

PROMINE



Mining Journal
Exploration, Exploitation
Georesource Processing
and Mine Environmental

PROMINE	Volume 8	Number 1	Page 1 - 39	Balunijuk June 2020	ISSN 2354-7316 e-ISSN 2620-7737
---------	-------------	-------------	----------------	------------------------	------------------------------------

PROMINE
Jurusan Teknik Pertambangan
Universitas Bangka Belitung



Mining Journal
Exploration, Exploitation
Geosource 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. Shalah 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>

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 Juni 2020, Vol. 8 (1), diucapkan terima kasih.

DAFTAR ISI (Contents)

Judul (Title)	Hal. (page)
Studi Awal Prospek Bahan Tambang Berdasarkan Sebaran Alterasi Hidrotermal Menggunakan Komposit dan Density Slicing Citra Landsat 8 di Kabupaten Ulubongka, Sulawesi Tengah <i>(Preliminary Study of Mining Material Prospects Based on Hydrothermal Alteration Distribution Using Composite and Density Slicing of Landsat 8 Image in Ulubongka Regency, Central Sulawesi)</i> I Gede Boy Darmawan ^{1*} , M. Farhan Yassar ² , Annisa Yulia Elvarani ³ , Berlian Anisya Vira ⁴ , Ledia Damayanti ⁵ ^{1,2,3,4,5} Jurusan Teknik Geofisika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung ^{1,2} Tim Riset Unila Geoscience, Teknik Geofisika Universitas Lampung	01-07
Pemanfaatan Lubang Bekas Tambang Sebagai Danau Pascatambang di PT Kasongan Bumi Kencana Kabupaten Katingan Provinsi Kalimantan Tengah <i>(Use of Void as a Post-Mining Lake at PT Kasongan Bumi Kencana Katingan Regency Central Kalimantan Province)</i> I Putu Putrawiyanta ^{1*} ¹ Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya	08-13
Analisis Hubungan CBR, Rolling Resistance dan Daya Dukung Tanah Terhadap Kecepatan Dump Truck Pada Jalan Angkut Tambang Menggunakan Metode Regresi Linier <i>(Analysis Between CBR, Rolling Resistance and Soils Bearing Capacity with Dump Truck Velocity in Mine Hauling Road Use Linear Regression Methods)</i> Yazid Fanani ^{1*} ¹ Jurusan Teknik Pertambangan, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya	14-21
Penilaian Keberhasilan Reklamasi Pada Pit Serujan Utara PT. IMK Kabupaten Murung Raya <i>(Assessment of The Reclamation Success At The Northern Serujan Pit in PT. IMK Murung Raya Regency)</i> Fahrul Indrajaya ^{1*} , Marlen Fince T. L. ² , Neny Fidayanti ³ , Yossa Yonathan Hutajulu ⁴ ^{1,2,3,4} Jurusan/Program Studi Teknik Pertambangan, Universitas Palangka Raya	22-27
Kajian Teknis Dewatering System Tambang Pada Pertambangan Batubara <i>(Technical Study Of Mine Dewatering System In Coal Mining)</i> A.A inung Arie Adnyano ^{1*} , Muhammad bagaskoro ² ^{1,2} Prodi Teknik Pertambangan, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta	28-33
Pendekatan Semivariogram Anisotropik dalam Metode Ordinary Kriging (OK) terhadap Pola Penyebaran Mineral Ikutan Timah <i>(The Approach of Anisotropic Semivariogram using Ordinary Kriging (OK) Method for The Distribution Pattern of Tin Mineral Associations)</i> Ririn Amelia ^{1*} , Guskarnali ² ¹ Jurusan Matematika, Universitas Bangka Belitung ² Jurusan Teknik Pertambangan, Universitas Bangka Belitung	34-39

Studi Awal Prospek Bahan Tambang Berdasarkan Sebaran Alterasi Hidrotermal Menggunakan Komposit dan *Density Slicing* Citra Landsat 8 di Kabupaten Ulubongka, Sulawesi Tengah

(Preliminary Study of Mining Material Prospects Based on Hydrothermal Alteration Distribution Using Composite and Density Slicing of Landsat 8 Image in Ulubongka Regency, Central Sulawesi)

I Gede Boy Darmawan^{1*}, M. Farhan Yassar², Annisa Yulia Elvarani³, Berlian Anisya Vira⁴, Ledia Damayanti⁵

^{1,2,3,4,5}Jurusan Teknik Geofisika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung

^{1,2}Tim Riset Unila Geoscience, Teknik Geofisika Universitas Lampung

* Korespondensi E-mail: igedeboy@staff.unila.ac.id

Abstrak

Sulitnya akses ke lapangan di Sulawesi Tengah menyebabkan proses identifikasi prospek mineral tambang membutuhkan waktu dan biaya yang relatif besar. Oleh karena itu, pendekatan penginderaan jauh dapat dilakukan sebagai studi awal untuk mengetahui sebaran alterasi hidrotermal penciri kehadiran mineral tambang. Penelitian ini memanfaatkan citra Landsat 8 untuk mendapatkan sebaran mineral alterasi khususnya kelompok mineral oksida dan hidroksida besi (*Ferrugination*), mineral lempung dan karbonat serta mineral *Ferromagnesian*. Metode yang digunakan adalah komposit (RGB) 4/2,6/7,5 dan 4/2,6/7,10 untuk mendeteksi sebaran mineral alterasi. Sedangkan metode *Density Slicing* menggunakan citra rasio 4/2, 5/6 dan 6/7 untuk mendeteksi mineral *Ferrugination*, *Ferromagnesian*, lempung dan karbonat. Hasil analisis menunjukkan sebaran mineral oksida dan hidroksida besi (*Ferrugination*) mendominasi area di batuan aluvium dan ofiolit. Sebaran alterasi ini diinterpretasikan sebagai prospek studi lanjut keberadaan mineral tambang seperti nikel dan besi. Sedangkan mineral ferromagnesian, lempung dan karbonat mendominasi di batuan konglomerat dan batugamping.

Kata kunci: Alterasi hidrotermal, bahan tambang, landsat

Abstract

Difficult access to the field in Central Sulawesi causes the process of identifying prospects for mining minerals requires a relatively large time and cost. Therefore, the remote sensing approach can be carried out as a preliminary study to determine the distribution of hydrothermal alterations that characterize the presence of mine minerals. This study utilizes Landsat 8 imagery to obtain the distribution of alteration minerals, especially the group of ferrous mineral oxide and hydroxide minerals, clay and carbonate minerals and *Ferromagnesian* minerals. The method used is composite (RGB) 4/2, 6/7, 5 and 4/2, 6/7, 10 to detect the distribution of alteration minerals. Whereas the *Density Slicing* method uses 4/2, 5/6 and 6/7 ratio images to detect *Ferrugination*, *Ferromagnesian*, clay and carbonate minerals. The results of the analysis showed the distribution of iron oxide and hydroxide minerals (*Ferrugination*) dominated the area in alluvium and ophiolite rocks. This alteration distribution is interpreted as a prospect of further studies of the presence of mining minerals such as nickel and iron. Whereas *ferromagnesian* minerals, clays and carbonates dominate in conglomerate and limestone rocks.

Keywords: Hydrothermal alteration, mining material, landsat

1. Pendahuluan

Sulawesi terletak di kepulauan Indonesia utara yang dikaitkan dengan kompleks interaksi lempeng Asia Tenggara, Pasifik, dan India-Australia. Banyaknya kejadian beberapa porfiri berharga dan logam dasar dan mineralisasi epitermal di Sulawesi dikaitkan dengan pengaturan tektonik ini. Tepi timur Lempeng Asia Tenggara terlibat dalam setidaknya tiga peristiwa subduksi besar, yang telah berkontribusi pada evolusi Sulawesi. Peristiwa Cretaceous Awal

yang paling awal (110 Ma) diwakili oleh kompleks ruang bawah tanah yang dipelihara di Sulawesi selatan dan tengah (Kavalieris et al., 1992). Gunungapi basaltik dan andesitik Formasi Tinombo di Sulawesi Tengah dan tanggul basaltik terkait dengan setidaknya tiga peristiwa subduksi besar. Peristiwa subduksi ketiga selama Miosen Bawah (16-24 Ma) menghasilkan intrusi magmatik *calc-alkaline* dan mineralisasi

porfiri dan mineralisasi terkait di Sulawesi Utara (Wajidi dkk., 2012).

Menurut (Maskuri, 2010) endapan-endapan suatu mineral dipengaruhi oleh beberapa karakteristik yang dikenali melalui mineral-mineral alterasi yang terekam melalui batuan. Perubahan komposisi mineral terjadi pada zona alterasi. Setiap perubahan tersebut umumnya dipengaruhi oleh proses kimia dan magmatisme. Pada zona alterasi inilah terdapat potensi pembentukan mineral (Zuhannisa, 2019).

Alterasi batuan merupakan proses penambahan atau pertukaran unsur dari suatu mineral menjadi mineral yang baru dan akan menyebabkan perubahan terhadap massa, volume, serta konsentrasinya unsur yang dipengaruhi oleh kondisi, komposisi dan konsentrasi kimiawi dari komponen fluida (Dewi, 2018; Putra dkk., 2017; Verdiansyah, 2016). Karakteristik alterasi berkaitan dengan proses pembentukan mineralisasi (Corbett and Leach, 1998). Salah satu parameter yang dapat dijadikan acuan mengenai ada atau tidaknya proses alterasi hidrotermal yaitu dengan adanya urat yang mengandung mineral logam (Salamah, 2014). Kadar logam tersebut berasal dari endapan-endapan suatu mineral yang dipengaruhi oleh beberapa karakteristik yang dikenali melalui mineral-mineral alterasi yang terekam melalui batuan (Maskuri, 2010).

Reaksi yang kompleks pada saat proses alterasi berlangsung menghasilkan suatu produk yang merupakan kumpulan yang memiliki mutualisme dan terjadi di suatu tempat. Penentuan kedalaman, ganesa serta temperatur pembentukan suatu tipe endapan mineral dapat dilakukan dengan mengacu atau memanfaatkan mineral *assemblage* sebagai petunjuk. Proses alterasi dapat berupa penggantian, pengisian atau pengendapan serta pelarutan pada batuan (Utami dkk., 2015). Penggantian pada proses alterasi merupakan interaksi pada batuan reservoir dengan fluida (Utami, 2011).

Penelitian mineral alterasi telah menjadi bagian penting dalam kegiatan eksplorasi. Melalui studi mengenai alterasi, diperoleh pola-pola mineralisasi yang terjadi pada suatu daerah dengan mempelajari pola-pola ubahannya., selain itu dengan mempelajari pola ubahan yang dihasilkan kita juga dapat mengetahui jenis mineralisasi yang terjadi, temperatur dan kedalaman tempat mineralisasi terbentuk, serta dapat diketahui juga mengenai lingkungan geologi dari mineralisasinya (Corbett and Leach, 1998; Lawless et al, 1997).

Salah satu metode yang dapat digunakan dalam studi mengenai alterasi hidrotermal pada suatu wilayah yaitu dengan menggunakan

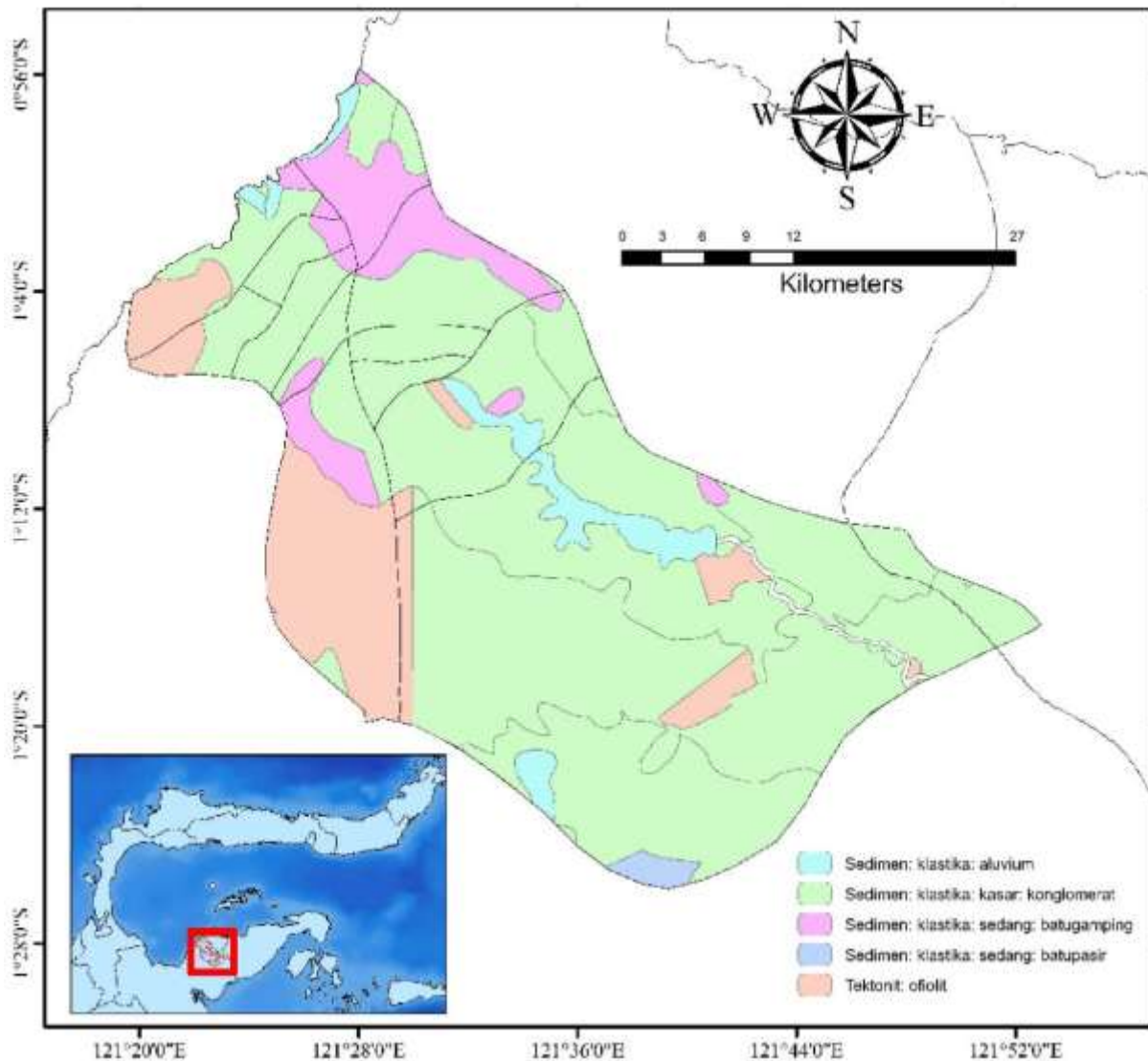
penginderaan jauh, salah satunya adalah Landsat 8 dengan sensor *Operational Land Imager/ Thermal Infrared Sensor* (OLI/TIRS). Citra ini mempunyai sebelas band/saluran yang memiliki resolusi spasial antara 15 meter sampai dengan 100 meter. Dalam proses penggunaannya, data yang didapatkan dari citra Landsat memerlukan koreksi atmosfer yang bertujuan untuk menghilangkan kesalahan yang disebabkan oleh atmosfer. Koreksi *Top of Atmosphere* (ToA) dan juga koreksi *Bottom of Atmosphere* (BoA) dimanfaatkan sebagai proses untuk menghilangkan distorsi radiometrik dengan proses kalibrasi pada nilai DN (*digital number*) ke nilai reflektansi (Rahayu dan Candra, 2014).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan melakukan pemetaan awal mengenai sebaran alterasi hidrotermal di lokasi penelitian, sekaligus studi awal mengenai prospek mineral tambang yang diharapkan dapat dijadikan referensi dalam eksplorasi detail. Sulitnya akses ke lapangan di Sulawesi Tengah menyebabkan proses identifikasi prospek mineral tambang membutuhkan waktu dan biaya yang relatif besar. Oleh karena itu, pendekatan penginderaan jauh dapat dilakukan sebagai studi awal untuk mengetahui sebaran alterasi hidrotermal penciri kehadiran mineral tambang. Penelitian ini memanfaatkan citra Landsat 8 untuk mendapatkan sebaran mineral alterasi khususnya kelompok mineral oksida dan hidroksida besi (*Ferrugination*), mineral karbonat, lempung dan juga mineral *Ferromagnesian*.

Studi awal ini dimaksudkan untuk mengoptimalkan pemanfaatan citra satelit (khususnya Landsat 8) dalam kegiatan eksplorasi awal yang umumnya membutuhkan biaya dan waktu yang cukup besar, khususnya untuk *remote area* seperti di lokasi penelitian ini. Diharapkan dalam penelitian ini juga menghasilkan peta sebaran lokasi prospek mineral tambang, sehingga dapat digunakan dalam data potensi mineral tambang di daerah.

2. Metode

Penelitian ini menggunakan metode penginderaan jauh pada citra Landsat 8 pada lokasi penelitian di Kecamatan Ulubongka, Kabupaten Tojo Una-una, Sulawesi Tengah. Secara geologi, lokasi penelitian ini berada pada litologi sedimen klastika dan ofiolit (Gambar 1). Lokasi penelitian ini merupakan bagian dari lengan ofiolit Sulawesi yang kaya akan sumber daya mineral seperti nikel, besi dan asbes serta serpentinit sebagai bahan baku pupuk magnesium (Muksin dkk., 2014).

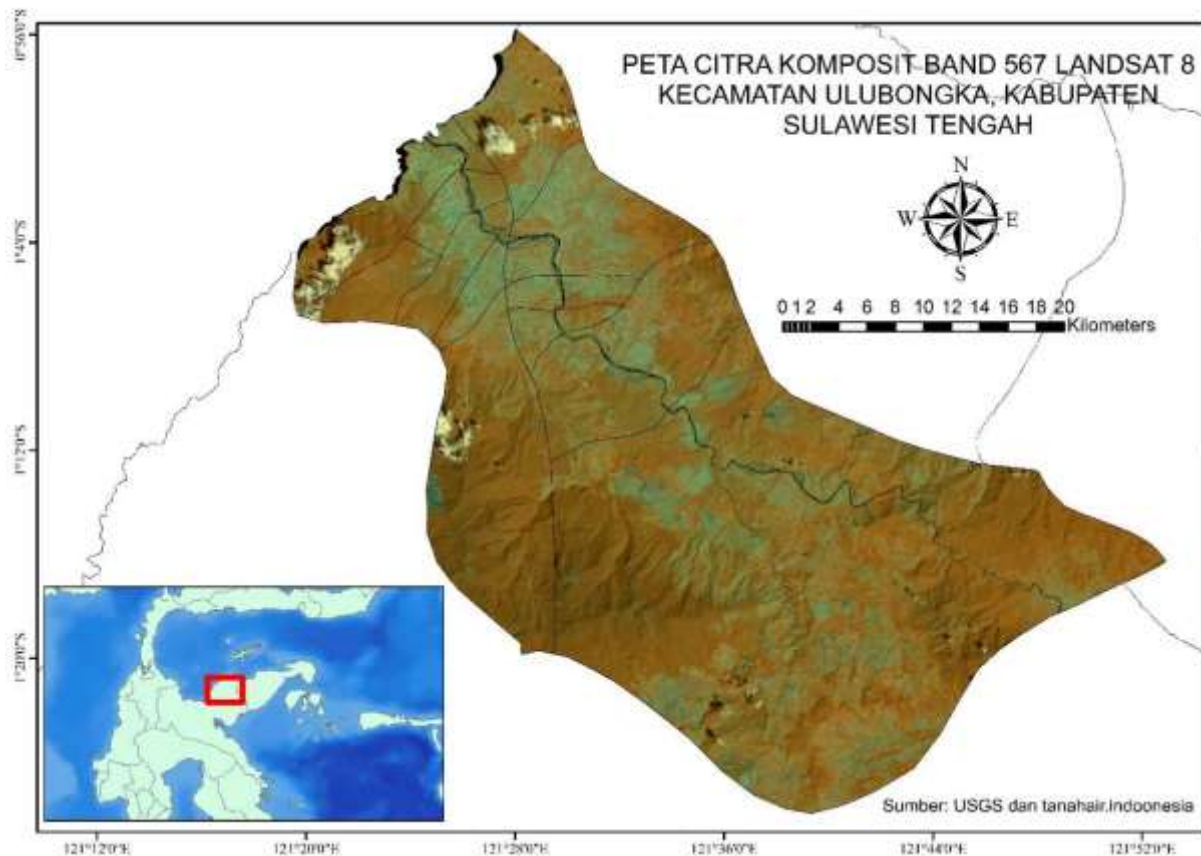


Gambar 1. Peta geologi di lokasi penelitian yang berada di Kecamatan Ulubongka, Sulawesi Tengah (dimodifikasi dari Rusmana dkk., 1993; Surono dkk., 1993 dan Simandjuntak dkk., 1997)

Data yang digunakan pada penelitian ini utamanya adalah data Citra Landsat 8. Citra ini diakuisisi pada tanggal 2 Desember 2019 dan diperoleh dari <https://earthexplorer.usgs.gov> (Gambar 2). Citra ini memiliki sensor generasi kedelapan yang dikenal sebagai *Operational Land Imager/ Thermal Infrared Sensor* (OLI/TIRS). Kemudian data dasar yang digunakan merupakan hasil kombinasi data RBI dengan Peta Geologi Regional Lembar Luwuk, Poso dan Batui skala 1:250.000. Software ArcGIS digunakan dalam seluruh proses pengolahan data, baik data Citra Landsat maupun data RBI dan data geologi regional.

