dikaitkan dengan berbagai konsep seperti ketidakpastian, ketidaktepatan, dan variabilitas. Pada tingkat dasar, ini dapat dikategorikan menjadi ketidakpastian aleatory atau epistemic. Ketidakpastian Aleatory dikaitkan dengan variasi dikurangi dengan pengumpulan data tambahan atau dengan menyempurnakan model berdasarkan pemahaman yang lebih baik dari entitas yang diwakili. Di sisi lain, variasi natural tidak dapat dikurangi dengan ketersediaan lebih banyak informasi yang hanya akan berfungsi untuk memberikan representasi yang lebih baik dari jenis ketidakpastian ini.

Pada metode ini dilakukan perhitungan kuantitatif dengan dasar prinsip mekanika. Metode beda hingga merupakan salah satu teknik yang digunakan dalam menganalisis numerik untuk menyelesaikan persoalan – persoalan rekayasa geoteknik dan mekanika batuan. Metode *finite difference* dilakukan untuk mencari nilai suatu titik dengan melihat perbedaan nilai dengan titik – titik disekitarnya. Metode Beda Hingga (*finite difference method*)

acak, dalam variabilitas alami memiliki karakter eksternal, sedangkan ketidakpastian epistemic dikaitkan dengan yang tidak diketahui, berasal dari kurangnya pengetahuan, terjadi dalam pikiran atau memiliki karakter internal, seperti yang dibahas oleh Baecher dan Christian (2003). Oleh karena itu, ketidakpastian epistemic dapat

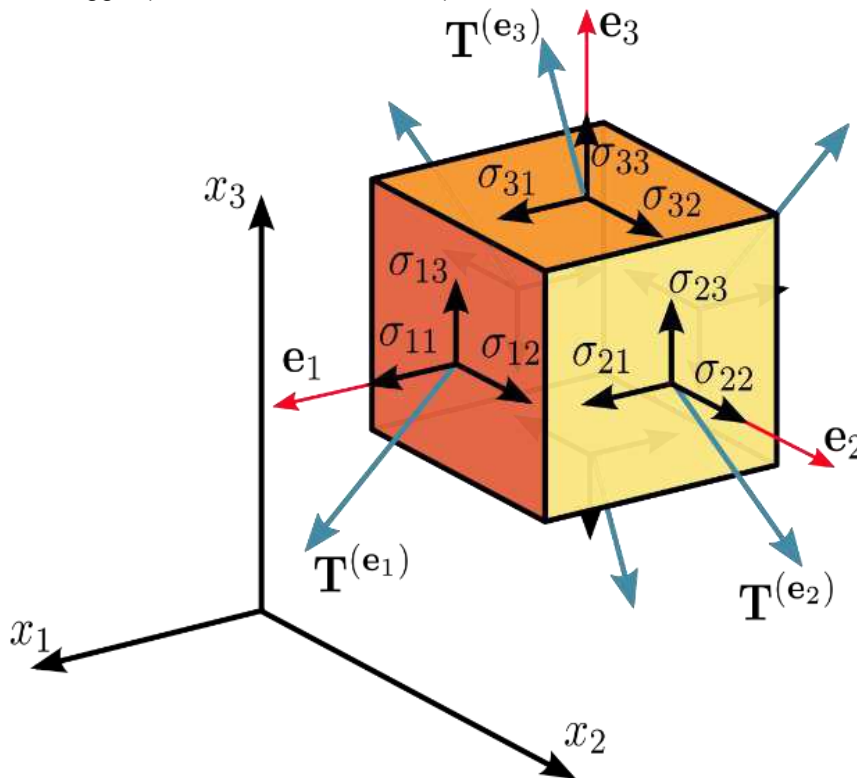
merupakan bentuk ekspresi matematik dari bentuk  $f(x + b) - f(x + a)$ . Apabila *finite difference* dibagi oleh  $b - a$ , Cara yang terbaik dalam *finite difference* adalah dengan cara *central difference*.