Pengolahan data Citra Landsat 8 dilakukan menggunakan dua teknik yaitu Komposit dan *Dense Slicing*. Metode Komposit yang digunakan adalah komposit (RGB) 4/2, 6/7, 5 dan 4/2, 6/7, 10 untuk mendeteksi sebaran mineral alterasi. Metode komposit ini digunakan untuk menampilkan kenampakan fitur permukaan

dengan target alterasi. Pemanfaatan komposit tunggal dengan saluran 567 dapat menajamkan gambar geomorfologi permukaan daerah penelitian seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2. Komposit ini memberikan gambaran lebih jelas mengenai kemungkinan persebaran batuan dan bentuk relief pada wilayah penelitian termasuk daerah pegunungan ataupun perbukitan. Citra komposit 567 memperjelas gambaran geologi dan morfologi daerah penelitian. Berdasarkan peta tersebut maka dapat diketahui bahwa wilayah perbukitan atau pegunungan terdapat pada bagian selatan dan utara wilayah penelitian. Selain itu kontras warna yang dihasilkan pada komposit 567, wilayah vegetasi digambarkan dengan warna cokelat sedangkan wilayah padat penduduk atau yang memiliki vegetasi yang kurang rapat hingga tidak terdapat vegetasi digambarkan dengan warna hijau kebiruan dan sungai digambarkan dengan warna hitam.



Gambar 2. Peta hasil komposit RGB 567 yang menunjukkan fitur kondisi geologi di lokasi penelitian

Sedangkan metode *Density Slicing* (Pemilihan Tingkat Kecerahan) menggunakan pengolahan komputer data digital serta di peroleh dari perentangan kontras setiap informasi sebuah band. Syarat utama dalam pengoperasian teknik pemilihan tingkat kecerahan adalah adanya informasi tentang rentang nilai tiap obyek. Adapun pemilihan nilai kecerahan yaitu dapat dilakukan dengan mengiris kurva besar tersebut, menjadi kurva kecil-kecil. Pada pemotongan ini juga berarti bahwa seluruh nilai kecerahan dipilih menjadi beberapa interval, yang masing-masing mewakili obyek tertentu. Adapun persamaan pada *density slicing* ini yaitu sebagai berikut.

$$\text{Threshold Values} = \text{Mean} + n. \text{Std. Deviasi} \quad (1)$$

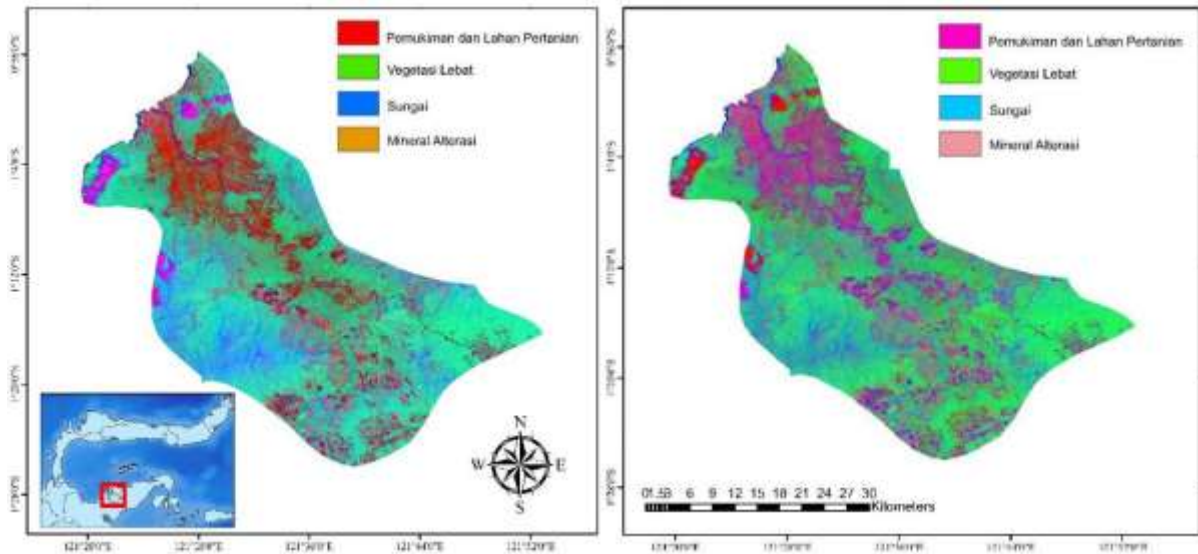
dengan:

- $n = 1$ (tingkat kepercayaan 92%)
- 2 (tingkat kepercayaan 95%)
- 3 (tingkat kepercayaan 98%)

Pada penelitian ini, *Density Slicing* menggunakan citra rasio 4/2, 5/6 dan 6/7 untuk mendeteksi mineral *Ferrugitation*, *Ferromagnesian*, lempung dan karbonat.

3. Hasil dan Pembahasan

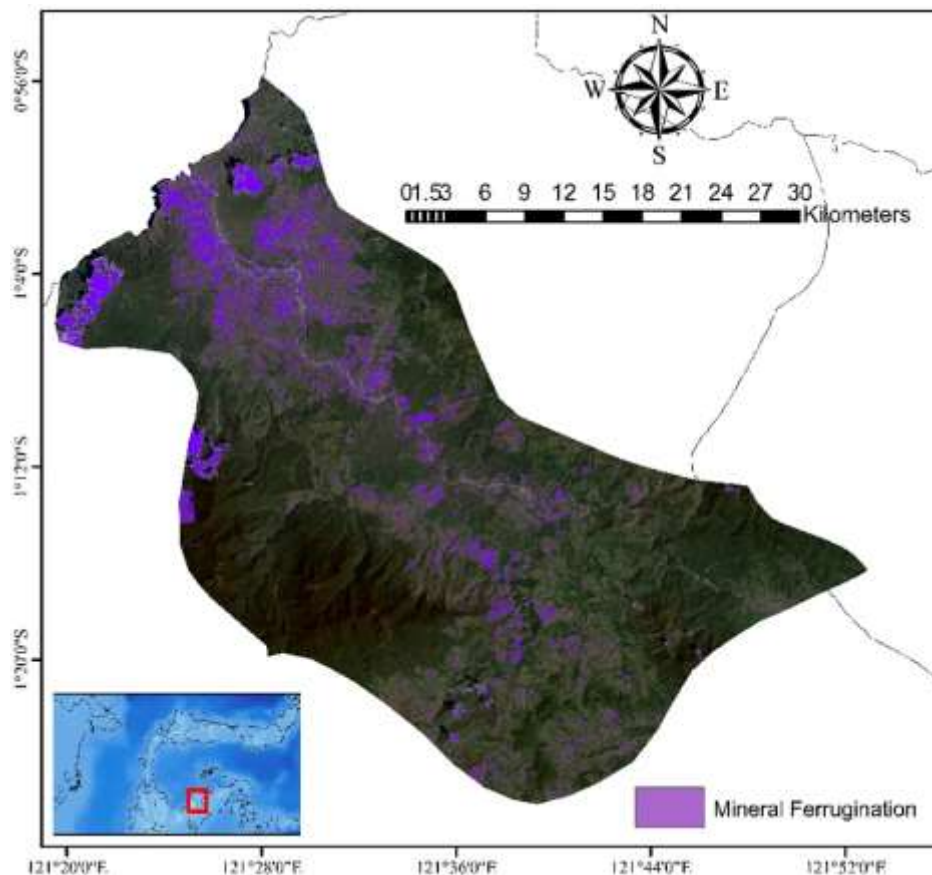
Hasil pengolahan data citra komposit 4/2, 6/7, 5, dan 4/2, 6/7, 10 menunjukkan perbedaan penyebaran mineral alterasi. Warna kuning-oranye serta merah muda mengindikasikan kehadiran mineral alterasi seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 3. Mineral alterasi hidrotermal di permukaan akan nampak lebih jelas pada reflektansi rasio saluran 6/7 pada komposit warna. Mineral ini terdeteksi sebagai warna oranye (komposit 4/2, 6/7, 5) sampai merah muda kecoklatan (komposit 4/2, 6/7, 10). Sementara itu warna merah menandakan lokasi permukiman dan lahan pertanian, sedangkan warna hijau sebagai vegetasi dan warna biru pekat terdeteksi di sepanjang aliran sungai di lokasi penelitian.



Gambar 3. Hasil citra komposit RGB yang menunjukkan mineral alterasi terdeteksi sebagai warna oranye (komposit 4/2, 6/7, 5) (kiri) sampai merah muda kecoklatan (komposit 4/2, 6/7, 10) (kanan)

Hasil *Density Slicing* secara regional mampu menunjukkan sebaran mineral alterasi hidrotermal yang terkonsentrasi di beberapa area. Mineral alterasi oksida besi dan hidroksida besi (limonit) atau kelompok ferrugination ditunjukkan pada rasio 4/2 pada Gambar 4. Sebaran ini cukup menarik jika diasosiasikan dengan litologi batuan pada peta geologi. Sebaran mineral

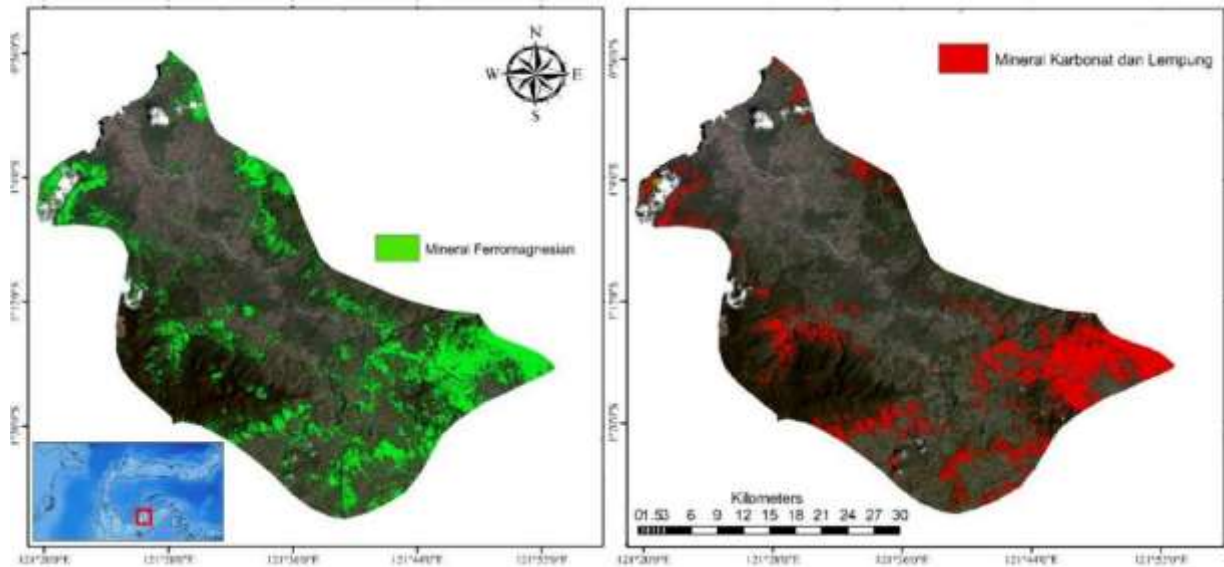
oksida dan hidroksida besi (*Ferrugination*) mendominasi area di batuan aluvium dan ofiolit. Persebaran mineral ini mendominasi di bagian tengah ke utara daerah penelitian di kawasan sungai dataran rendah. Sebaran alterasi ini diinterpretasikan sebagai prospek studi lanjut keberadaan mineral tambang seperti nikel dan besi.



Gambar 4. Sebaran mineral alterasi oksida besi dan hidroksida besi (limonit) atau kelompok ferrugination menggunakan rasio 4/2 Citra Landsat 8 di daerah penelitian.

Pada kelompok ferromagnetisme dan mineral karbonat hasil Dense Slicing rasio 5/6 dan 6/7 memiliki pola yang hampir sama. Mineral ini mendominasi di wilayah perbukitan yang tersebar di bagian Selatan daerah penelitian. Sebaran alterasi ini mendominasi di batuan konglomerat dan batugamping. Khusus sebaran mineral karbonat yang terdeteksi pada rasio 6/7 selaras

dengan potensi mineral tambang batugamping di Kecamatan Ulubongka yang mengandung CaO dan MgO yaitu di Desa Marowo hasil penelitian Muksin dkk., tahun 2014. Selain itu, kehadiran mineral serpentinin juga terindikasi oleh sebaran alterasi ferromagnesian di wilayah Ulubongka seperti di Desa Marowo dan Desa Tampanombo dengan luas area diperkirakan sekitar 4.147 ha.



Gambar 5. Sebaran mineral alterasi kelompok ferromagnesian (kiri) dan kelompok lempung dan karbonat (kanan) menggunakan rasio 5/6 dan 6/7 Citra Landsat 8 di daerah penelitian

Kombinasi dari kedua hasil pengolahan data Citra Landsat yang telah dilakukan menunjukkan hubungan yang cukup baik antara sebaran mineral alterasi hidrotermal terhadap potensi bahan mineral tambang di daerah penelitian. Korelasi positif antara keterdapatan bahan tambang dengan sebaran alterasi menjadi salah satu temuan bahwa pemanfaatan citra satelit dalam studi awal identifikasi potensi bahan tambang. Dengan memanfaatkan teknik ini, sebaran alterasi dapat mendelineasi area potensi bahan tambang yang secara langsung mempersempit area prospek menjadi semakin fokus. Meskipun demikian, penelitian ini masih membutuhkan uji validasi lapangan guna menghitung tingkat akurasi secara kuantitatif. Hal ini diperlukan karena berbagai efek distorsi permukaan dan atmosferik seperti vegetasi dan awan masih belum diketahui seberapa besar dampaknya pada penelitian ini. Oleh karena itu, sangat diperlukan beberapa titik uji untuk melakukan proses validasi tersebut pada penelitian berikutnya.

4. Kesimpulan

Citra Landsat 8 mampu mengidentifikasi sebaran mineral alterasi hidrotermal baik dengan metode komposit maupun *Density Slicing* dengan cukup baik. Sebaran mineral oksida dan hidroksida besi (*Ferrugination*) mendominasi

area di batuan aluvium dan ofiolit serta diinterpretasikan sebagai prospek studi lanjut keberadaan mineral tambang seperti nikel dan besi. Sedangkan kelompok ferromagnetisme dan mineral karbonat mendominasi di batuan konglomerat dan batugamping dengan potensi mineral tambang batugamping dan serpentinin dengan perkiraan sumberdaya seluas 4.147 ha.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu selama proses penelitian ini serta tim riset di Laboratorium Geofisika.

Daftar Pustaka

- Corbett, G.J., and Leach, T.M., 1998. Southwest Pacific Rim Gold-Copper System: Structure, Alteration, and Mineralization. Southwest Pacific: SEG Social Publication.
- Dewi, E. K. S., 2018. Integrasi Data Citra Landsat-8, Dem Alos Palsar, Isotop Radon dan Geokimia untuk Penentuan Distribusi Batuan Alterasi dan Struktur Permeabel Gunung Way Ratai, Lampung. Skripsi, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Geofisika, Universitas Lampung.
- Kavalieris I, van Leeuwen, TM., Wilson, M., 1992. Geological setting and styles of mineralization,

- north arm of Sulawesi, Indonesia. *Journal of Southeast Asian Earth Sciences*, 7, 113-130.
- Lawless J.V., White P.J., Bogie I., 1997. Important Hydrothermal Minerals and Their Significance. Geothermal and Mineral Services Division, Kingston-Morrison Ltd., 7th edition.
- Maskuri, F., 2010. Eksplorasi Mineral Emas. *JIK Tekmin*, 23(2).
- Muksin, I., Kusdarto, Setiawan, W., 2014. Inventarisasi Mineral Bukan Logam di Kabupaten Tojo Una-Una dan Kabupaten Banggai Provinsi Sulawesi Tengah. *Proceeding Pemaparan Hasil-Hasil Kegiatan Lapangan Tahun 2014 Pusat Sumber Daya Geologi*. Bandung, Indonesia.
- Putra, I.D., Nasution, R.A.F., Harijoko, A., 2017. Aplikasi Landsat 8 OLI/TIRS dalam Mengidentifikasi Alterasi Hidrotermal Skala Regional: Studi Kasus Daerah Rejang Lebong dan Sekitarnya, Provinsi Bengkulu. *Proceeding Seminar Nasional Kebumihan*.
- Rahayu, R., dan Candra, D.S., 2014. Koreksi Radiometrik Citra Landsat-8 Kanal Multispektral Menggunakan Top of Atmosphere (ToA) Untuk Mendukung Klasifikasi Penutup Lahan. *Pusat Teknologi dan Data Penginderaan Jauh, LAPAN* 762–767.
- Rusmana, E., Koswara, A., Simandjuntak, T. O., 1993. Peta Geologi Lembar Luwuk, Sulawesi. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Salamah, A. F., 2014. Penentuan Tipe Alterasi Berdasarkan Analisis Petrografi, Mineragrafi, Dan Geokimia Pada Daerah Kasimbar, Kabupaten Mautong, Provinsi Sulawesi Tengah. *Geological Engineering e-journal*, 6(1), 255-270.
- Simandjuntak, T. O., Surono, Supandjono, 1997. Peta Geologi Lembar Poso, Sulawesi; Edisi ke-2. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Surono, Simandjuntak, T. O., Situmorang, R. L., Sukido, 1993. Peta Geologi Lembar Batui, Sulawesi. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Utami, P., 2011. Hydrothermal Alteration and the Evolution of the Lahendong Geothermal System, North Sulawesi, Indonesia. Thesis, The University of Auckland.
- Utami, P., Widarto, D. S., Atmojo, J. P., Kamah, Y., Browne, P. R. L., Warmada, I. W., Bignall, G., Chambefort, I., 2015. Hydrothermal Alteration and Evolution of the Lahendong Geothermal System, North Sulawesi. *Proceedings, World Geothermal Congress* 2015.
- Verdiansya, O., 2016. Perubahan Unsur Geokimia Batuan Hasil Alterasi Hidrotermal di Gunung Wungkal, Godean, Yogyakarta. *Kurvatek*, 1(1), 59-67.
- Wajidi, M. F, Santoso, B., Kusumanto, D., Digdowirogo, S., 2012. Sistem Emas Epitermal Sulfidasi Rendah Dalam Batuan Metamorf Di Poboya, Sulawesi Tengah: Tinjauan Deskriptif Utama. *Majalah Geologi Indonesia*, 27(2), 131-141.
- Zuhannisa, S., 2019. Pemanfaatan Citra Landsat 8 untuk Pemetaan Potensi Mineralisasi Emas di Kabupaten Tapanuli Selatan, Sumatera Utara. *Indonesian Journal of Applied Physics*, 9(1), 1-8.

Pemanfaatan Lubang Bekas Tambang Sebagai Danau Pascatambang di PT Kasongan Bumi Kencana Kabupaten Katingan Provinsi Kalimantan Tengah

*(Use of Void as a Post-Mining Lake at PT Kasongan Bumi Kencana Katingan
Regency Central Kalimantan Province)*

I Putu Putrawiyanta^{1*}

¹Jurusan/Prodi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya

*Korespondensi E-mail : iputuputrawiyanta@mining.upr.ac.id

Abstrak

Penambangan secara tambang terbuka akan menimbulkan perubahan rona lingkungan dan meninggalkan lubang bekas tambang (*void*). *Void* yang ditinggalkan pada akhir kegiatan tambang tanpa adanya perencanaan pemanfaatan berpotensi menimbulkan dampak yang tidak diinginkan bagi lingkungan. Rona akhir tambang dalam penelitian ini dibatasi pada: peruntukan lahan, dan kualitas air permukaan. Penelitian bertujuan untuk mengkaji pemanfaatan lubang bekas tambang (*void*) terhadap pembangunan berkelanjutan. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa lubang bekas tambang (*void*) berpotensi memberi kontribusi terhadap pembangunan berkelanjutan. Program pemberdayaan masyarakat sekitar tambang dalam memanfaatkan lubang bekas tambang menjadi sangat penting bagi kelangsungan penggerak ekonomi di daerah setempat. Kualitas air limbah tambang yang dilepas ke badan air atau sungai dan kualitas air permukaan yang berada pada lubang bekas tambang (*void*) menjadi gambaran terhadap bahaya atau tidaknya pemanfaatan air tersebut bagi kesehatan manusia.

Kata kunci: *Void, pascatambang, kualitas air*

Abstract

Open pit mining will create a change in the environment and leave a former mine (void). A void that is left at the end of mining activities without any utilization planning could potentially cause an unwanted impact on the environment. The final hue of the mines in this study is limited to land allocation, and surface water quality. The research aims to assess the use of a former mine (void) for sustainable development. The results of this research show that the former mine (void) could potentially contribute to sustainable development. The community empowerment Program around the mine in utilizing the former mine holes is crucial for the continuity of the local economic drive. The quality of mine wastewater released to water or river bodies and the quality of surface water in a former mine (void) becomes a representation of the danger of the use of water for human health.

Keywords: *Void, post-mining, water quality*

1. Pendahuluan

Pada akhir dari suatu kegiatan penambangan sering kali menyisakan lubang bekas tambang yang tidak dapat ditimbun kembali. Lubang bekas tambang atau yang sering disebut dengan istilah *Void*, sering kali mendapat respon negatif dari pemerintah maupun masyarakat sekitar lokasi pertambangan. Oleh karena itu perusahaan tambang perlu memperhatikan dengan serius bagaimana penanganan serta pemanfaatan lubang bekas tambang ini setelah tambang berhenti beroperasi.

Reklamasi adalah kegiatan yang dilakukan sepanjang tahapan usaha pertambangan untuk menata, memulihkan, dan memperbaiki kualitas

lingkungan dan ekosistem agar dapat berfungsi kembali sesuai peruntukannya (PP No. 78, 2010)

Program Reklamasi tahap Operasi Produksi dapat dilaksanakan dalam bentuk revegetasi dan/atau peruntukan lainnya yang terdiri atas area permukiman, pariwisata, sumber air, dan area pembudidayaan. Reklamasi bentuk lain dilaksanakan pada lokasi lahan bekas tambang, lahan bekas fasilitas pengolahan dan pemurnian, lahan bekas fasilitas penunjang, bangunan lainnya, lubang bekas tambang, dan atau danau pascatambang (Kepmen ESDM No. 1827, 2018).

Menurut (Gautama, 2019), pada danau bekas tambang, baik batuan ataupun material timbun

balik yang berupa batuan penutup dapat melepaskan mineral-mineral atau senyawa-senyawa yang larut di dalam air yang mengakibatkan tingginya konsentrasi padatan terlarut total (TDS). Penting untuk disadari adalah bahwa pembentukan danau bekas tambang merupakan proses yang sangat kompleks dan unik untuk setiap danau. Oleh karenanya perlu direncanakan dengan baik sejak dari awal perencanaan tambang dan selalu dikaji ulang sepanjang dalam masa operasi penambangan dengan melakukan penyempurnaan jika terdapat data baru atau perubahan rancangan tambang.

Maksud dan tujuan hasil penelitian ini yaitu mengkaji upaya pengelolaan dan pemanfaatan lubang bekas tambang yang dilakukan oleh perusahaan pada saat ini, dan mengkaji peruntukan lubang bekas tambang yang berdasarkan pada Rencana Penutupan Tambang (RPT) perusahaan. Diharapkan dari penelitian ini, memberikan masukan dan informasi tentang

pentingnya rona akhir tambang dalam suatu perencanaan tambang untuk pengelolaan pascatambang bagi perusahaan dan masyarakat sekitar, serta dijadikan bahan masukan untuk pembuatan kebijakan bagi pemerintah setempat dalam pengelolaan lubang bekas tambang untuk pengembangan wilayah setempat.

2. Metode

Lokasi penelitian yaitu pada PT Kasongan Bumi Kencana, yang merupakan perusahaan tambang emas kontrak karya dengan metode penambangannya menggunakan metode *Open Pit* yang terletak di daerah Mirah Kalanaman, Kecamatan Katingan Tengah, Kabupaten Katingan, Provinsi Kalimantan Tengah dengan areal seluas 12.380 ha, secara geografis berada pada koordinat $01^{\circ}25'56''$ - $01^{\circ}37'45''$ LS dan $112^{\circ}0'30''$ - $112^{\circ}58'20''$ BT.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dapat dikategorikan sebagai penelitian kuantitatif, yaitu penelitian yang bersifat objektif dan ilmiah dimana data yang di peroleh berupa angka-angka (skor, nilai) atau pernyataan-pernyataan yang dinilai dan dianalisis. Pendekatan penelitian dapat dilakukan melalui pendekatan grounded research, dimana merupakan kegiatan penelitian yang langsung lapangan dan semua kegiatan dilaksanakan di lapangan (Wibisono, 2013).

Tahapan penelitian meliputi beberapa tahap, diantaranya tahap persiapan, survei lapangan dan pengambilan sampel, tahap pengumpulan dan pengolahan data serta uji laboratorium. Alat dan bahan pengumpul data : wadah sampel (ukuran 1,5 - 2 liter), meteran, GPS, kompas, pH meter, TDS meter, kertas lakmus, spidol permanen, kamera digital, dan buku lapangan.

Pengambilan sampel air permukaan pada Void bekas pit Lebar dilakukan mengikuti petunjuk teknis metoda pengambilan yang telah

ditetapkan dalam SNI.

Pengujian dan analisis air bekerja sama dengan laboratorium independen PT Intertek Utama Services, dimana untuk analisis pH, analisis TSS dan TDS menggunakan metode *Probe Gravimetric*, untuk kandungan logam berat menggunakan metode *ICP-MS*, untuk kandungan sianida bebas dengan metode *Colorimetric*, untuk kandungan merkuri dengan metode *CVAAS*, dan untuk kandungan minyak dan lemak dengan metode *Gravimetric*.

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan oleh Laboratorium independen PT Intertek Utama Services, didapatkan data yang bisa dilihat dalam Tabel 1. Lubang bekas tambang Pit Lebar dimanfaatkan sebagai tempat penampungan limbah dari pabrik pengolahan (*Tailing Storage Facility*) atau disebut TSF Lebar. Hasil analisis

kualitas air limbah tambang yang berasal dari TSF Lebar yang diuji semua memenuhi parameter baku mutu lingkungan yang diatur dalam Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No 202 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan atau Kegiatan Pertambangan Bijih Emas dan atau Tembaga.

Secara umum kondisi fisik lubang bekas tambang (*Void*) Pit Lebar pada saat ini dipenuhi oleh air dan padatan hasil dari pembuangan limbah tailing dari pabrik pengolahan bijih emas PT Kasongan Bumi Kencana. Secara geologi, litologi dari Pit Lebar dan wilayah sekitarnya terdiri atas batuan piroklastik intermediet yang bervariasi dari breksi hingga tuff (PT.LAPI ITB, 2014). Bagian dasar Pit Lebar berupa batuan di lantai dasar lubang tambang Lebar, yang

didominasi oleh tuff dan andesit. Kestabilan geoteknik Pit Lebar memanjang dari arah NW – SE, dengan mengkategorikan lereng pada pit ini menjadi dua, lereng bagian Barat Daya (kiri) dan Timur Laut (kanan). Hasil analisis kestabilan lereng Pit Lebar didapatkan nilai faktor keamanan lereng Pit Lebar kanan berkisar pada nilai 1,428 – 1,858. Sedangkan untuk lereng Pit Lebar kiri, dengan kemiringan lereng $\pm 45^\circ$, nilai faktor keamanan lereng masih berkisar diatas 1,40. Pada kenyataannya tidak terjadi kelongsoran pada saat operasi penambangan dan peluang kelongsoran akan semakin kecil dengan adanya tailing yang berupa padatan ditempatkan pada bekas Pit Lebar yang akan berperan sebagai *counterweight* (bobot penyeimbang pada kaki lereng).

Tabel 1. Hasil Uji Laboratorium Terhadap Air Permukaan di *Void* Pit Lebar

No	Parameter	Metode	Unit	Baku Mutu KepMen LH 202/2004	Hasil Uji TSF Lebar
1	pH	Probe	-	6,0 - 9,0	7.80
2	TSS	Gravimetric	mg/L	200	7
3	Free Cyanide, CN	Colorimetric	mg/L	0,5	0,341
4	Arsenic, As	ICP-MS	mg/L	0,5	0.0100
5	Cadmium, Cd	ICP-MS	mg/L	0,1	<0.0001
6	Chromium, Cr	ICP-MS	mg/L	1	<0.001
7	Copper, Cu	ICP-MS	mg/L	2	0.150
8	Lead, Pb	ICP-MS	mg/L	1	<0.001
9	Mercury, Hg	CVAAS	mg/L	0,005	<0.00005
10	Nickel, Ni	ICP-MS	mg/L	0,5	<0.001
11	Zinc, Zn	ICP-MS	mg/L	5	0.006
12	Oil and Grease	Gravimetric	mg/L	-	<1

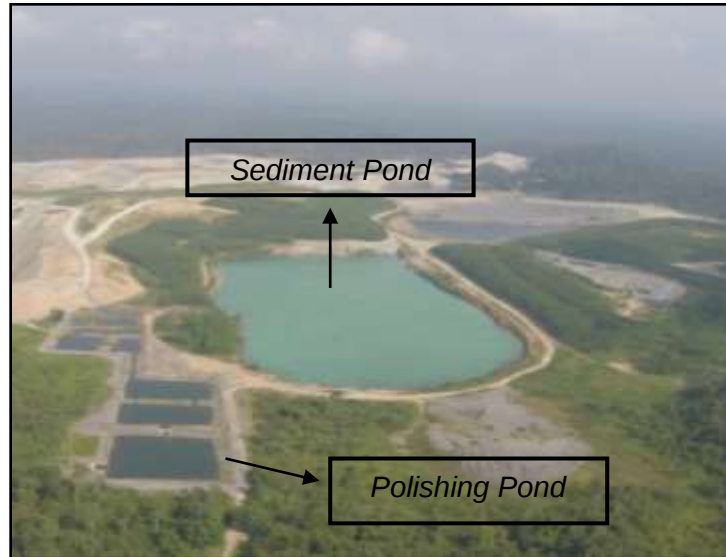
Limbah *tailing* dari proses pengolahan dan pemurnian emas berupa lumpur yang mengandung limbah padat dan limbah cair dengan komposisi 60% air dan 40% padatan lebih kecil dari 75 mikron dipompakan dan dialirkan dengan pipa menuju fasilitas penyimpanan tailing. Proses pengelolaan *tailing* dimulai dari pabrik pengolahan dengan menggunakan *Resin Plant*, dimana adalah sirkuit untuk proses penyerapan Sianida dan logam terlarut dengan memanfaatkan resin sebagai media penyerap. *Resin plant* terdiri dari 4 tangki yang digunakan untuk proses penyerapan Sianida dan logam terlarut. Produk yang diperoleh berupa larutan Sianida yang akan digunakan kembali di pabrik pengolahan dan *tailing* akan dipompakan atau dialirkan ke TSF Lebar. Limbah tailing yang berbentuk cair / atau air lindi yang keluar (*over flow*) akan dikelola dalam sebuah fasilitas pengelolaan air lindi

berupa rangkaian kolam-kolam pengendapan sebelum dilepas (*discharge*) ke badan sungai Bakam. Desain fasilitas pengelolaan air lindi/air limbah yang keluar dari TSF Lebar terdiri dari 6 kolam pengendapan dan 3 kolam pembilasan. Kolam pengendapan berfungsi sebagai kolam *treatment* air limbah dan kolam pembilasan berfungsi sebagai kolam kontrol kualitas air yang sudah memenuhi baku mutu lingkungan.

Kolam Sedimentasi atau pengendapan (*Sediment Pond*) terdiri dari 6 kolam (Gambar 2) yang digunakan untuk melakukan pengelolaan kualitas air seperti TSS, pH dan logam terlarut lainnya yang masih melebihi ambang batas lingkungan. Sedangkan kolam pembilasan (*Polishing Pond*) terdiri dari 3 kolam (Gambar 2). Kolam pembilasan 1 dan 2 akan menjadi lokasi penetralan air jika masih terdapat sisa kandungan sianida dan logam terlarut lainnya dengan degradasi alami oleh sinar matahari dan

pengendapan. Penggunaan bahan kimia seperti SMBS (*Sodium Metabisulphite*) dan flokulan diusahakan sekecil mungkin dan hanya digunakan bila ada masalah pada *resin plant*. Air dengan kualitas yang sudah dinetralkan dan baik

(dengan bio-indikator berupa ikan nila yang disebar dan hidup pada kolam pembilasan) akan dialirkan menuju kolam pembilasan 3 untuk selanjutnya dibuang ke media lingkungan/badan air.



Gambar 2. Posisi Kolam Sedimentasi dan Kolam Pembilasan

Pemanfaatan *Void* bekas pit Lebar pada rencana pascatambang berpengaruh terhadap Aspek Sosial, Ekonomi dan Lingkungan untuk pembangunan berkelanjutan pada daerah sekitar area pertambangan, sehingga pada saat tambang berhenti beroperasi tidak terjadi fenomena “kota mati” dan masyarakat sekitar masih mampu mandiri untuk keberlanjutan pembangunan dibantu dengan pemerintah setempat.

Aspek sosial, yaitu melalui pengembangan wilayah yang dilakukan oleh perusahaan yang bermanfaat pada masyarakat sekitar tambang dengan program *Community Development* (*Comdev*). *Comdev* yang dilakukan oleh perusahaan merupakan wujud tanggung jawab perusahaan kepada daerah dan masyarakat sekitar. Rencana *comdev* yang dilakukan pada saat ini, diantaranya pemberdayaan masyarakat seperti untuk pembangunan demplot karet unggul/budidaya rotan dan pembinaan keramba ikan merupakan bagian dari perhatian terhadap masyarakat sekitar untuk menciptakan kehidupan yang harmonis dengan penduduk sekitar dan juga berguna bagi persiapan masyarakat sekitar tambang pada saat tambang sudah tidak beroperasi, sehingga masyarakat dapat mandiri.

Aspek ekonomi, yaitu mempunyai potensi manfaat dikelola untuk sumber air bersih, pengairan untuk budidaya tanaman tahunan dan pertanian, sumber air untuk peternakan, tempat wisata, atau budidaya perikanan, dimana tujuannya adalah sebagai penggerak ekonomi

dan opsi mata pencaharian bagi masyarakat sekitar pada saat tambang sudah berakhir atau tutup. Pada tahap akhir, diharapkan program dari perusahaan untuk masyarakat sekitar menciptakan situasi atau suasana baru sebagai penopang perekonomian yang tidak hanya berasal dari tambang, sehingga harapan terwujudnya pembangunan berkelanjutan bisa tercapai. Kolam IPAL (*Sediment Pond* dan *Polishing Pond*) cocok digunakan sebagai tempat budidaya ikan air tawar, sedangkan lubang bekas pit Lebar dapat dimanfaatkan sebagai tempat budidaya ikan keramba. Mengingat usaha ini dapat dijadikan sumber mata pencaharian baru bagi masyarakat sekitar dan sesuai dengan Rencana Program Kerja dari tim *Community Development* yaitu pembinaan keramba ikan bagi masyarakat sekitar. Konstruksi keramba yang dapat digunakan adalah dengan Keramba Jaring Apung, mengingat konstruksi keramba ini tidak terlalu rumit pembuatannya serta dapat memanfaatkan drum-drum bekas sebagai pelampungnya. Sejauh ini hasil percobaan pembenihan ikan air tawar dilakukan pada kolam pembilasan dengan menaburkan benih ikan seperti nila dan gabus dan hasilnya cukup berhasil (Gambar 3), dimana dapat bertahan hidupnya ikan juga sebagai bio-indikator bahwa proses pengolahan dan pengelolaan air limbah tambang berhasil.

Aspek lingkungan, yaitu untuk mengurangi dampak yang ditimbulkan oleh kegiatan operasi penambangan, maka selama tahapan kegiatan

pertambangan dilakukan pengelolaan lingkungan oleh perusahaan. Upaya pengelolaan lingkungan dan reklamasi yang dilakukan dapat diharapkan digunakan untuk mencegah air limbah melampaui baku mutu air yang ditetapkan. Berdasarkan analisis air permukaan, didapatkan bahwa kualitas air permukaan sesuai dengan

baku mutu yang ditentukan, sehingga air yang berada pada TSF Lebar ataupun kolam IPAL dapat dipergunakan sesuai peruntukannya. Diharapkan pengelolaan secara konsisten oleh perusahaan dilakukan sampai pascatambang berlangsung dan berakhir.



Gambar 3. Kolam Pembilasan : (a) Pengerinan Kolam Pembilasan, dan (b) Ikan Hasil Pembenihan

4. Kesimpulan

Pemanfaatan lubang bekas tambang (*Void*) pada pascatambang memiliki dampak/kontribusi terhadap pembangunan berkelanjutan yang dapat dilihat dari tiga aspek, yaitu secara ekonomi untuk budidaya perikanan dan sumber air untuk pengairan tanaman, secara social dengan meningkatnya kemampuan masyarakat melalui pemberdayaan program *Community Development (Comdev)* yang terintegrasi dengan program perencanaan penutupan tambang, dan secara lingkungan melalui kualitas air limbah yang dikelola sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan, sehingga akan kembalinya fungsi lingkungan dan ekosistem. Diperlukan pengujian tingkat lanjut untuk menguji berapa kandungan logam berat yang terkonsentrasi pada ikan yang hidup didalam kolam percobaan pembenihan tersebut, sehingga layak dan aman untuk dikonsumsi.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada PT Kasongan Bumi Kencana yang telah bersedia menerima dan banyak membantu dalam penelitian ini baik dari segi data maupun biaya penelitian.