Cara differensial dilakukan dengan penurunan  $(f(x)/dx)$  kurva/fungsi  $f$  untuk mendapatkan nilai  $y_i$ . Syarat utama adalah fungsi  $f$  diketahui.

$$y'_i = \frac{y_{i+1} - y_{i-1}}{2(\Delta x)} \quad (6)$$

Untuk pendekatan yang lebih dekat dibuat turunan kedua dengan selisih nilai  $y$  pada posisi yang lebih dekat, yaitu  $i + \frac{1}{2}$  didefinisikan sebagai :

$$y''_i = \frac{(y'_{i+\frac{1}{2}} - y'_{i-\frac{1}{2}})}{(\Delta x)} \quad (7)$$



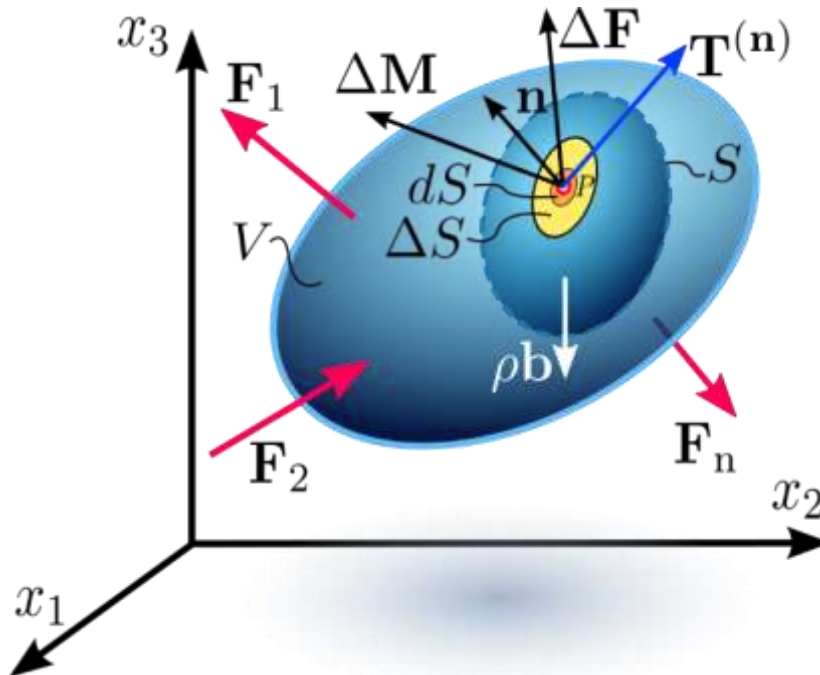
Gambar 1. Stress Tensor dalam Element

Secara kuantitatif, Tegangan diekspresikan oleh vektor traksi Cauchy yang didefinisikan sebagai gaya traksi  $F$  di antara bagian-bagian material yang berdekatan di seluruh permukaan pemisah imajiner  $S$ , dibagi oleh area  $S$ . Dengan demikian keadaan stres materi harus dijelaskan oleh tensor, yang

disebut tensor stres (Cauchy), yang merupakan fungsi linear yang menghubungkan vektor normal  $n$  dari permukaan  $S$  dengan stres  $T$  di  $S$ . Sehubungan dengan sistem koordinat yang dipilih, tensor stres Cauchy dapat diwakili sebagai matriks simetris  $3 \times 3$  angka riil. Bahkan dalam tubuh yang

homogen, tensor stres dapat bervariasi dari satu tempat ke tempat lain, dan dapat berubah

dari waktu ke waktu.



Gambar 2. External Forces dalam Continuum mechanics

### 3. Hasil dan Pembahasan

Mekanisme analisis kestabilan lereng berdasarkan aspek probabilitas kelongsoran lereng, dapat dihubungkan dalam karakteristik nilai FK dan PK (Wardana, N.K dkk. (2017). Kurva distribusi probabilitas di deskripsikan menjadi densitas probabilitas (*PDF*) dan fungsi kumulatif (*CDF*). Fungsi densitas probabilitas mendeskripsikan daerah kemungkinan relatif dimana suatu bilangan acak dapat diasumsikan sebagai suatu nilai unik dibandingkan nilai lainnya. Pada kurva distribusi faktor keamanan, luas kurva yang diarsir merupakan probabilitas kelongsoran lereng (PK).