Daftar Pustaka

- Bargawa, W. S., 2017. Reklamasi dan Pascatambang. Edisi Ketiga. UPN Veteran Yogyakarta.
- Darmono, 2001. Lingkungan Hidup dan Pencemaran, Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam. Universitas

- Indonesia. Jakarta.
- Gautama, R. S., 2019. Pembentukan, Pengendalian Dan Pengelolaan Air Asam Tambang. ITB Press, Bandung.
- Pemerintah Indonesia., 2010. Peraturan Pemerintah Nomor 78 Tahun 2010 tentang Reklamasi dan Pascatambang. Jakarta, Indonesia
- Pemerintah Indonesia., 2018. Keputusan Menteri Energi Sumber Daya Mineral No 1827/K/30/MEM/2018 tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan Yang Baik. Jakarta, Indonesia.
- Pemerintah Indonesia., 2004. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 202 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha Dan Atau Kegiatan Pertambangan Bijih Emas Dan/Atau Tembaga. Lembaran Negara RI Tahun 2004. Sekretariat Negara. Jakarta.
- Pemerintah Indonesia., 2001. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Lembaran Negara RI Tahun 2001 Pengelolaan Kualitas Air. Nomor 4161. Sekretariat Negara. Jakarta.
- PT Kasongan Bumi Kencana., 2013. Kerangka Acuan Analisis Mengenai Dampak Lingkungan Hidup Pengembangan Penambangan Emas Dmp Dalam Wilayah Kontrak Karya No B-43/Pres/11/1986, PT Kasongan Bumi Kencana, Katingan, Kalimantan Tengah.
- PT Kasongan Bumi Kencana., 2016. Laporan Rencana Pengelolaan Lingkungan (RKL) dan Rencana Pemantauan Lingkungan (RPL) Triwulan III, PT Kasongan Bumi Kencana, Katingan, Kalimantan Tengah.

- PT LAPI ITB., 2014. Laporan Kajian Kelayakan Penempatan Tailing ke Bekas Pit Lebar, Bandung, Indonesia.
- Simatupang, D. H., Triantoro, A., Hakim, R. N., 2019. Studi Geoteknik Rancangan Lereng Penambangan Emas Di Pit North Kuning PT Kasongan Bumi Kencana Kalimantan Tengah, Jurnal Geosapta Volume 5 (01), 37-40.
- Standar Nasional Indonesia., 2008. SNI 6989-57-2008, Tentang Air Dan Air Limbah, Bagian 57, Metoda Pengambilan Contoh Air Permukaan.
- Standar Nasional Indonesia., 2008. SNI 6989-59-2008, Tentang Air Dan Air Limbah, Bagian 59, Metoda Pengambilan Contoh Air Limbah.
- Wibisono D., 2013. Panduan Penyusunan Skripsi, Tesis & Disertasi. Andi Offset, Yogyakarta.

Analisis Hubungan CBR, Tahanan Guling dan Daya Dukung Tanah Terhadap Kecepatan *Dump Truck* Pada Jalan Angkut Tambang

Menggunakan Metode Regresi Linier

(Analysis Between CBR, Rolling Resistance and Soil Bearing Capacity with Dump Truck Velocity in Mine Hauling Road Use Linear Regression Method)

Yazid Fanani^{1*}

¹Teknik Pertambangan, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

* Korespondensi E-mail : yazid.tambang@itats.ac.id

Abstrak

Pengaruh utama pada kegiatan pengangkutan menggunakan *dump truck* adalah kondisi jalan, kondisi peralatan dan cuaca. Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan analisis hubungan antara nilai *CBR* (*California Bearing Ratio*), tahanan guling dan daya dukung tanah terhadap kecepatan *dump truck* dengan pendekatan model matematika berdasarkan metode regresi linier. Kecepatan *dump truck* dinyatakan sebagai variabel terikat (Y). *CBR*, tahanan guling, dan daya dukung tanah dinyatakan sebagai variabel bebas (X). Berdasarkan hasil penelitian, tahanan guling mempunyai pengaruh negatif terhadap kecepatan *dump truck*. Kecepatan *dump truck* akan berkurang sebanyak 0,13 – 0,14 km/jam dengan naiknya nilai tahanan guling sebesar 10 lbs. *CBR* dan daya dukung tanah berpengaruh positif terhadap kecepatan *dump truck*. Kenaikan nilai *CBR* sebesar 5 % dan kenaikan nilai daya dukung tanah sebesar 0,34 kg/cm² akan meningkatkan kecepatan *dump truck* 0,48 – 0,66 km/jam. Agar kecepatan *dump truck* dapat meningkat, nilai minimum *CBR* dari jalan angkut adalah 15 % dan nilai daya dukung tanah sebesar 6,79 kg/cm² dengan maksimum nilai tahanan guling 40 lbs.

Kata kunci: *CBR*, daya dukung tanah, regresi linier, tahanan guling

Abstract

The main effect of hauling using dump trucks is effected by haul road, machine condition, and weather. The purpose of this research is to analyze the connection between CBR, rolling resistance and soil bearing capacity with dump truck velocity using linear regression methods by mathematical model approach. Dump truck velocity is as dependent variable (Y). CBR, rolling resistance and soil bearing capacity is as the independent variable (X). Based on this research, rolling resistance has a negative effect to dump truck velocity. Dump truck velocity decreases 0.13 – 0.14 km/h by the increase of 10 lbs rolling resistance. CBR and soil bearing capacity have a positive effect to dump truck velocity. The increase 5 % of CBR and 0.34 kg/cm² soils bearing capacity can increase dump truck velocity of 0.48 – 0.66 km/h. To increase dump truck velocity, the minimum CBR value on the haul road is 15 % and soil bearing capacity 6.79 kg/cm² with a maximum rolling resistance value of 40 lbs.

Keywords: *CBR, linear regression, rolling resistance, soils bearing capacity*

1. Pendahuluan

Pada kegiatan penambangan, terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi tingkat produksi dari penambangan yang kegiatan pengangkutannya menggunakan *dump truck*. Faktor tersebut yaitu kondisi jalan angkut, kondisi *dump truck* itu sendiri, dan kondisi cuaca (Fanani dan Destinaba, 2019).

Fokus pada penelitian ini adalah pada kondisi jalan angkut khususnya pada daya dukung tanah. Daya dukung tanah merupakan kemampuan material penyusun jalan untuk menopang beban *dump truck* yang melewati jalan tersebut. Pada daya dukung tanah, material penyusun

permukaan jalan angkut dapat mempengaruhi besar kecilnya nilai dan nilai *CBR* yang akan berdampak pada kecepatan *dump truck*.

Berdasarkan hal tersebut maka perlu dilakukan analisis mengenai hubungan antara tahanan guling, nilai *CBR* dan daya dukung tanah terhadap kecepatan *dump truck* pada jalan angkut. Analisis dilakukan dengan pendekatan model matematika berdasarkan metode regresi linier. Metode regresi linier adalah suatu cara untuk menentukan hubungan antara variabel terikat terhadap variabel bebas. Kedua variabel ini apabila dinyatakan dalam bentuk kurva akan

berupa garis lurus (Amrullah *et al.*, 2019). Pada kondisi ini variabel terikat (Y) adalah kecepatan *dump truck*. Variabel bebas (X) adalah tahanan guling, *CBR* dan daya dukung tanah.

Metode regresi linier dapat diterapkan apabila titik-titik plot variabel bebas dan variabel terikat terhimpun dan membentuk garis lurus. Hal ini dinyatakan dari hasil uji statistik yang terdiri dari nilai-nilai koefisien korelasi (R), koefisien determinasi (R^2), tingkat konvergensi (C) yang tinggi dengan faktor penyimpangan (SD) yang kecil.

2. Metode

Lokasi Penelitian

Pengambilan data dilakukan di CV. Mutiara Pasir yang terletak pada Desa Jugosari, Kecamatan Candipuro Kabupaten Lumajang, Provinsi Jawa Timur (Gambar 1). Sedangkan untuk uji laboratorium, pengolahan data dan analisis data dilakukan di Jurusan Teknik Sipil dan Teknik Pertambangan Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya (ITATS).

Tahapan Penelitian

Pengujian CBR (*California Bearing Ratio*)

Nilai CBR adalah perbandingan antara beban percobaan atau (*test load*) dengan beban standar (*standard load*) yang dinyatakan dalam bentuk persentase (Wongkar dan Susilo, 2019). Standar pengujian menggunakan standar ASTM D1883 (Juansyah, 2016). Perhitungan nilai *CBR* didasarkan pada persamaan :

$$CBR = \frac{PT}{PS} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

CBR = California Bearing Ratio (%)
PT = Beban Percobaan (*test load*)
PS = Beban Standar (*standard load*)

Perhitungan Daya Dukung Tanah

Daya dukung tanah merupakan tekanan atau beban maksimum yang dapat dipikul oleh tanah tanpa terjadi kelongsoran (Palar Monintja, E dan Sarajar, 2013). Nilai dari daya dukung tanah dapat dihitung dari konversi nilai *CBR* menggunakan persamaan (Pradani dan Wibowo, 2017). Persamaan untuk menghitung nilai daya dukung tanah dari nilai *CBR* adalah :

$$DDT = 1,6649 + 4,3592 \log CBR \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :

DDT = Daya Dukung Tanah (kg/cm^2)
CBR = *California Bearing Ratio* (%)

Perhitungan Tahanan Guling

Tahanan Guling (*rolling resistance*) merupakan jumlah gaya-gaya luar yang berlawanan dengan arah gerak kendaraan yang berjalan di atas permukaan tanah (Prodjosumarto, 1993). Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai tahanan guling yaitu : berat muatan, kondisi jalan, gesekan dalam, struktur permukaan jalan dan bagian kendaraan yang bersentuhan dengan permukaan jalan, yaitu luas kontak ban dengan jalan (Wood *et al.*, 1995). Nilai *Rolling Resistance* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$RR = (\text{Tier Penetration (inch)} \times 30) + 40 \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan :

RR = *Rolling Resistance* (lbs)
40 = Ketetapan 2% *internal friction*

Analisis

Analisis hasil penelitian menggunakan pendekatan model matematika dengan metode regresi linier. Data yang digunakan adalah data yang diambil pada jalan angkut CV. Mutiara Pasir. Uji sampel dilakukan di laboratorium Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya. Sampel yang diambil merupakan sampel tanah yang menyusun lapisan permukaan jalan angkut. Nilai-nilai dari *CBR*, *Rolling Resistance* dan daya dukung tanah dihitung berdasarkan persamaan (1), (2) dan (3). Kecepatan *dump truck* dinyatakan sebagai variabel terikat (Y). Variabel bebas (X) merupakan nilai *CBR*, tahanan guling dan daya dukung tanah (DDT). Model matematika dibuat secara *trial and error* dengan persamaan :

$$Y = aX + b \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan :

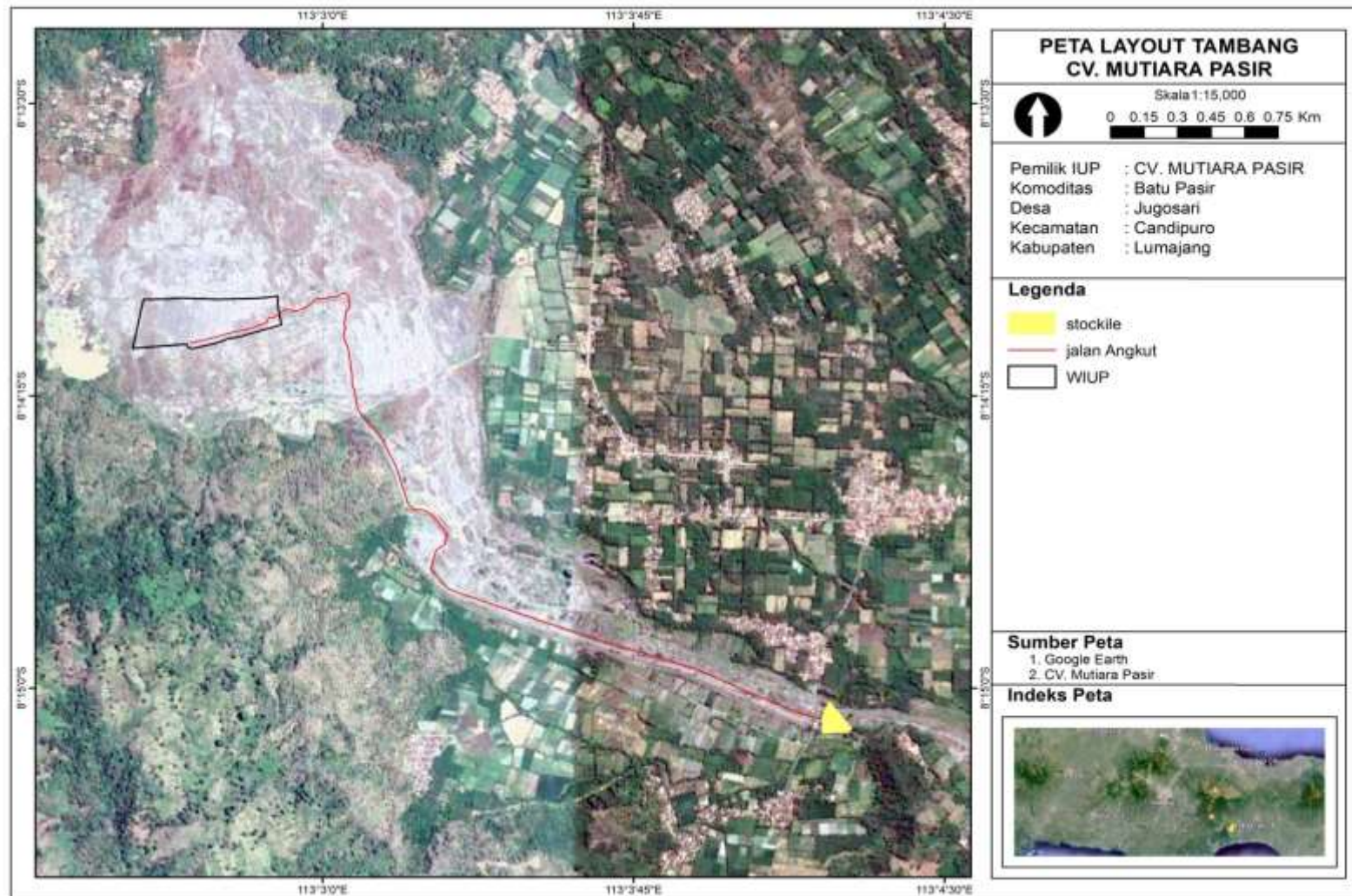
Y = Variabel Terikat
X = Variabel Bebas
a dan b = Konstanta

nilai konstanta a dan b ditentukan berdasarkan persamaan :

$$a = \frac{(\sum Y)(\sum X) - n \sum XY}{(\sum X)^2 - n \sum X^2} \dots\dots\dots (5)$$

$$b = \frac{(\sum Y)(\sum X^2) - (\sum XY)(\sum X)}{n \sum X^2 - (\sum X)^2} \dots\dots\dots (6)$$

Kemudian dilakukan uji validitas dari hubungan variabel terikat (Y) dengan variabel bebasnya (X). Uji validitas yang dilakukan meliputi nilai koefisien korelasi (R), koefisien



Gambar 1. Lokasi Penelitian

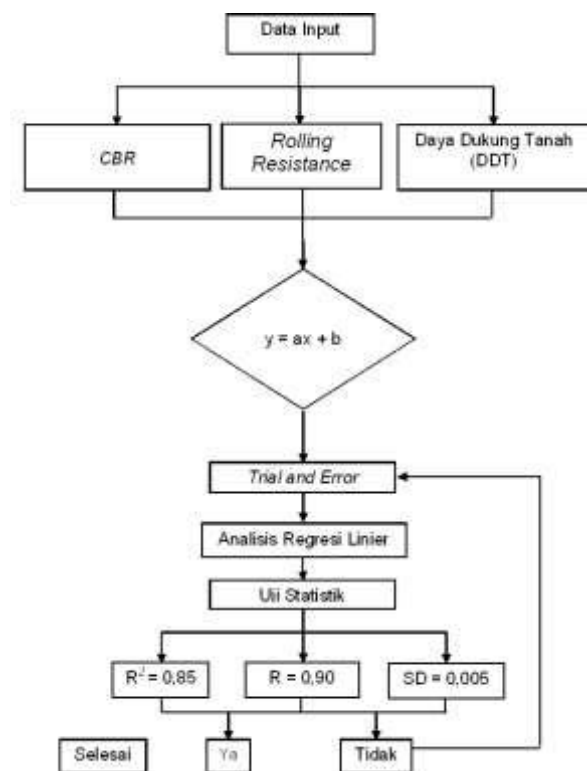
determinasi (R^2), standar deviasi (SD) dan tingkat konvergensi (C). Uji validitas dianggap valid apabila nilai koefisien korelasi (R) bernilai $\geq 0,90$, nilai koefisien determinasi (F) bernilai $\geq 0,85$ dan standar deviasi (SD) bernilai $\leq 0,005$. Apabila nilai-nilai tersebut belum terpenuhi maka dilakukan kembali permodelan Matematika yang sesuai untuk mencapai nilai-nilai yang disyaratkan. Adapun bentuk-bentuk persamaan untuk menentukan uji validitas tersebut adalah sebagai berikut :

$$R = \frac{n \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{\{n \sum X^2 - (\sum X)^2\} \{n \sum Y^2 - (\sum Y)^2\}}} \dots\dots\dots (7)$$

$$SD = \left| \frac{Y - Y_{reg}}{Y} \right| \times 100\% \dots\dots\dots (8)$$

$$C = 100 - SD \dots\dots\dots (9)$$

Secara sederhana, tahapan dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar 1 berikut.



Gambar 2. Tahapan Penelitian

Hasil pemodelan matematika, maka akan dapat diketahui pengaruh dari CBR, tahanan guling dan daya dukung tanah terhadap kecepatan *dump truck* yang melalui jalan angkut di CV. Mutiara Pasir.

Model matematika dengan pendekatan metode regresi linier telah banyak diaplikasikan untuk menjawab masalah yang terjadi pada

dunia pertambangan. Diantaranya diaplikasikan dalam memodelkan pengaruh geometri jalan terhadap konsumsi bahan bakar *dump truck* (Fanani dan Destinaba, 2019). Metode regresi linier juga dapat digunakan sebagai salah satu alternatif yang dapat diterapkan untuk menganalisis potensi kandungan gas alam (Nugraha *et al.*, 2018). Termasuk pada proses blending batubara, metode regresi linier juga dapat diaplikasikan (Hoirullah *et al.*, 2019).

3. Hasil Dan Pembahasan

Jalan Angkut

Pengangkutan material dari *front* penambangan menuju area *stockpile* CV. Mutiara Pasir menggunakan *dump truck* Hino Dutro 130 HD berjumlah 4 unit yang memiliki kapasitas vessel 8,5 m³ dengan berat kosong 2,4 ton dan berat pada saat bermuatan 16 ton (densitas pasir 1,602 ton/m³). Panjang jalan angkut 4.276 meter dengan dua jalur, artinya untuk berangkat maupun kembali akan melewati jalan yang sama. Kondisi jalan didominasi oleh material pasir dengan lebar jalan 5,5 meter (Gambar 3).

Waktu tempuh *dump truck* pada saat berangkat bermuatan 54 menit dengan kecepatan rata-rata 4,79 km/jam dan waktu tempuh pada saat kembali kosong 15,83 menit dengan rata-rata kecepatan 16,40 km/jam. Dengan demikian maka dibutuhkan waktu kurang lebih 70 menit untuk tiap *dump truck* menyelesaikan satu siklusnya.