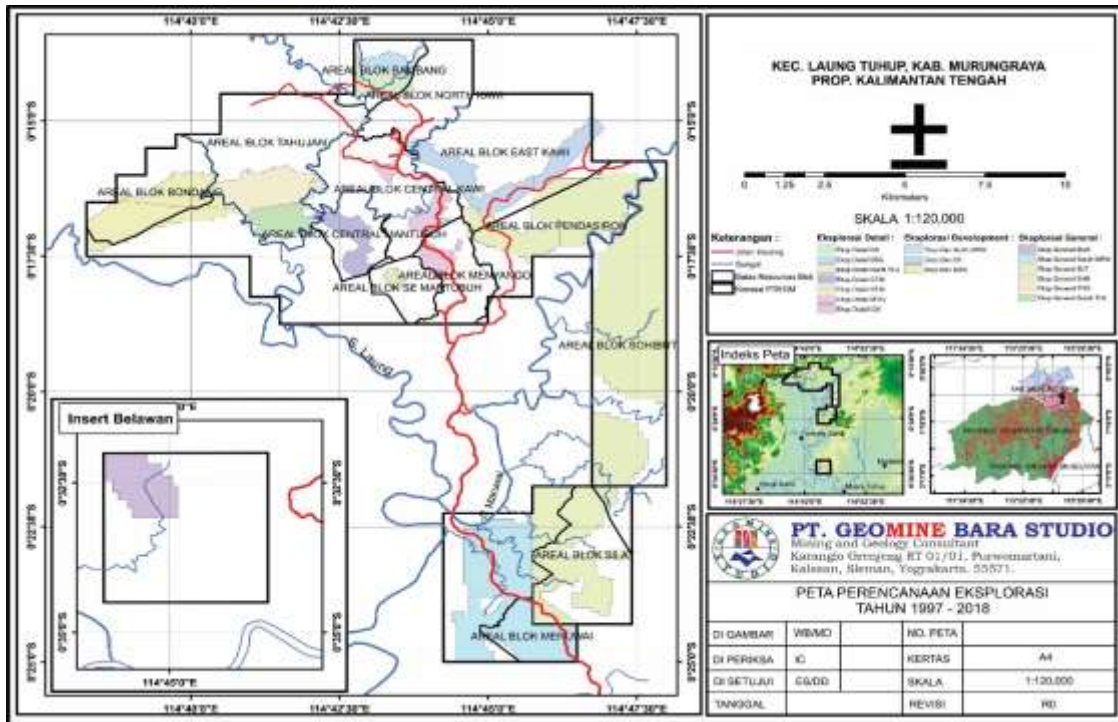
Proses karakterisasi variabel acak adalah suatu proses penentuan fungsi distribusi probabilitik teoritik pada variabel acak yang menjadi input pada analisis balik kestabilan lereng. Data hasil propertis batuan sedimen hasil uji laboratorium diambil parameter geoteknik. Menurut *Tapia, et al* (2007) nilai FK merupakan hasil ketidakpastian yang dihubungkan dengan suatu variabel acak (*spatial variability*) dan distribusi variabel (*variability distribution* dari setiap batuan yang akan menghasilkan nilai Probabilitas Kelongsoran.

#### 3.1 Karakteristik Variabilitas Spasial

Hasil perhitungan nilai PK dan FK menggunakan *Finite Difference Method* didapatkan hasil lereng dengan kondisi aktual di area penelitian, kondisi lereng pasca terjadi rekah tarik dan hasil redesain analisis balik perhitungan lereng *sidewall* blok Menyango. *Finite Difference Method* dan *Shear Strength Reduction* menggunakan pendekatan *Point Estimate Method*. Hasil perhitungan probabilitas telah dikembangkan oleh *E. Rosenblueth* (1981) Prinsip dasar dalam perhitungan dengan menggunakan iterasi analisis FDM – SSR, sedangkan penentuan probabilitasnya dari pendugaan variasi variabel acak distribusi statistik, masing – masing variabel acak yaitu kohesi, sudut gesek dalam, *Poisson's ratio* dan *Young Modulus*.