Gambar 3. Jalan Angkut CV. Mutiara Pasir

Jalan angkut dibagi menjadi 3 segmen berdasarkan jenis material penyusun permukaan jalan. Material pada segmen 1 merupakan jenis tanah pasiran kering. Jenis tanah pada segmen 2 adalah tanah pasiran gembur yang mengandung sedikit kandungan air. Dan terakhir material pada segmen 3 merupakan jenis tanah pasiran padat dan kering. Pada masing-masing segmen diambil sampel tanah sebanyak 8 kg yang akan diuji nilai CBR dan daya dukung tanah. Titik pengambilan sampel berada pada tiap pergantian jenis

material penyusun permukaan jalan yang juga digunakan sebagai pembagi segmen jalan angkut.

Tabel 1. Koordinat Pengambilan Sampel

Sampel	Koordinat	
	S	E
S1	08°14'07.40"	113°02'42.40"
S2	08°14'01.01"	113°03'00.46"
S3	08°14'20.30"	113°03'06.33"

Tabel 2. Segmen Jalan Angkut Berangkat (*Dump Truck* Bermuatan)

Segmen	Elevasi (mdpl)	Panjang (m)	Kecepatan (km/jam)
1	229 - 224	504	4,30
2	224 - 229	285	4,00
3	229 - 159	3.487	6,06

Tabel 3. Segmen Jalan Angkut Kembali (*Dump Truck* Kosong)

Segmen	Elevasi (mdpl)	Panjang (m)	Kecepatan (km/jam)
3	159 - 229	3.487	16,43
2	229 - 224	285	15,07
1	224 - 229	504	15,43

Perhitungan CBR, Tahanan Guling dan Daya Dukung Tanah

Berdasarkan hasil pengujian laboratorium dari sampel material yang diambil pada segmen 1, 2, 3 dan hasil pengolahan data, berikut adalah nilai-nilai dari CBR, tahanan guling dan daya dukung tanah yang dibedakan berdasarkan saat *dump truck* bermuatan (berangkat) dan saat kosong (kembali).

Tabel 4. Nilai CBR, Tahanan Guling dan Daya Dukung Tanah (*Dump Truck* Bermuatan)

Segmen	CBR (%)	RR (lb)	DDT (kg/cm ²)
1	14,85	122,8	6,77
2	10,46	146,5	6,11
3	15,75	40	6,88

Tabel 5. Nilai CBR, Tahanan Guling dan Daya Dukung Tanah (*Dump Truck* Kosong)

Segmen	CBR (%)	RR (lb)	DDT (kg/cm ²)
3	15,75	40	6,88
2	10,46	55,9	6,11
1	14,85	52	6,77

Model Matematika

Hasil analisis regresi linier dan uji statistik, terdapat dua model matematika yang dapat digunakan untuk menganalisis hubungan dari

CBR, Tahanan Guling dan Daya Dukung Tanah terhadap kecepatan *Dump Truck*, yaitu model matematika untuk *dump truck* berangkat bermuatan (Model Matematika I) dan model matematika untuk *dump truck* kembali kosong (Model Matematika II).

Model matematika I untuk *dump truck* berangkat bermuatan ditunjukkan pada persamaan berikut ini :

$$V = 68,59 \times (DDT^{0,1} \times RR^{-1,1} \times \log CBR^{2,9}) + 3,64$$

Keterangan :

V = Kecepatan *Dump Truck* (km/jam)
DDT = Nilai Daya Dukung Tanah (kg/cm²)
RR = Nilai Tahanan Guling (lb)
CBR = Nilai *California Bearing Ratio* (%)

Tabel 6. Hasil Uji Statistik Model Matematika I

R	R ²	SD	C
1,000	1,000	0,0000000000000025	99,99



Gambar 4. Grafik Regresi Linier Model Matematika I

Model matematika II untuk *dump truck* kembali kosong ditunjukkan pada persamaan berikut ini :

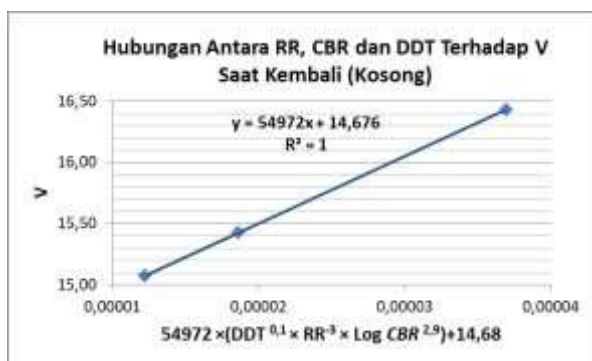
$$V = 54972 \times (DDT^{0,1} \times RR^{-3} \times \log CBR^{2,9}) + 14,68$$

Keterangan :

V = Kecepatan *Dump Truck* (km/jam)
DDT = Nilai Daya Dukung Tanah (kg/cm²)
RR = Nilai Tahanan Guling (lb)
CBR = Nilai *California Bearing Ratio* (%)

Tabel 7. Hasil Uji Statistik Model Matematika II

R	R ²	SD	C
1,000	1,000	0,0000000000000015	99,99



Gambar 5. Grafik Regresi Linier Model Matematika II

Pengaruh *Rolling Resistance* Terhadap Kecepatan *Dump Truck*

Hasil persamaan model matematika I dan II maka untuk tiap perubahan dari nilai tahanan guling pada jalan angkut dapat dianalisis pengaruhnya terhadap kecepatan *dump truck*.

Berdasarkan tabel 7 dan tabel 8 dapat diketahui bahwa tiap kenaikan nilai tahanan guling sebesar

10 lb dengan nilai *CBR* dan nilai tahanan guling adalah nilai rata-rata *CBR* dan *rolling resistance* pada tabel 3 dan tabel 4, kecepatan rata-rata *dump truck* akan berkurang 0,13-0,14 km/jam sehingga akan menambah waktu tempuh sebanyak 2 menit untuk tiap siklus. Hal ini terlihat kecil namun jika memperhitungkan jumlah *dump truck* dan waktu kerja dalam sehari (8 jam) akan mempengaruhi jumlah ritase total yang dapat dilakukan.

Kedua saat ini dengan waktu tempuh untuk tiap siklus adalah selama 70 menit dan jumlah *dump truck* sebanyak 4 unit, ritase per hari mencapai 28 rit. Dengan bertambahnya waktu tempuh per siklus menjadi 72 menit dan jumlah *dump truck* 4 unit, ritase hanya mencapai 24 rit per hari.

Jumlah ritase yang berkurang sebanyak 4 rit akan mengakibatkan berkurangnya produksi per hari sebanyak 54,4 ton hanya dari kenaikan nilai *rolling resistance* 10 lbs pada jalan angkut.

Tabel 8. Pengaruh Nilai *Rolling Resistance* Terhadap Kecepatan *Dump Truck* (Berangkat Bermuatan)

RR (lbs)	CBR (%)	DDT (kg/cm ²)	V (km/jam)	Selisih V (km/jam)
40,00	13,69	6,62	5,71	0
50,00	13,69	6,62	5,26	-0,45
60,00	13,69	6,62	4,97	-0,29
70,00	13,69	6,62	4,76	-0,21
80,00	13,69	6,62	4,61	-0,15
90,00	13,69	6,62	4,49	-0,12
100,00	13,69	6,62	4,40	-0,09
110,00	13,69	6,62	4,32	-0,08
120,00	13,69	6,62	4,26	-0,06
130,00	13,69	6,62	4,21	-0,05
140,00	13,69	6,62	4,16	-0,04
Rata-rata				-0,14

Tabel 9. Pengaruh Nilai *Rolling Resistance* Terhadap Kecepatan *Dump Truck* (Kembali Kosong)

RR (lbs)	CBR (%)	DDT (kg/cm ²)	V (km/jam)	Selisih V (km/jam)
40,00	13,69	6,62	16,18	0
50,00	13,69	6,62	15,44	-0,73
60,00	13,69	6,62	15,12	-0,32
70,00	13,69	6,62	14,96	-0,16
80,00	13,69	6,62	14,86	-0,09
90,00	13,69	6,62	14,81	-0,06
100,00	13,69	6,62	14,77	-0,04
110,00	13,69	6,62	14,75	-0,02
120,00	13,69	6,62	14,73	-0,02
130,00	13,69	6,62	14,72	-0,01
140,00	13,69	6,62	14,71	-0,01
Rata-rata				-0,13

Pengaruh CBR dan Daya Dukung Tanah Terhadap Kecepatan Dump Truck

Analisis dilakukan dengan menggunakan model matematika I untuk *dump truck* berangkat bermuatan dan model matematika II untuk *dump truck* kembali kosong. Berdasarkan analisis, kecepatan *dump truck* akan meningkat sebesar 0,48 – 0,66 km/jam untuk tiap kenaikan rata-rata nilai CBR sebesar 5% dan nilai DDT sebesar 0,34 kg/cm² (Tabel 9 dan Tabel 10). Pada analisis ini nilai tahanan guling dibuat konstan 40 lb sesuai dengan nilai minimal tahanan guling pada tabel 7 dan 8 sebelum terjadinya penurunan kecepatan (RR = 40 lb, V = 0 km/jam).

Dengan bertambahnya kecepatan *dump truck* sebesar 0,48 – 0,66 km/jam, kecepatan rata-rata *dump truck* menjadi 5,45 km/jam dari sebelumnya 4,79 km/jam dengan kondisi bermuatan dan 16,314 km/jam dari sebelumnya 15,83 km/jam pada saat kosong.

Pertambahan kecepatan ini dapat mereduksi waktu tempuh tiap siklus dari 70 menit menjadi 63 menit. Hal ini akan memungkinkan *dump truck* melakukan 4 ritase lagi sehingga jumlah ritase akan bertambah dari 28 rit per hari menjadi 32 rit per hari yang akan meningkatkan produksi sebanyak 54,4 ton.

Kecepatan *dump truck* dapat meningkat apabila nilai CBR pada jalan angkut minimal adalah 15 % dan DDT 6,79 kg/cm² dengan maksimal tahanan guling 40 lb. Nilai-nilai ini mendekati kondisi jalan angkut pada segmen 3. Untuk segmen 1 perlu dilakukan pemadatan untuk meningkatkan daya dukung tanah, sedangkan pada segmen 2 harus dilakukan penimbunan terlebih dahulu sebelum dilakukan pemadatan agar daya dukung tanah dapat meningkat.

Tabel 10. Pengaruh Nilai CBR Terhadap Kecepatan Dump Truck (Berangkat Bermuatan)

RR (lbs)	CBR (%)	DDT (kg/cm ²)	V (km/jam)	Selisih V (km/jam)
40,00	10,00	6,02	5,06	0
40,00	15,00	6,79	5,94	+0,88
40,00	20,00	7,34	6,74	+0,81
40,00	25,00	7,76	7,48	+0,74
40,00	30,00	8,10	8,17	+0,69
40,00	35,00	8,40	8,81	+0,64
40,00	40,00	8,65	9,41	+0,60
40,00	45,00	8,87	9,98	+0,57
40,00	50,00	9,07	10,51	+0,54
40,00	55,00	9,25	11,03	+0,51
40,00	60,00	9,42	11,51	+0,49
Rata-rata				+0,66

Tabel 11. Pengaruh Nilai CBR Terhadap Kecepatan Dump Truck (Kembali Kosong)

RR (lbs)	CBR (%)	DDT (kg/cm ²)	V (km/jam)	Selisih V (km/jam)
40,00	10,00	6,02	15,70	0
40,00	15,00	6,79	16,34	+0,64
40,00	20,00	7,34	16,92	+0,58
40,00	25,00	7,76	17,46	+0,54
40,00	30,00	8,10	17,96	+0,50
40,00	35,00	8,40	18,42	+0,46
40,00	40,00	8,65	18,86	+0,44
40,00	45,00	8,87	19,27	+0,41
40,00	50,00	9,07	19,66	+0,39
40,00	55,00	9,25	20,03	+0,37
40,00	60,00	9,42	20,38	+0,35
Rata-rata				+0,48

4. Kesimpulan

Tahanan Guling berbanding terbalik terhadap kecepatan *dump truck*. Kenaikan nilai tahanan guling sebesar 10 lb dapat mengurangi kecepatan rata-rata *dump truck* sebesar 0,13-0,14 km/jam. Sebaliknya, CBR dan daya dukung tanah berbanding lurus terhadap kecepatan *dump truck*. Untuk tiap kenaikan rata-rata nilai CBR sebesar 5% dan nilai DDT sebesar 0,34 kg/cm² kecepatan *dump truck* akan meningkat sebesar 0,48 – 0,66 km/jam. Berdasarkan hal tersebut, agar kecepatan *dump truck* dapat meningkat maka minimal nilai CBR pada jalan angkut minimal adalah 15 % dan DDT 6,79 kg/cm² dengan maksimal nilai tahanan guling 40 lb.

Daftar Pustaka

- Amrullah, A. *et al.* (2019) Analisis Regresi Linier Biasa Dan Berganda Pada Blending Batubara Berdasarkan Total Moisture, Abu Dan Sulfur Untuk Target Nilai Kalori 5000 Kcal/Kg. Tersedia pada : <http://repository.unsri.ac.id/10274/> (Diakses: 12 Februari 2020).
- Fanani, Y. dan Destinaba, R. (2019) "Analisa Model Matematika Pengaruh Geometri Jalan Angkut Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Dump Truck (Studi Kasus: Pt. Bukit Asam Tbk. Sumatera Selatan)," *Prosiding Seminar Teknologi Kebumihan dan Kelautan*, 1(1), hal. 176–179.
- Hoirullah, H., Mukiat, M. dan Prabu, U. A. (2019) "Analisis Ratio Komposisi Blending Batubara Untuk Memenuhi Market Brand Ba 50 Di Pt. Bukit Asam, Tbk.tanjung Enim, Sumatera Selatan." Tersedia pada: <http://repository.unsri.ac.id/11588/> (Diakses: 12 Februari 2020).
- Juansyah, Y. (2016) "Analisa Karakteristik Tanah Timbunan Ditinjau dari Hubungan Gradasi Butiran Tanah dengan Nilai CBR Rendaman dan Tanpa Rendaman," *Jurnal Rekayasa*, Vol. 20, No. 1, April 2016 1.
- Nugraha, J., Prabu, U. A. dan Herlina, W. (2018) "Analisis Regresi Linier Untuk Menentukan Potensicadangan Gas Alam Dengan Metode Decline Curved Petrochina International Jabung Ltd Jambi."
- Palar Monintja, H. S., E, T. A. dan Sarajar, A. N. (2013) "Pengaruh Pencampuran Tras Dan Kapur Pada Lempung Ekspansif Terhadap Nilai Daya Dukung," *Jurnal Sipil Statik*, 1(6), hal. 390–399.
- Pradani, N. dan Wibowo, J. (2017) "Analysis of Local Sanded Soil with Coconut Coir Fiber Reinforcement as Subgrade On Structural Pavement," *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET)*, 8(10), hal. 787–795. Tersedia pada: <http://www.iaeme.com/IJCIET/index.asp787> (Diakses: 12 Februari 2020).
- Prodjosumarto, P. (1993) *Pemindahan Tanah Mekanis*. ITB Bandung.
- Wongkar, E. dan Susilo, A. J. (2019) "Korelasi Nilai CBR Terhadap Tegangan Vertikal Dan Tegangan Horizontal Pada Tanah Lempung Di Daerah Sentul," *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 2(2), hal. 65–74.
- Wood, G. S., Osborne, J. R. dan Forde, M. C. (1995) "Determination of the rolling resistance of articulated dump trucks on chalk," *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Geotechnical Engineering*. Thomas Telford - ICE Virtual Library , 113(4), hal. 226–232. doi: 10.1680/igeng.1995.28018.

Penilaian Keberhasilan Reklamasi Pada Pit Serujan Utara PT. IMK

Kabupaten Murung Raya

(Assessment of The Reclamation Success At The Northern Serujan Pit in PT. IMK Murung Raya Regency)

Fahrul Indrajaya^{1*}, Marlen Fince T. L.², Neny Fidayanti³, Yossa Yonathan Hutajulu⁴
^{1,2,3,4} Jurusan/Program Studi Teknik Pertambangan, Universitas Palangka Raya

* Korespondensi E-mail : fahrulindrajaya@mining.upr.ac.id

Abstrak

PT. IMK terletak di Kabupaten Murung Raya Provinsi Kalimantan Tengah yang bergerak di bidang penambangan emas dan perak dengan luas kontrak 47,940 hektar. Penelitian ini bertujuan untuk menilai kegiatan reklamasi yang telah dilakukan di Pit Serujan Utara. Pelaksanaan reklamasi di PT. IMK diawali dengan pendekatan berdasarkan Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor: 1827 K/30/MEM/2018 tentang Pedoman Regulasi Teknik Pertambangan yang baik. Parameter yang digunakan dalam menilai keberhasilan reklamasi adalah pemanfaatan lahan, revegetasi, dan penyelesaian akhir. Berdasarkan hasil kriteria penilaian reklamasi yang dilakukan pada Pit Serujan Utara diperoleh dengan total nilai 93,33%, kategori yang baik (hasil reklamasi dapat diterima).

Kata kunci: Penilaian reklamasi, kriteria sukses, pit serujan

Abstract

PT. IMK is located in Murung Raya Regency, Central Kalimantan province, which is engaged in gold and silver mining with an area of 47.940 hectares contract. This research aims to assess the reclamation activities that have been done in the Northern Serujan Pit. The implementation of reclamation in PT. IMK begins with the approach based on the decree of the Minister of Energy and Mineral Resources number: 1827 K/30/MEM/2018 on the guidelines of good mining technical regulations. The parameters used in assessing the success of reclamation are land utilization, revegetation, and final settlement. Based on the results of the reclamation assessment criteria carried out on the Northern Serujan Pit is obtained by total value of 93.33%, a good category (reclamation results are acceptable).

Keywords: Reclamation assessment, success criteria, serujan pit

1. Pendahuluan

Kegiatan penggalian bahan tambang pasti selalu merubah rona awal lingkungan, terutama pada vegetasi dan morfologi yang apabila tidak ditangani dengan baik akan meninggalkan lubang bekas galian tambang yang akhirnya menjadi *void*.

PT. IMK merupakan suatu perusahaan yang bergerak dibidang usaha pertambangan emas dan perak dengan area kontrak karya seluas 47.940 Ha. Adapun area yang akan dilakukan penatagunaan lahan seluas 4,4 Ha dan kegiatan revegetasi seluas 4,3 Ha.

Penilaian kriteria keberhasilan reklamasi merujuk pada Keputusan Menteri ESDM Nomor: 1827 Tahun 2018 yang terdiri dari kriteria tingkat keberhasilan reklamasi untuk operasi produksi dan pedoman penilaian reklamasi untuk operasi produksi dan Undang-Undang No. 26 Tahun 2018 tentang pelaksanaan kaidah pertambangan

yang baik, dan Permenhut No. P.60/Menhut-II/2009 tentang pedoman penilaian keberhasilan reklamasi hutan. Berdasarkan aturan tersebut ada beberapa tahapan yang dilakukan, yaitu penanganan tanah pucuk, penataan lahan, penebaran tanah pucuk, persemaian bibit, revegetasi dan pemeliharaan.

2. Metode

Lokasi penelitian berada pada lokasi tambang emas dan perak PT. IMK yang berada sekitar ± 70 km disebelah selatan Katulistiwa, dimana pusatnya terletak pada titik koordinat 00°38'32" Lintang Utara dan 114°24'14" Bujur Timur yang terletak di Kecamatan Tanah Siang Selatan, Kabupaten Murung Raya, Provinsi Kalimantan Tengah.