#### 3.2 Hasil Perhitungan Variabel Acak

Proses karakterisasi variabel acak adalah suatu proses penentuan fungsi distribusi probabilitik teoritik pada variabel acak yang menjadi input pada analisis balik kestabilan lereng (Andini, D., 2019) Data hasil propertis batuan sedimen hasil uji laboratorium diambil parameter seperti disajikan tabel 1.



Gambar 3. Lokasi penelitian lereng *sidewall* blok Menyango



Gambar 4. Kondisi batuan : (a) lereng *sidewall* yang mengalami rekah tarik, dan (b) *slope cut* di *sidewall*

Tabel 1. Data Analisis Karakteristik Variabel Acak

No	Parameter Batuan	Parameter Statistik	Input	Reliability Index Minimum	Reliability Index Minimum	Fungsi Probabilistik
1	Kohesi (c)	Minimum	22.35	21.25	28.36	FK = f(z <sub>w</sub> , H <sub>w</sub> , γ, c, φ, H)
		Maksimum	96.45			
		Mean	59.4			
		Std. Deviasi	1.48			
2	φ (phi)	Minimum	17.40	18.45	15.35	FK = f(z <sub>w</sub> , H <sub>w</sub> , γ, c, φ, H)
		Maksimum	42.63			
		Mean	27.28			
		Std. Deviasi	4.63			
3	Tinggi Muka airtanah (H <sub>w</sub> )	Maksimum	85.47	27.33	84.35	FK = f(z <sub>w</sub> , H <sub>w</sub> , γ, c, φ, H)
		Mean	59.63			
		Std. Deviasi	2.38			
4	Kedalaman air (z <sub>w</sub> )	Minimum	14.18	6.48	30.25	FK = f(z <sub>w</sub> , H <sub>w</sub> , γ, c, φ, H)

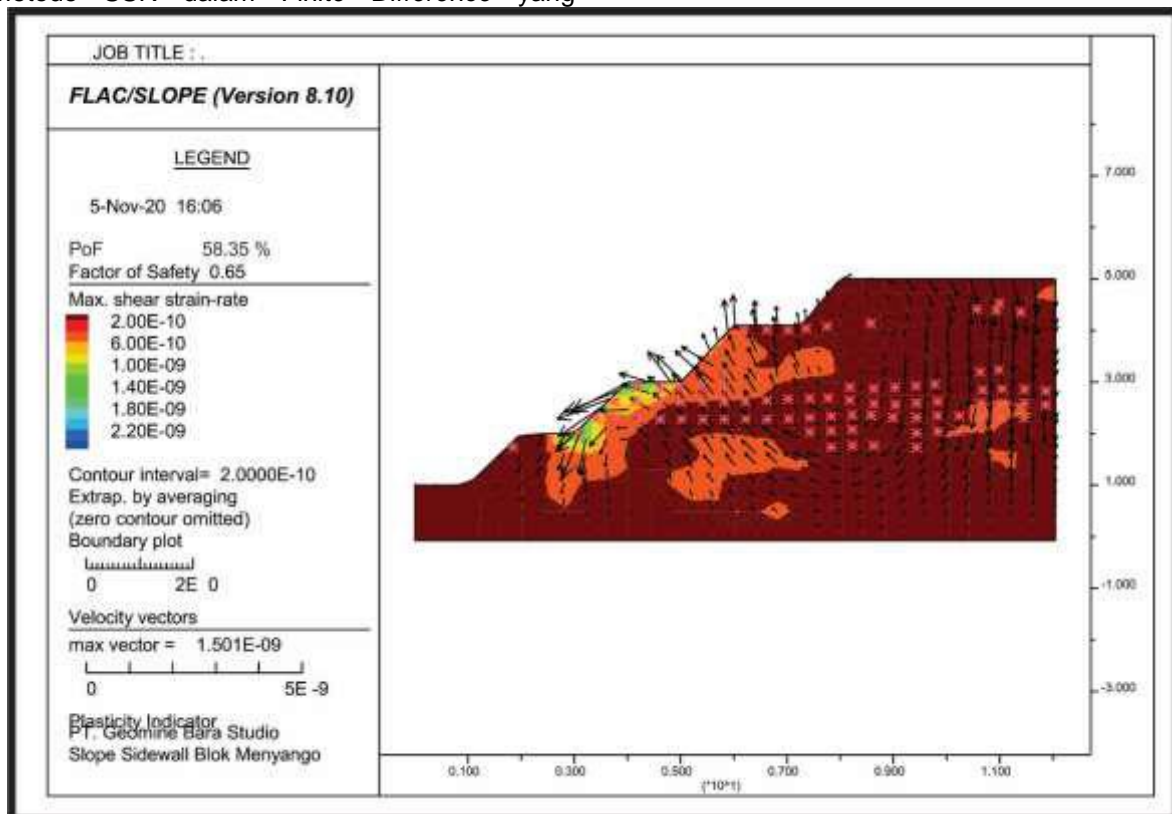
		Maksimum	35.47		
		Mean	21.73		
		Std. Deviasi	4.38		
		Minimum	24.68		
5	Bobot Isi Jenuh ( $\gamma_s$ )	Maksimum	29.35	2.48	27.09
		Mean	27.35		
		Std. Deviasi	1.24		
		Minimum	7		
6	Tinggi Lereng	Maksimum	15	8	14.5
		Mean	8		
		Std. Deviasi	0.5		

Jika sistem model multi material dalam batuan penyusun lereng, *Young Modulus* dan *Poisson's ratio* dijaga konstan untuk setiap metode analisis, sehingga akan didapatkan nilai kohesi dan sudut gesek dalam saat terjadi longsor dan diperhitungkan kembali untuk hasil analisis balik (Hammah, et al., 2008). Ketika jumlah variabel yang akan diperbarui banyak, menghitung distribusi posterior dari variabel-variabel ini tidaklah mudah, yang membuat masalah karakterisasi ketidakpastian model menjadi sulit (Zhang, J., et al. 2012).

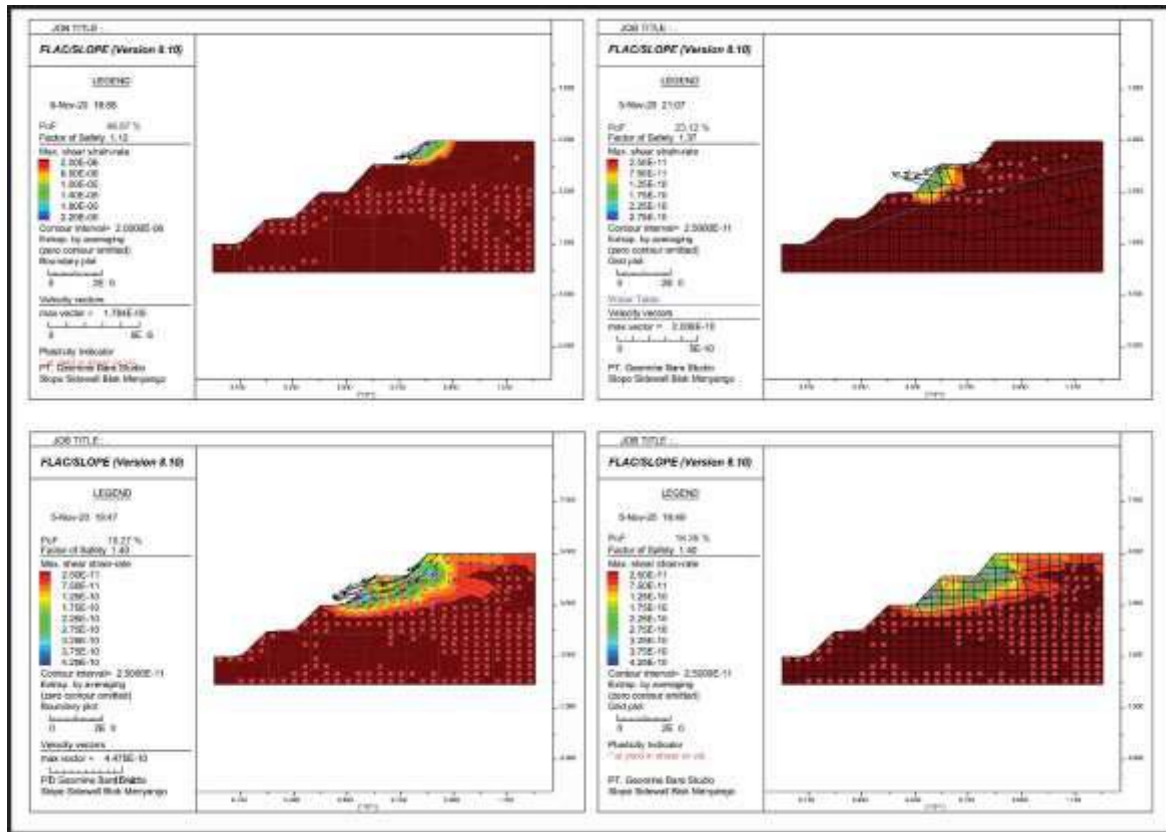
Cala, M., et al (2001, 2003) menggunakan metode SSR dalam *Finite Difference* yang