Berdasarkan peta kesampaian daerah bahwa untuk menuju ke lokasi penelitian menggunakan 2 (dua) alternatif, yaitu jalur darat

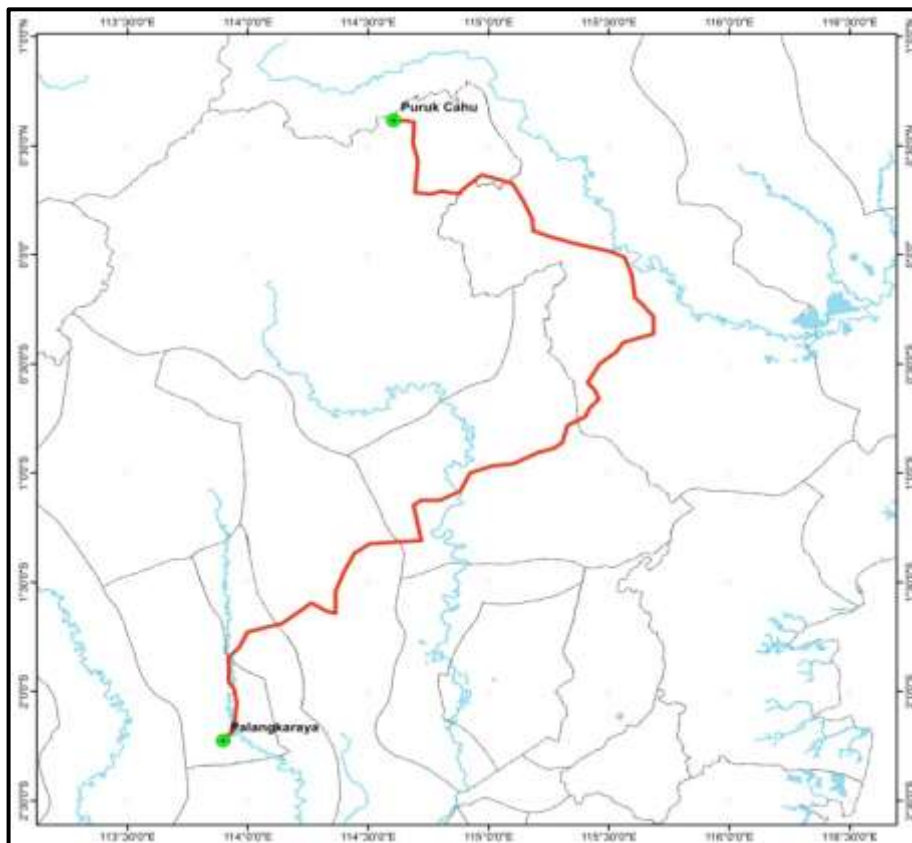
dan jalur udara. Waktu tempuh kurang lebih 10 jam menggunakan roda empat dan 40 menit menggunakan jalur udara dari Kota Palangka Raya (Gambar 2).

Penelitian ini dilakukan secara pendekatan kuantitatif deskriptif. Pemakaian metode kuantitatif deskriptif ini disesuaikan dengan variabel pada matrik kriteria keberhasilan penilaian reklamasi.

Dalam pengolahan data menggunakan skoring dan pembobotan serta membandingkan

dengan Keputusan Menteri ESDM Nomor: 1827 Tahun 2018. Setelah penilaian terhadap keberhasilan evaluasi reklamasi berdasarkan data dilapangan, maka dapat menggunakan rumus yang berdasarkan pada pedoman evaluasi tingkat keberhasilan reklamasi hutan dari Direktorat Jenderal Rehabilitasi Lahan dan Perhutanan (2009) sebagai berikut:

$$TN = \sum_{i=1}^n \left[\frac{TS}{SM} \times Bobot \right] \dots \dots \dots (1)$$



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Keterangan :

Total nilai evaluasi = TN

Total skor evaluasi masing-masing kriteria = TS

Nilai maksimal tiap kriteria = SM

Jumlah Kriteria = N

3. Hasil dan Pembahasan

Kegiatan reklamasi yang telah dilaksanakan pada area Pit Serujan Utara dengan luas area reklamasi yaitu 4,4 Ha. Kriteria keberhasilan reklamasi dilakukan, yaitu :

- 1) Penatagunaan Lahan.
 - a. Penataan lahan dari rencana area yang ditata seluas 4,4 Ha terealisasi seluas 4,3 Ha atau

sebesar 97,72% dan stabilitas timbunan dari yang terlihat tidak terjadi longsor (Gambar 2). Adapun perhitungan skor dan bobot ialah 40. Penimbunan kembali pada lahan bekas tambang emas pada area reklamasi menggunakan metode *backfilling*. Hasil penilaian luas area yang ditimbun pada objek kegiatan penimbunan kembali lahan bekas tambang adalah 97,72% dan tidak mencapai 100% dikarenakan kurangnya tanah yang berada pada *bank soil*.

- b. Penebaran tanah zona pengakaran dari rencana areal yang ditata seluas 4,4 Ha terealisasi seluas 4,3 Ha atau sebesar 97,72% dan pH tanah 7. Adapun perhitungan skor dan bobot ialah 10.



Gambar 2. Penataan Lahan Area Pit Serujan

Pada area reklamasi Pit Serujan Utara dengan ketebalan tanah pucuk (*soil*) 50 cm dengan kemiringan 30°. Dengan hasil pH tanah 7 (bersifat basa), jadi tidak perlu dilakukan penanganan atau pengendalian seperti pengapuran pada tanah masam untuk menaikkan pH tanah.

- c. Pengendalian erosi dan sedimentasi serta pengelolaan air dibuat sesuai dengan rencana pada saluran terbuka (*drainase*). Hasil pengamatan dilapangan tidak terdapat bangunan pengendali erosi dibuat. Adapun perhitungan skor dan bobot ialah 5.
- d. Pengaturan SPA yang ada dilapangan sesuai dengan aturan Permenhut No. P.4/Menhut-II/

2011 yakni berbentuk penampang trapesium dan masih berfungsi. Sedangkan untuk pengelolaan kualitas air yang keluar dari areal penggunaan kawasan hutan yang telah dilakukan seperti penyaliran air ke badan sungai harus sesuai dengan peraturan, yakni Kepmen Lingkungan Hidup Nomor 202 Tahun 2004 dengan dilakukan pengecekan setiap harinya minimal untuk parameter pH air.

2) Revegetasi

- a. Luas area penanaman dan pertumbuhan tanaman telah dibuat sesuai rencana (Gambar 3). Adapun hasil perhitungan skor dan bobotnya ialah 15.



Gambar 3. Kegiatan Revegetasi

Tanaman yang sudah ditanam per hektar diterapkan dengan metode tanam maksimal 4 meter x 4 meter, sehingga jumlah pohon per hektar sebanyak 625 pohon. Oleh karena itu perhitungan diambil dari data jumlah pionir mengingat jarak tanam pionir yang ditetapkan perusahaan ialah 4 m x 4 m sedangkan sisipan 8 m x 4 m.

Perlunya penanaman pionir dilakukan pada area yang mungkin untuk ditanam pada area yang kurang jumlah pionir agar tercapainya jumlah tanaman yang seharusnya agar dapat memberikan fungsi maksimal seperti naungan yang cukup bagi tanaman sisipan.

Berdasarkan dokumen rencana reklamasi tambang (RPT) PT. IMK, rencana tata guna lahan menjadi hutan produksi konversi (HPK) atau kawasan hutan yang secara ruang dicadangkan bagi pembangunan diluar kehutanan. Hasil kegiatan pemantauan yang dilakukan serta evaluasi dilapangan menunjukkan nilai pertumbuhan atau kesehatan di setiap area dikategorikan baik (>90%). Hal ini juga menunjukan jenis tanaman yang dipilih memiliki kemampuan hidup yang baik dilokasi reklamasi tambang.

Meskipun memiliki nilai yang baik namun juga masih terdapat tanaman sakit bahkan merana

pada setiap area reklamasi. Tanaman yang ditemukan menunjukkan ciri seperti daun yang berwarna kuning, bercak merah kecoklatan seperti terbakar, kering di area daun, daun berlubang, berbintil, mengerucut, dan batang bengkok. Sedangkan tanaman merana disebabkan tanaman yang roboh, kerdil, daun habis gugur, batang utama patah serta batang yang berbintil.

Kondisi tersebut cukup rentan terdapat pada tanaman muda atau tanaman sisipan. Sedangkan tanaman lama ataupun juga tanaman pionir lebih kerdil, batang patah, dan roboh.

- b. Pengelolaan material pembangkit air asam tambang dibuat sesuai rencana pada pengelolaan terhadap material serta kolam pengendapan sedimen. Bangunan pengendali erosi tidak dibuat. Adapun perhitungan skor dan bobot ialah 3,33.
- c. Untuk mengetahui adanya potensi material pembangkit air asam tambang dilakukan penelitian pada batuan sulfida yang kaya

akan *pyrit* atau disebut material PAF (*Potential Acid Forming*). Selanjutnya dilakukan enkapsulasi dengan cara material PAF akan ditimbun dengan material NAF dan dilapisi dengan *top soil* saat kegiatan penataan lahan.

Berdasarkan data kualitas air yang didapat selama tahun 2017 - 2018, rata-rata pH air di SRJ-01 (*Settling Pond*) adalah 7,87. Nilai pH air tergolong normal atau baik dan sesuai dengan Baku Mutu Lingkungan (BML).

3) Penyelesaian akhir

- a. Penutupan tajuk merupakan keseluruhan bagian tumbuhan, terutama pohon yang berada diatas permukaan tanah yang melingkupi suatu area. Penutupan tajuk dibuat sesuai rencana. Adapun perhitungan skor dan bobotnya ialah 10.
- b. Pemeliharaan tanaman dibuat sesuai rencana. Adapun perhitungan skor dan bobotnya ialah 10.



Gambar 4. Kegiatan Pemupukan

- c. Kegiatan yang telah dijalankan oleh PT. IMK ialah pupuk kompos dan pupuk NPK. Sehingga nilai evaluasi pemupukan adalah 100% karena sesuai dengan yang telah direncanakan.

Pada kegiatan pengendalian gulma, kegiatan ini dilakukan pada area yang baru saja ditanami bibit dan umur maksimal tanaman yang dilakukan pengendalian gulma adalah 3 (tiga) bulan setelah penanaman, agar tidak terjadi proses persaingan dan pertumbuhan tanaman. Pada PT. IMK dilakukan penanganan terhadap gulma di area tanam reklamasi dengan cara manual/penyiangan. Penyulaman dilakukan sesuai dengan rencana yaitu menggantikan tanaman yang mati dengan tanaman yang baru. Hal yang menyebabkan tanaman mati pada area

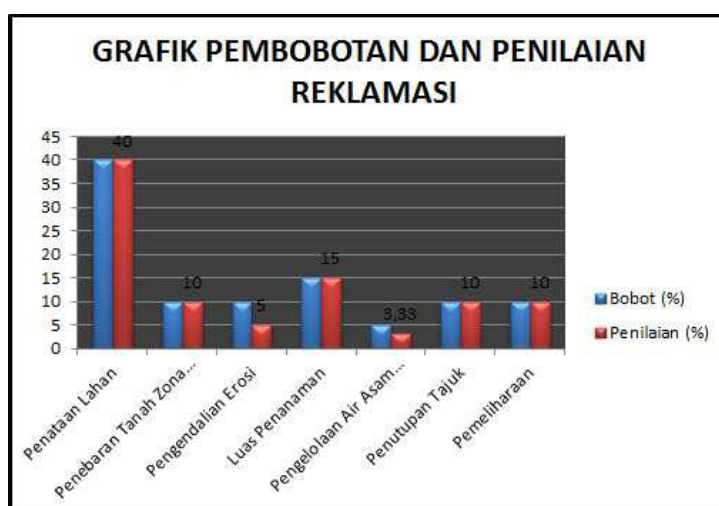
reklamasi dikarenakan musim kemarau panjang, tertutup gulma dan terlilit tanaman penutup.

Setelah dilakukan skoring dan pembobotan pada kriteria penilaian berdasarkan Keputusan Menteri ESDM Nomor: 1827 Tahun 2018, maka dapat dilihat pada grafik penilaian reklamasi pada area Pit Serujan Utara (Gambar 5).

Berdasarkan hasil penilaian keberhasilan reklamasi pada area Pit Serujan Utara dengan merujuk pada Keputusan Menteri ESDM Nomor: 1827 Tahun 2018, yaitu dengan nilai 93,33 % (kategori baik) sehingga hasil pelaksanaan reklamasi dapat diterima (Tabel 1). Kriteria ketidak-berhasilan reklamasi yang terjadi yaitu pengendalian erosi dan sedimentasi dan pengelolaan material pembangkit air asam tambang (AAT).

Tabel 1. Bobot dan Penilaian Reklamasi Operasi Produksi Area Pit Serujan Utara

No	Kegiatan	Bobot (%)	Nilai (%)
1.	Penatagunaan Lahan		
	• Penataan Lahan dan Penimbunan	40	40
	• Penebaran Tanah Pucuk (<i>top soil</i>)	10	10
	• Pengendalian Erosi dan Sedimentasi	10	5
2.	Revegetasi		
a.	Luas Tanaman dan Tingkat Pertumbuhan	15	15
b.	Pengelolaan material pembangkit Asam Tambang	5	3,33
3.	Penyelesaian Akhir		
a.	Penutupan Tajuk	10	10
b.	Pemeliharaan Tanaman	10	10
Total		100	93,33



Gambar 5. Perbandingan nilai reklamasi tambang di daerah penelitian dibandingkan dengan nilai reklamasi berdasarkan Kepmen No. 1827 Tahun 2018.

4. Kesimpulan

PT. IMK telah berhasil melakukan kegiatan reklamasi tambang dengan kategori baik yaitu 93,33% yang berkisar lebih dari 80% (hasil pelaksanaan reklamasi dapat diterima, dengan beberapa evaluasi yang harus dilakukan, yaitu pengendalian erosi dan sedimentasi serta pengelolaan material pembangkit asam tambang (AAT). Pada *bank soil* seharusnya dimaksimalkan penggunaannya dan juga untuk persiapan tanah pucuknya agar tidak terjadi kekurangan dalam penebaran tanah pucuk. Sebaiknya dibuat bangunan pengendali erosi berupa teras bangku karena sesuai dengan kelerengan yang ada.

Ucapan Terimakasih

Peneliti turut mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada pihak PT. IMK yang telah mengizinkan untuk melakukan pengambilan data dilapangan dan sebagian pihak yang terlibat dalam penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Afriani, Kristi., 2019. Evaluasi Tingkat Keberhasilan Reklamasi Pada Lahan Bekas Penimbunan PT. Kasongan Bumi Kencana Desa Mirah Kalanaman Kecamatan Katingan Tengah Kabupaten Katingan Provinsi Kalimantan Tengah. Program Studi Teknik Pertambangan Universitas Palangka Raya.
- Departemen Enviromental., 2019. Daftar Nama Tanaman Pada Area Reklamasi Pit Serujan Utara. PT. Indo Muro Kencana, Kalimantan Tengah.

- Guskarnali, G., Parenty, R. K., & Andini, D. E., 2019. Analisis Keberhasilan Reklamasi berdasarkan Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 1827 Tahun 2018 pada Lahan Bekas Tambang Air Jelitik 3 PT TIMAH Tbk Kabupaten Bangka. MINERAL, 4(2), 72-77 pp.
- Hardjowigeno, 1987. Kriteria Penilaian Sifat Kimia Tanah. Jakarta.
- Indrajaya, F., 2016. Studi Pengelolaan Kualitas Air Pada Lubang Bekas Tambang (Void) Pasir Urug dan Pasir Pasang Di Kecamatan Sebangau Kota Palangka Raya Provinsi Kalimantan Tengah (Doctoral dissertation, UPN" Veteran" Yogyakarta).
- Keputusan Menteri Energi Sumber Daya Manusia (ESDM) No. 26 Tahun 2018 Tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan Yang Baik. Jakarta.
- Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 1827 K/30/MEM/2018 Tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik. Jakarta.
- Nugroho, A. W., & Yassir, I., 2017. Kebijakan Penilaian Keberhasilan Reklamasi Lahan Pasca-Tambang Batubara Di Indonesia Policy Study on Post Coal Mining Reclamation Assessment in Indonesia. Jurnal Analisis Kebijakan Kehutanan, 14 (2), 121-136 pp.
- Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia No P.60/Menhut-II/2009 tentang Pedoman Penilaian Keberhasilan Reklamasi Hutan.
- Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia No P.4/Menhut-II/2011 tentang Pedoman Reklamasi Hutan. Jakarta.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor: P.51/Menlhk/Setjen/Kum.1/6/2016 Tentang Tata Cara Pelepasan Kawasan Hutan Produksi Yang Dapat Dikonversi. Jakarta.
- Portasya, R., Handayani, R. H. E., & Syarifuddin, S., 2019. Evaluasi Tingkat Keberhasilan Penatagunaan Lahan, Revegetasi Dan Penyelesaian Akhir Dalam Kegiatan Reklamasi Di Area Backfilling Pit 3 Timur PT. Bukit Asam TBK. Tanjung Enim, Sumatera Selatan (Doctoral dissertation, Sriwijaya University).
- Putri, A. P., Widayati, S., & Usman, D. N., 2019. Kajian Penilaian Keberhasilan Reklamasi Lahan Bekas Penambangan Batubara di PT Madhani Talatah Nusantara, Desa Rantau Nangka, Kecamatan Sungai Pinang, Kabupaten Banjar, Provinsi Kalimantan Selatan.
- Tauran, I. L., 2015. Evaluasi Keberhasilan Reklamasi Pada Lahan Pasca Tambang Di Pit Grasberg PT. Freeport Indonesia Kecamatan Tembagapura Kab Mimika Papua (Doctoral dissertation, UPN" Veteran" Yogyakarta).
- Yassir, I., 2017. Kebijakan Penilaian Keberhasilan Reklamasi Lahan Pasca-tambang Batubara di Indonesia. Jurnal Analisis Kebijakan Kehutanan, 14 (2), 121-136 pp.

Kajian Teknis *Dewatering System* Tambang Pada Pertambangan Batubara

(Technical Study Of Mine Dewatering System In Coal Mining)

A.A Inung Arie Adnyano^{1*}, Muhammad Bagaskoro²
^{1,2}Prodi Teknik Pertambangan, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

* Korespondensi E-mail: inungarie@itny.ac.id

Abstrak

Penambangan batubara oleh PT. Tambang Bukit Tambi menggunakan sistem penambangan terbuka dimana salah satu faktor yang dapat mempengaruhi penambangan adalah air yang masuk ke wilayah penambangan, sehingga pengendalian air harus dilakukan, salah satunya dengan menggunakan sistem *dewatering* tambang. Tujuan dari penelitian ini adalah 1) Untuk mengetahui debit air yang masuk ke area penambangan, 2) Untuk merancang rencana pemompaan, dan 3) Untuk membuat desain *sump* yang ideal untuk menangani air yang memasuki area penambangan. Hasil penelitian debit air 32.243,36 m³/hari di mana debit air yang dapat dipompa oleh 2 pompa Kenflo XA 125 / 40B adalah 640 m³/jam dalam 50,38 jam dan upaya pengendalian air dibuat sebuah *sump* yang harus menampung air sebesar 19.427,26 m³ dan setelah perhitungan diperoleh desain *sump* berbentuk trapesium dengan ukuran panjang dan lebar permukaan 63,7 m, panjang dan lebar pangkal jumlah 60,9 m dan kedalaman 5 meter.

Kata kunci: Batubara, *dewatering*, tambang, air

Abstract

Coal mining by PT. Tambang Bukit Tambi uses an open pit mining system where one of the factors that can affect mining is water that entering the mining area, so water control must be carried out, one of the ways is by using mine *dewatering* system. The purpose of this study is 1) To know the debit of water entering the mining area. 2) To design a pumping plan 3) To create an ideal sump design for handling water that entering the mining area. Based on the research, the daily discharge is 32,243.36 m³ / day where the water discharge that can be released by 2 Kenflo XA 125 / 40B pumps is 640 m³ / hour in 50.38 hours and the water control effort is made a sump that must accommodate water amounting to 19,427.26 m³ and after the calculation is obtained a trapezoid-shaped sump design with size length and surface width of 63.7 m, length and width of the base of the sum of 60.9 m and depth of 5 meters.