disandingkan dengan metode kesetimbangan batas dalam memodelkan multi material, sehingga didapatkan hasil analisis kestabilan lereng hasil model numerik tersebut. Hasil dari pemodelan memberikan nilai FK yang signifikan berbeda dari kedua model tersebut. Komputasi numerik FDM lebih akurat mengikuti litologi material aktual.

Pemodelan numerik berdasarkan metode *finite difference* terdapat pergerakan lereng karena area plastis seperti pada gambar 5.



Gambar 5. Hasil Pemodelan tegangan pada lereng dengan adanya rekah tarik



Gambar 6. Perubahan arah tegangan akibat rekah tarik (*tension crack*) saat redesain

Akibat adanya rekah tarik (*tension crack*) menyebabkan area ketidakstabilan lereng penambangan *sidewall*, sehingga menyebabkan perubahan tegangan mengarah ke bidang lemah, yaitu lereng penambangan. Lereng tersebut terjadi pergeseran/perpindahan sebesar 0.000038 m, yang menyebabkan penurunan FK menjadi 0.65 dengan tingkat probabilitas kelongsoran sebesar 45.35%.

Hasil analisis dan perhitungan nilai FK dan PK berdasarkan parameter nilai kohesi, kedalaman air, tinggi muka air, sudut gesek dalam, Tinggi lereng dan bobot isi jenuh adalah 1.38 dan PK 12.03%.

#### 4. Kesimpulan

Proses karakterisasi hasil perhitungan analisis balik menggunakan reliabilitas kestabilan lereng, didapatkan parameter hasil nilai kohesi (*cohesion*), sudut gesek dalam, kedalaman airtanah ( $z_w$ ), tinggi airtanah ( $H_w$ ), tinggi lereng ( $H$ ), dan nilai bobot isi jenuh material ( $\gamma_s$ ), nilai FK akhir didapatkan adalah 1,4 dengan PK 18.23% dengan kemiringan lereng tunggal  $42^\circ$  dan lereng keseluruhan adalah  $30^\circ$  dan tinggi lereng 58,75 meter. Hasil distribusi variabel acak menggunakan *Chi – Square* didapatkan distribusi Normal dan Lognormal untuk batupasir, distribusi Normal dan Ekspensial untuk batulempung, dan distribusi Lognormal untuk batulanau.