Keywords: Coal, *dewatering*, mining, water

1. Pendahuluan

Sektor pertambangan merupakan kegiatan yang sangat berpotensi untuk menghasilkan keuntungan sekaligus menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan sekitarnya (Listiyani, N., 2017). Salah satu bahan galian yang memiliki nilai ekonomis tinggi adalah batubara. Provinsi Jambi yang terletak di Pulau Sumatera memiliki potensi batubara yang sangat besar sehingga banyak terdapat perusahaan-perusahaan tambang batubara yang beroperasi di sana, salah satunya PT. Tambang Bukit Tambi (PT. TBT).

Sistem penyaliran tambang adalah suatu usaha atau kegiatan yang dilakukan untuk mencegah masuknya air atau mengeluarkan air yang telah masuk ke *front* tambang (Cahyadi, TA., Widodo, LE., Fajar, RA., Baiqun, A., 2018). Kegiatan ini dimaksudkan

untuk mencegah terganggunya aktifitas penambangan akibat adanya air dalam jumlah yang berlebihan terutama pada saat musim penghujan (Syarifuddin dkk., 2017). Dalam kajian hidrologi meliputi potamalog (aliran permukaan), geohidrologi (air tanah), hidrometeorologi (air yang ada di udara dan berwujud gas), limnologi (air permukaan yang relatif tenang seperti danau, dan waduk), kriologi (air berwujud padat seperti es dan salju) (Endriantho, dan Ramli, 2013).

Sistem penyaliran adalah suatu upaya atau cara untuk mencegah, mengeringkan dan mengeluarkan air yang terdapat atau menggenangi suatu daerah tertentu. Sedangkan penyaliran pada tambang terbuka adalah upaya penyaliran di dalam lingkungan tambang yang dilakukan untuk mencegah masuknya air atau mengeluarkan air yang

telah masuk ke daerah penambangan. Upaya ini dilakukan dengan maksud untuk mencegah atau mengurangi terganggunya aktivitas penambangan akibat adanya air dalam jumlah yang berlebihan terutama pada musim hujan (Gautama, 2019).

Salah satu syarat agar kegiatan penambangan berjalan sesuai dengan yang direncanakan, diperlukan kondisi kerja yang baik, yaitu tidak adanya genangan air pada daerah kerja dan jalan tambang (Cahyadi, TA., Dinata, DC., Haryanto, D., Hartono, Titisariwati, I., Fahlevi R. 2020). Untuk itu diperlukan sebuah sistem penyaliran di area penambangan yang sesuai dengan persyaratan teknis, sehingga air hujan, air limpasan dan air tanah dapat dikontrol. Salah satu cara mengontrol tersebut adalah dengan metode *mine dewatering* (Gautama, 2019).

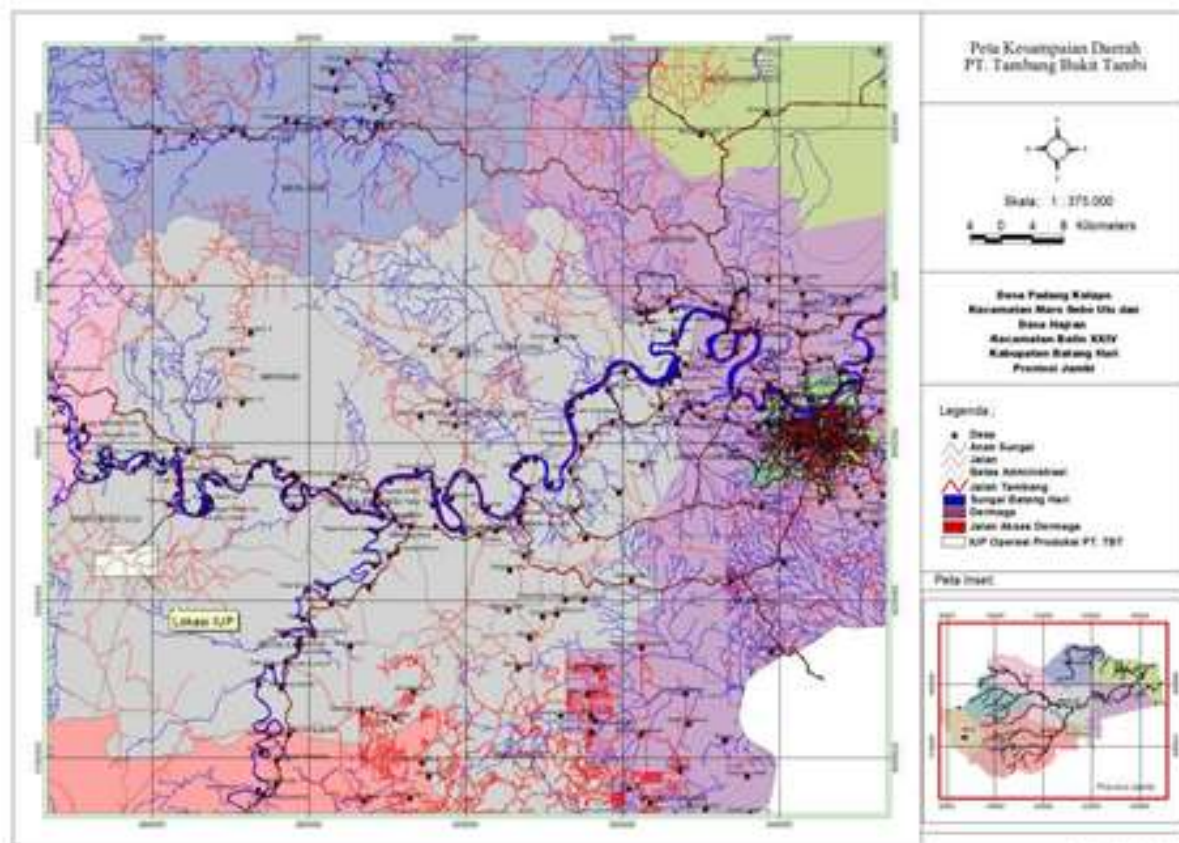
Dalam kegiatan *mine dewatering* juga tidak lepas dari pemompaan yang dilakukan sehingga dalam kegiatan pemompaan ini perlu sekali dilakukan perhitungan pemompaan yakni *head-head* pompa agar dapat diketahui

debit pompa yang *real* sehingga dengan diketahui debit pompa yang *real* tersebut maka dapat dilakukan perhitungan dari lamanya pemompaan dan berapa pompa yang mungkin akan dibutuhkan dalam kegiatan *mine dewatering*. Dengan dilakukannya kegiatan *mine dewatering* dengan baik maka proses kegiatan penambangan akan dapat berjalan dengan lancar dan baik (Gultom, R., Yusuf, M., Abro, MA., 2018).

Tujuan dalam penelitian ini yaitu untuk menghitung debit air yang memasuki area penambangan, membuat rancangan *sump* yang ideal untuk menangani debit air yang ada pada area penambangan, dan membuat rancangan pemompaan air yang terdapat pada lokasi area penambangan.

2. Metode

Lokasi penelitian terletak di desa Padang Kelapo, Kecamatan Maro Sebo Ulu, Kabupaten Batanghari, Propinsi Jambi (Gambar 1).



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Metode pengumpulan data yang digunakan pada penelitian ini yaitu melalui pengumpulan data primer yang diperoleh langsung saat penelitian, dan data sekunder yang diperoleh dari arsip perusahaan serta literatur yang didapatkan (Siyoto, S., Sodik, AM, 2015).

Rangkaian pengambilan data lapangan dilakukan sebagai berikut:

Mine Dewatering adalah suatu penanganan masalah air tambang dengan cara mengeluarkan air yang telah masuk ke daerah penambangan (dengan memanfaatkan beda

tinggi dan gaya gravitasi) melalui saluran penyaliran menuju kolam penampungan sementara (*sump*). Sistem ini biasa diterapkan untuk penanganan limpasan dari air hujan (Gautama, 2019).

Catchment area atau yang juga disebut sebagai *drainage basin*, *watershed* atau daerah aliran sungai (DAS) adalah suatu daerah yang dibatasi oleh punggung perbukitan atau titik tertinggi yang apabila terjadi hujan maka air hujan tersebut akan mengalir ke titik terendah di daerah tersebut. (Utama, AG., Wijaya, AP., Sukmono, A., 2016). Penentuan *catchment area* pada suatu area penambangan dapat ditentukan dengan menganalisis peta topografi dan peta kemajuan penambangan. *Catchment area* didapat dengan cara menghubungkan titik-titik tertinggi pada peta dengan memperhatikan arah aliran air di daerah tersebut hingga didapatkan sebuah *polygon* tertutup. Luas dari *polygon* tersebut dapat dihitung dengan menggunakan planimeter, millimeter blok, atau dengan bantuan *software* (Gautama, 2019).

Curah hujan yang dipakai dari tahun 2013-2017. Pengolahan data ini dapat dilakukan dengan metode *Gumbel*, yaitu suatu metode yang didasarkan atas distribusi normal (distribusi harga ekstrim) (Gumbel, E.J., 1941).

$$X_t = \bar{X} + \frac{S_d}{S_n} (Y_r - Y_n) \quad (1)$$

Keterangan:

X_t = Curah hujan rencana (mm/hari)

$\bar{X}$ = Curah hujan rata-rata (mm/hari)

X = Curah hujan harian maksimum (mm/hari)

N = Jumlah sampel.

SD = *Standart deviation*.

Y_n = *Reduced mean*.

S_n = *Reduced standart deviation*.

Y_t = *Reduced variate*.

Dalam menentukan intensitas curah hujan dapat dicari dengan menggunakan rumus *Mononobe* (Gautama, 2019).

$$I = \left(\frac{R_{24}}{24} \right) \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3} \quad (2)$$

Keterangan:

I = Intensitas curah (mm/jam)

t = Lama waktu hujan (jam)

R_{24} = Curah hujan harian maksimum (mm)

Untuk memperkirakan debit air limpasan dapat digunakan rumus *Rasional* (Gautama, 2019).

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A \quad (3)$$

Keterangan:

Q = Debit air (m^3 /detik)

C = Koefisien limpasan

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

A = Luas daerah tangkapan hujan (m^2)

Perhitungan debit air tanah biasanya dilakukan pada kondisi pengontrolan air tanah yang sulit diatasi. Untuk menghitung debit air tanah adalah sebagai berikut:

$$Q = h \times A / \Delta t \quad (4)$$

Keterangan:

Q = Debit air tanah (m^3 /s)

h = Kenaikan permukaan air tanah (m)

A = Luas permukaan (m^2)

Δt = Waktu pengamatan perubahan air (jam)

Debit air hujan adalah jumlah air hujan yang masuk kedalam sumuran atau *bottom pit* pada tambang dan dapat dihitung dengan rumus: (Gautama, 2019).

$$Q = X_t \cdot A \quad (5)$$

Keterangan :

Q = Debit air hujan (m^3 /detik)

X_t = Curah hujan rencana (mm/jam)

A = Luas daerah tangkapan hujan (m^2)

Sump pada tambang berfungsi sebagai tempat penampungan air dan lumpur sementara sebelum dipompa ke luar tambang. Untuk menentukan dimensi *sump* berdasarkan kapasitas volume *sump* yang akan dipakai, digunakan persamaan (6) (Gautama, 2019).

$$V = (Luas\ atas + Luas\ bawah) \frac{1}{2} \times T \quad (6)$$

Keterangan :

V = Volume (m^3)

T = Tinggi (m)

Head total pompa ditentukan dari kondisi instalasi pompa dan pipa. Hasil analisis *head* total pompa digunakan dalam penentuan kapasitas pompa (Gautama, 2019):

$$H_s = t_2 - t_1 \quad (7)$$

$$H_v = v^2 / 2g \quad (8)$$

$$H_f = \lambda L \times v^2 / D \times 2g \quad (9)$$

$$H_{fs} = K v^2 / 2g \quad (10)$$

$$H_T = H_s + H_v + H_f + H_{fs} \quad (11)$$

Keterangan

H_s = *Head statis* (meter)

H_v = *Velocity head* (meter)

H_f = *Head friction loss* (meter)

H_{fs} = *Head shock loss* (meter)

H_T = *Head total pompa* (meter)

t_2 = Elevasi sisi keluar (meter)

t_1 = Elevasi sisi hisap (meter)

v = Kecepatan aliran fluida (m/s)

L = Panjang pipa (meter)

D = Diameter pipa (meter), dan

K = Koefisien sudut belokan

3. Hasil dan Pembahasan

Lokasi penelitian terletak di PT. TBT dengan dasar *main sump* elevasi 50 mdpl, kolam pengendapan lumpur 62 mdpl, dan saluran terbuka mengelilingi area penambangan. Berdasarkan pengamatan di

lapangan, sistem pemompaan menggunakan 1 jalur pompa ke arah kolam pengendapan tambang. Pompa yang digunakan 2 unit pompa yaitu *Kenflo XA 125/40 Bengine* dengan debit total 475 m³/jam. yang selanjutnya semua air yang memasuki area

penambangan akan dikeluarkan menuju kolam pengendapan.

Data curah hujan lima tahun dari 2013 – 2017 dapat dilihat Tabel 1. Data ini kemudian diolah dengan prinsip statistika dengan metode analisa distribusi *Gumbel*.

Tabel 1. Data Curah Hujan Maksimum 2013-2017

Bulan	Tahun					Rata-rata
	2013	2014	2015	2016	2017	
Januari	20	207	118	40	63	89.6
Februari	102	101	46	24	73	69.2
Maret	11	97	35	35	48	45.2
April	86	64	57	62	74	68.6
Mei	176	65	110	36	99	97.2
Juni	10	15	23	23	15	17.2
Juli	179	70	30	0	151	86
Agustus	27	28	54	12	85	41.2
September	61	90	40	10	75	55.2
Oktober	100	28	28	45	42	48.6
November	90	81	58	140	109	95.6
Desember	85	83	80	40	60	69.6
Total	947	929	679	467	894	
Rata-rata	78.92	77.42	56.58	38.92	74.5	
Jumlah Curah Hujan Maksimum						783.2
Jumlah Curah Hujan Rata-rata						326.33

Untuk menghitung Curah hujan rencana menggunakan persamaan *Gumbel* menggunakan persamaan 1 dengan data

acuan Tabel 1. Hasil pengolahan data dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perhitungan Curah Hujan Rencana

No	Tahun	Maksimum (Xi)	Standart Deviasi	Jumlah (n)	Mean (m)	Reduce Mean (Yn)	Reduced Variate (Yr)	Standart Deviasi (SD)	Reduced Standart Deviasi (Sn)
1	2013	179	400	5	5	-0.583	1.085	34.67	31.16
2	2014	207	2304		4	-0.094	0.306		
3	2015	118	1681		3	0.366	0.134		
4	2016	140	361		2	0.903	0.815		
5	2017	151	64		1	1.702	1.546		
Jumlah		795	4810			2.294	3.886		
Rata-rata		159				0.4588			

Berdasarkan Tabel 2, curah hujan rencana dengan menggunakan persamaan 1 didapatkan 156,363 mm/hari.

Perhitungan intensitas curah hujan menggunakan persamaan 2, didapatkan 53,07 mm/jam.

Besarnya debit Limpasan yang masuk ke lokasi penambangan dihitung dengan menggunakan rumus *rasional* (Persamaan 3) dan hasil perhitungan pada Tabel 3.

Tabel 3. Total Debit Air Limpasan

No	Lokasi	Intensitas Curah Hujan (mm/jam)	Luas (km ²)	Koefisien Air Limpasan	Debit Air Limpasan
1	DTH I	0,278	53,07	0,9	6.118,56
2	DTH II	0,278	53,07	0,7	1.858,94
Total (m ³ /jam)					7.977,49

Perhitungan debit air tanah biasanya dilakukan pada kondisi pengontrolan air tanah yang sulit diatasi. Perhitungan menggunakan persamaan 4 didapatkan 2,69 m³/jam. Perhitungan debit air hujan dilakukan dengan menggunakan persamaan 5, didapatkan 44,95 m³/jam.

Dimensi *sump* yang dibuat harus dapat menampung volume air yang masuk ke dalam *pit*. Rancangan dimensi *sump* dihitung dari selisih terbesar antara volume air yang masuk ke dalam bukaan tambang dengan volume pemompaan. Selisih terbesar antara volume air tambang dan volume pemompaan digunakan bertujuan untuk mengantisipasi kondisi ketika hujan terjadi dengan durasi waktu yang cukup lama sehingga volume *sump* yang dibuat masih dapat menampung volume air yang masuk ke dalam bukaan tambang. Volume sumuran yang paling optimum bisa didapatkan dari selisih terbesar antara volume air tambang dengan volume pemompaan. Dari rumus di atas diketahui volume *sump* yang harus dibuat adalah 19.427,26 m³/hari.

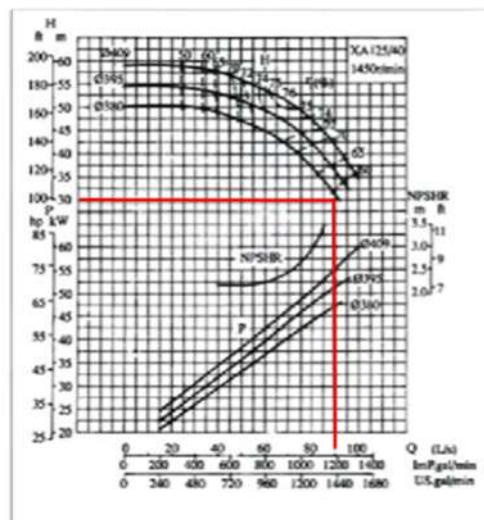
Berdasarkan data kemajuan penambangan diketahui elevasi sisi isap pompa adalah 49 meter dan ketinggian elevasi sisi keluaran adalah 70 meter, Jumlah belokan 2, sudut belokan 135^o dengan panjang pipa 92 meter Dalam perhitungan julang total pompa dengan tipe *Kenflo XA 125/40B*, diketahui spesifikasi pompa mempunyai debit maksimum yang dapat dilakukan sebesar 132 l/s (0,132 m³/s - 475,2 m³/jam) dan maksimum julang total adalah 120 m. pipa penyaluran air yang digunakan dengan diameter dalam pipa sebesar 125 mm. Katup isap yang digunakan berdiameter 150 mm. hasil perhitungannya sebagai berikut:

- Julang (*Head*) statis menggunakan persamaan 7 didapatkan 21 m.
- Julang (*Head*) kecepatan menggunakan persamaan 8 didapatkan 2,84 m.
- Julang (*Head*) gesekan menggunakan persamaan 9 didapatkan 4,9 m.
- Julang (*Head*) belokan. Sebelumnya dicari sudut belokan lengkung pipa didapatkan 1,39 m.

Bentuk dari sumuran adalah bentuk trapesium, sehingga untuk menampung volume total digunakan perhitungan sebagai berikut, untuk sumuran dengan bentuk trapesium kemiringan sumuran adalah sebesar 60^o dan kedalaman kolam (Z) yang direncanakan adalah 5 meter, perhitungan menggunakan persamaan 6. Maka untuk menampung volume sebesar 19.562,5 m³, perlu melakukan perubahan dimensi *sump* sebagai berikut:

- Panjang permukaan sumuran = 63,7 m
- Lebar permukaan sumuran = 63,7 m
- Panjang dasar sumuran = 60,9 m
- Lebar dasar sumuran = 60,9 m
- Kedalaman = 5 m

Nilai *Hfs* menggunakan persamaan 10 didapatkan 1,34 m. Dari hasil perhitungan *head* total pompa menggunakan persamaan 11 didapatkan 30 meter. Dari hasil perhitungan *head* total pompa maka dapat didapatkan debit dan efisiensi pompa dengan pembacaan grafik performa pompa didapat kapasitas pompa *Multi Flow (F)_90_HV* adalah 89 L/s dengan efisiensi 70% (Gambar 2.)