#### Ucapan Terimakasih

Ucapan terima kasih saya sampaikan kepada Manajemen PT. GEOMINE BARA STUDIO atas *supportnya* dalam memberikan keleluasaan pengambilan data dan penanganan analisis balik di area Sidewall PT. Marunda Grahamineral, dan pengujian laboratorium.

#### Daftar Pustaka

- Andhini, D., Ramadhanti, F., Koesnaryo, S. 2019. Analisis Balik Kestabilan Lereng Studi Kasus Tambang Batubara PT. X Menggunakan Analisis Probabilitik Monte Carlo. Seminar Nasional Teknologi Kebumihan dan Kelautan. ITATS. Surabaya. hal. 125 – 132.
- Baecher, G.B., Christian, J.T., 2003. Reliability and statistics in geotechnical engineering. John Wiley and Sons, New York.
- Bozorgzadeh, N., Harrison, J.P., 2014. Characterizing uniaxial compressive strength using Bayesian updating. Proceedings of the 48th US rock mechanics/geomechanics symposium, American Rock Mechanics Association (ARMA), Minneapolis, USA (2014). paper 7194.
- Brown, E.T., 2012., Risk assessment and management in underground rock engineering – an overview. Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering, 4 (3), pp. 193-204.

- Cala, M. & Flisiak, J. 2001. *Slope stability analysis with FLAC and limit equilibrium methods*. In Billaux, Rachez, Detour-nay & Hart (eds.) *FLAC and Numerical Modeling in Geomechanics – 2001*, Proceedings of the 2<sup>nd</sup>
- Contreras, L.F., Brown, E.T., Ruest, M., 2018. Bayesian data analysis to quantify the uncertainty of intact rock strength. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 10 (1) (2018), pp. 11-31.
- E. Hoek, E.T. Brown. 1997. Practical estimates of rock mass strength. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*. pp. 1165-1186.
- Feng, X., Jimenez, R., 2015., Estimation of deformation modulus of rock masses based on Bayesian model selection and Bayesian updating approach. *Engineering Geology*, vol. 199 , pp. 19-27.
- Hammah R.E., Yacoub, T.E. *Probabilistic Slope Analysis with the Finite Element Method*. America Rock Mechanics Association. Canada. 2008; 4<sup>th</sup>; 487-495.
- Miranda, T., Correia, A.G., Sousa, L.R., 2009. Bayesian methodology for updating geomechanical parameters and uncertainty quantification *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 46 (7). pp. 1144-1153.
- Wang, Y., Cao, Z., Li, D., 2016. Bayesian perspective on geotechnical variability and site characterization. *Journal of Engineering Geology*, vol. 203, pp. 117 – 125.
- Wardana, N.K., 2017. Aplikasi Pendekatan Probabilistik dalam analisis kestabilan lereng pada daerah ketidakstabilan dinding *Lowwall* PT. Amman Minerals Nusa Tenggara: Seminar Nasional Geomekanika IV, hal 67 - 73, 2017. Padang.
- Wardana, N.K. 2017. Aplikasi Uji Kuat Geser Dalam remediasi Lereng Tambang Aspal di PT. Karunia Alam Indonesia, Kec. Lasalimu, Kab. Buton, Provinsi Sulawesi Tenggara. *Promine Jurnal*. Vol. 5 (1) pg. 20 – 26.
- Wardana, N.K., 2019. Analisis Kestabilan Lereng berdasarkan Kekuatan Geser Massa batuan Terhadap Perubahan Kandungan Air Pada Tambang Batubara di Area Blok Menyango. *PROMINE*. 7 (2). Hal. 71 – 77.
- Zhang, J., Zhang, L.M., Tang, W.H., 2009. Bayesian framework for characterizing geotechnical model uncertainty. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 135 (7), pp. 932-940.
- Zhang.J., Tang, W.H., Zhang, L.M., Huang, H.W., 2012. Characterising geotechnical model uncertainty by hybrid Markov chain Monte Carlo simulation. *Computers and Geotechnics*, vol. 43, pp. 26-36



E-ISSN



P-ISSN