Gambar 2. Grafik Performa pompa

Nilai H_{fs} menggunakan persamaan 10 didapatkan 1,34 m. Dari hasil perhitungan $head$ total pompa menggunakan persamaan 11 didapatkan 30 meter. Dari hasil perhitungan $head$ total pompa maka dapat didapatkan

Pompa yang digunakan di PT. TBT adalah *Kenflo XA 125/40B*. Penggunaan pompa tersebut sebagai tolak ukur *sistem dewatering*. Dimana air masuk terkumpul di *sump* harus dapat dikeluarkan dari tambang hingga kering atau mencapai batas *sump* yang telah di rencanakan, untuk itu diperlukan pengoptimalan kapasitas maximum pompa (Endhrianto dan Ramli. 2013). Pompa *Kenflo XA 125/40B* menggunakan pipa jenis HDPE

4. Kesimpulan

Nilai curah hujan dihasilkan cukup tinggi dan itu mengganggu kegiatan penambangan. *Sump* dilokasi penambangan belum mampu mengatasi air yang masuk sehingga perlu dirancang kembali. Jumlah pompa untuk mengatasi air yang di *sump* juga tidak mampu sehingga perlu penambahan pompa untuk mengatasi air yang berada di *sump*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih PT. Tambang Bukit Tambi di Jambi yang memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian, serta memberikan arahan dan bimbingan selama di perusahaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Cahyadi, TA., Widodo, LE., Fajar, RA., Baiqun, A., 2018. *Influence of drain hole inclination on drainage effectiveness of coal open pit mine slope*. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 212.
- Cahyadi, TA., Dinata, DC., Haryanto, D., Hartono, Titisariwati, I., Fahlevi R. (2020). Evaluasi Saluran Terbuka Dengan Menggunakan Distribusi Gumbell dan Model Thomas Fiering, *Jurnal KURVATEK*, 5(1), 29-36

debit dan efisiensi pompa dengan pembacaan grafik performa pompa didapat kapasitas pompa *Multi Flow (F)₉₀HV* adalah 89 L/s dengan efisiensi 70% (Gambar 2.).

(*High Density Polyethylene*) dengan diameter 125 mm. Panjang pipa dari pompa sampai ke kolam pengendapan 92 meter. Debit air yang masuk ke *sump* sebesar 32.243,26 m³/hari dan debit pompa 640 m³/jam didapatkan lama waktu pemompaan 50,38 jam menggunakan 2 pompa dengan estimasi tidak ada air yang masuk ke *sump*. Dengan estimasi lama waktu pemompaan 20 jam/hari maka dibutuhkan penambahan pompa sebanyak 3.

- Endhrianto dan Ramli. 2013. Perencanaan Sistem Penyaliran Tambang Terbuka. *Jurnal Penelitian Geosains*. Vol. 09, No. 01, Hal. 29-40.
- Gautama, RS., 2019. Sistem Penyaliran Tambang, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Gultom, R., Yusuf, M., Abro, MA., 2018. Evaluasi Kapasitas Pemompaan Dalam Sistem Penyaliran Pada Pit 1 Timur Penambangan Banko Barat PT. Bukit Asam (Persero), Tbk., Tanjung Enim Sumatera Selatan. *Jurnal Pertambangan*. Vol. 2, No. 1. Hal. 1-8
- Gumbel, E.J., 1941, *The Return Period of Flood Flows*. *Ann. Math. Statist*.
- Listiyani, N., 2017. Dampak Pertambangan Terhadap Lingkungan Hidup Di Kalimantan Selatan dan Implikasinya Bagi Hak-hak Warga Negara. *Al-Adl: Jurnal Hukum*. Vol. 9, No. 1, Hal. 67-85
- Siyoto, S., Sodik, AM, 2015. *Dasar Metodologi Penelitian*. Yogyakarta : LM. Publishing
- Syarifuddin, Sri Widodo, Arif Nurwaskito. 2017. Kajian Sistem Penyaliran Pada Tambang Terbuka Kabupaten Tanah Bumbu Provinsi Kalimantan Selatan. *Jurnal Geomine*. Vol. 5, No.2. Hal. 84-89.
- Utama, AG., Wijaya, AP., Sukmono, A., 2016. Kajian Kerapatan Sungai dan Indeks Penutupan Lahan Sungai Menggunakan Pengideraan Jauh. *Jurnal Geodesi Undip*. Vol. 5, No. 1. Hal. 285-293.

**Pendekatan Semivariogram Anisotropik dalam Metode *Ordinary Kriging* (OK)
terhadap Pola Penyebaran Mineral Ikutan Timah**
**(The Approach of Anisotropic Semivariogram using Ordinary Kriging (OK)
Method for The Distribution Pattern of Tin Mineral Associations)**

Ririn Amelia^{1*}, Guskarnali²

¹Jurusan Matematika, Universitas Bangka Belitung

²Jurusan Teknik Pertambangan, Universitas Bangka Belitung

* Korespondensi E-mail: rynamelia.babel@gmail.com

Abstrak

Penambangan secara inkonvensional masih menjadi pilihan masyarakat Pulau Bangka. Salah satu lokasi di Pulau Bangka yang masih melakukan aktivitas penambangan timah darat dengan skala kecil atau skala rakyat adalah Bukit Sambung Giri, Kecamatan Merawang, Kabupaten Bangka. Dengan mengetahui pola distribusi penyebaran mineral ikutan timah akan memberikan gambaran umum yang dapat mencegah dan meminimalisir kerusakan lingkungan yang disebabkan oleh kegiatan penambangan. Interpolasi penyebaran mineral ikutan timah (Sn) seperti zirkon (Zr) dan hematit (Fe_2O_3) menggunakan semivariogram anisotropik dalam metode *Ordinary Kriging* mempengaruhi pola penyebaran masing-masing mineral tersebut. Hal ini dapat terlihat berdasarkan pencocokan model semivariogram teoritis yang menghasilkan model yang berbeda-beda. Model yang lebih cocok untuk mineral hematit dan zirkon adalah eksponensial, sedangkan timah menggunakan model Gaussian. Berdasarkan hasil dari metode *Ordinary Kriging*, diperoleh bahwa pola penyebaran ketiga mineral tersebut berada pada arah timur sekitar Bukit Sambung Giri. Perkiraan pola penyebaran ketiga mineral ini, memberikan gambaran umum yang dapat meminimalisir kerusakan lingkungan akibat kegiatan penambangan di Bukit Sambung Giri.

Kata kunci: Anisotropik, ordinary kriging, penambangan, timah

Abstract

Unconventional mining is still the choice of the people of Bangka Island. One of the locations on the Bangka islands that still conduct tin mining activities on a small scale or community scale is Sambung Giri Hill, Merawang District, Bangka Regency. Based on understanding distribution patterns of the mineral will provide a general description that can prevent and minimize damage caused by mining activities. Interpolation of Tin (Sn), zircon (Zr) and hematite (Fe_2O_3) using anisotropic semivariogram in the Ordinary Kriging method uses the distribution pattern of each of these minerals. In this method uses the best anisotropic semivariogram model of each mineral. Models that are more suitable for hematite and zircon minerals are exponential, whereas tin uses the Gaussian model. Based on the results of the Ordinary Kriging method, the mineral distribution pattern was obtained in accordance with the east direction around the Sambung Giri Hill. The estimated pattern of mineral distribution, provides a general description that can minimize environmental damage due to mining activities in Sambung Giri Hill.

Keywords: Anisotropic, ordinary kriging, mining, tin

1. Pendahuluan

Pulau Bangka dan Belitung dikenal sebagai daerah penghasil timah (Sn) terbesar di Indonesia dan merupakan bagian dari jalur mineralisasi logam di Indonesia bagian barat. Kegiatan penambangan di Pulau Bangka sudah dimulai pada tahun 1711 sedangkan di Pulau Belitung telah dimulai sejak Tahun 1852 dan berlangsung sejak zaman Belanda sampai sekarang (Susanto, 2015). Menurut Cobbing (2005) dalam Irvani dan Elsha (2018) juga

menyebutkan bahwa Pulau Bangka dan Belitung pernah tercatat dalam sejarah sebagai penghasil timah terbesar di dunia. Komoditi timah pada masa lalu pernah menjadi penyumbang devisa yang signifikan bagi Indonesia. Penemuan sumberdaya mineral bijih timah yang berlimpah di Pulau Bangka dan Belitung sangat berhubungan erat dari posisi strategis geologi Pulau Bangka dan Belitung yang terbentuk pada Sabuk Timah Asia Tenggara.

Praktek penambangan timah telah menjadi aktivitas keseharian bagi masyarakat di Pulau Bangka Belitung yang dilakukan dengan penambangan lepas pantai (perusahaan mengoperasikan armada kapal keruk untuk operasi produksi di daerah lepas pantai (*off shore*)) dan penambangan timah darat-*gravel pump* (prosesnya dilakukan menggunakan pompa semprot (*gravel-pump*)) (Susanto, 2015).

Penambangan secara inkonvensional pun masih menjadi pilihan masyarakat Pulau Bangka. Salah satu lokasi di Pulau Bangka yang masih melakukan aktivitas penambangan timah darat dengan skala kecil atau skala rakyat adalah Bukit Sambung Giri, Kecamatan Merawang, Kabupaten Bangka.

Bukit Sambung Giri memiliki catatan geologi sebagai salah satu lokasi pembentukan timah primer di Pulau Bangka. Pada kawasan Bukit Sambung Giri terdapat aktivitas penambangan bijih timah primer pada bagian tubuh atas dan lereng bukit dengan skala kecil, dan pada bagian bawah bukit terdapat penambangan timah secara inkonvensional yang juga dilakukan pada skala kecil. Bijih timah menjadi daya tarik bagi para penambang untuk datang dari berbagai daerah sekitarnya (Mardiah dan Irvani, 2018).

Keterarikan tersebut juga disebabkan oleh adanya mineral-mineral lain yang ditemukan atau terikutsertakan bersamaan dengan penambangan timah. Mineral-mineral tersebut disebut sebagai mineral ikutan. Dimana, mineral-mineral ikutan dari hasil penambangan ini memiliki nilai yang ekonomis. Adapun jenis-jenis mineral ikutan tersebut seperti: kalsium, hematit, titanium, zirkonium dan mineral ikutan lainnya.

Namun, efek dari penambangan darat ini mengakibatkan terbentuknya lubang bekas penambangan timah (lubang *camuy* atau kulong) di kawasan Bukit Sambung Giri. Lama kelamaan hal ini dapat mengakibatkan kerusakan lingkungan yang berakibat fatal jika terus-menerus dibiarkan tanpa adanya reklamasi. Untuk itu, penting untuk mengetahui perkiraan pola penyebaran dari mineral tersebut agar penambangan dapat dilakukan dengan cara dan arah yang tepat. Dengan mengetahui pola distribusi penyebaran mineral biji timah, akan memberikan gambaran umum kegiatan penambangan yang dapat mencegah kerusakan lingkungan. Sehingga kerusakan lingkungan yang disebabkan oleh kegiatan penambangan dapat diminimalisir (Amelia dkk., 2019).

Pola distribusi penyebaran mineral ikutan timah dalam dilakukan dengan pendekatan metode *Ordinary Kriging*. Metode *Ordinary Kriging* dalam mengestimasi curah hujan di Kota Semarang. Menggunakan variogram eksperimental yang dibandingkan dengan beberapa variogram teoritis (eksponensial,

Gaussian, sferikal) dipilih salah satu model semivariogram terbaik untuk mengestimasi curah hujan di Kota Semarang (Bahtiyar dkk., 2014).

Pendekatan semivariogram dan Metode *Ordinary Kriging* juga telah dilakukan oleh Guskarnali (2016) dalam mengestimasi sumberdaya bijih besi (Fe) pada daerah Tanjung Buli Kabupaten Halmahera Timur. Dimana, hasil model penaksiran sumberdaya kadar bijih besi (Fe) menunjukkan pola penyebaran yang tinggi yakni diatas 14,40% dan tersebar secara acak (bervariasi). Metode yang sama juga dilakukan oleh Amelia dan Guskarnali (2017) dalam memperkirakan data *Composite* Jumlah Hambatan Lekat pada data tanah. Kemudian, metode yang sama juga dilakukan untuk menentukan arah penambangan yang berorientasi lingkungan menggunakan metode *Ordinary Kriging* di Bukit Sambung Giri, Kecamatan Merawang, Kabupaten Bangka. Dimana, data yang digunakan adalah mineral yang terkandung didalam kasiterit hasil dari penambangan timah (Amelia dkk. 2019). Ketiga penelitian tersebut menggunakan semivariogram isotropik yang selanjutnya model hasil semivariogram isotropik tersebut digunakan untuk mengestimasi nilai yang dicari menggunakan metode *Ordinary Kriging*.

Berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Sari dan Neswan (2015) yang menuliskan bahwa pemodelan semivariogram anisotropik dapat diaplikasikan dalam industri perminyakan, dengan studi kasus produksi minyak di lapangan Jatibarang. Dalam tiga model semivariogram yaitu eksponensial, Gaussian dan sferikal, peningkatan sudut pada semivariogram anisotropik memberikan pengaruh yang berbeda untuk fungsi rentang dan pergeseran nilai semivariogram.

Selanjutnya Carol dkk., (2017) menggunakan metodologi interpolasi kriging anisotropik dan isotropik. Dimana, kriging anisotropik digunakan dalam menginterpolasi kecepatan angin, memperhitungkan arah dan tren kecepatan angin dipermukaan yang heterogen.

Penulisan artikel ini juga merupakan lanjutan dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya di Bukit Sambung Giri Kecamatan Merawang. Adapun penelitian sebelumnya adalah mengetahui arah penambangan yang berorientasi lingkungan dengan Metode *Ordinary Kriging* yang menggunakan pendekatan semivariogram isotropik (berdasarkan dari jarak pengamatan). Namun, kali ini akan dilanjutkan dengan melihat data dari perspektif semivariogram anisotropik (berdasarkan dari jarak dan arah pengamatan). Harapannya, dengan mengetahui pola penyebaran mineral ikutan timah berdasarkan jarak dan arah dapat

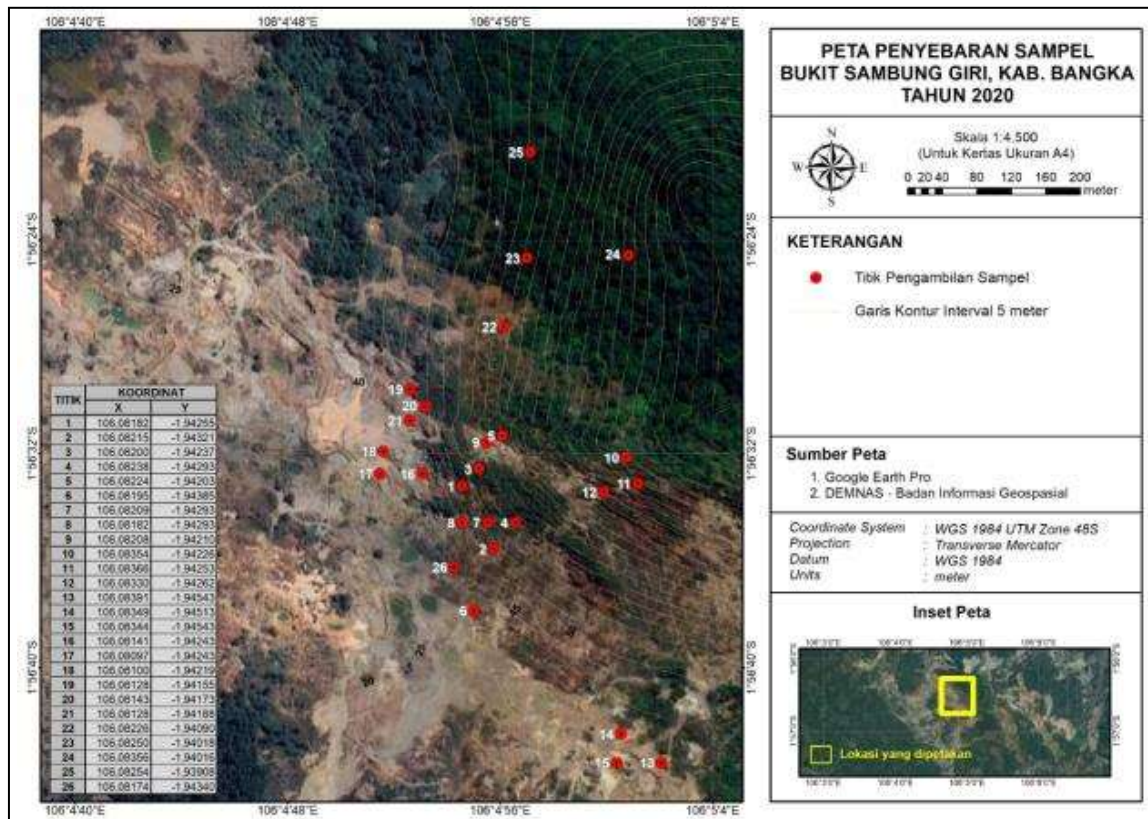
meminimalisir kerusakan lingkungan akibat kegiatan penambangan.

2. Metode

Data yang digunakan pada penelitian ini diambil pada sekitar Bukit Sambung Giri, Desa Jurung, Kecamatan Merawang, Kabupaten Bangka (lihat Gambar 1). Terdapat dua puluh enam data sampel yang kemudian diuji menggunakan *X-Ray Fluorescence* (XRF) untuk

mengetahui kandungan unsur yang ada di setiap lokasi.

Berdasarkan hasil pengujian tersebut terdapat dua puluh dua mineral yang terdeteksi menggunakan XRF tersebut. Namun, yang digunakan dalam penelitian ini adalah Timah (Sn), Zirkon (Zr) dan Hematit (Fe_2O_3). Pemilihan mineral ini didasarkan bahwa ketiganya memiliki nilai ekonomis baik dari hasil penambangan legal maupun penambangan ilegal.



Gambar 1. Dua puluh enam data sampel penelitian di Bukit Sambung Giri, Desa Jurung, Kecamatan Merawang, Kabupaten Bangka.

Adapun tahapan dalam penelitian ini adalah:

a. Menentukan Statistika Deskriptif

Dalam hal ini, statistika seskriptif digunakan untuk menganalisis dan meninterpretasikan penyebaran data timah (Sn), zirkon (Zr) dan hematit (Fe_2O_3). Kemudian, berdasarkan analisis statistika deskriptif ini dapat diketahui distribusi penyebaran data, koefisien variasi dan sebagainya. (Amelia dkk., 2019).

b. Semivariogram Anisotropik

Semivariogram bertujuan untuk mengetahui korelasi spasial antar lokasi yang terpisahkan oleh jarak tertentu. Jika data observasi diketahui, maka dapat menggunakan semivariogram eksperimental:

$$\hat{\gamma}(d) = \frac{1}{2(N(d))} \sum_{i \neq j, i=1}^{N(d)} [z(s_i + d) - z(s_i)]^2 \quad (1)$$

dengan d adalah jarak, $z(s_i)$ merupakan nilai observasi pada lokasi-lokasi sampel dan $N(d)$ adalah nilai banyaknya pasangan data yang berjarak d . Terdapat tiga parameter yang ada pada semivariogram yaitu: *sill* (C), *nugget effect* (C_0), dan *range* (a). Jika parameter tersebut menunjukkan nilai yang berbeda untuk setiap arah maka fenomena ini disebut semivariogram semivariogram anisotropik. Hal ini dikarenakan semivariogram anisotropik tidak hanya bergantung pada jarak saja tetapi juga bergantung pada arah antar pasangan lokasi. Dimana, semivariogram anisotropik diukur dalam empat sudut yaitu 0° , 45° , 90° dan 135° .

c. Model Semivariogram yang terbaik

Dalam menentukan model semivariogram yang terbaik, dapat menggunakan semivariogram eksperimental yang kemudian akan dicocokkan dengan model semivariogram

teoritis. Adapun model *semivariogram* teoritis yang biasa digunakan adalah model linear, seperti model *sferikal*, *eksponensial* dan *gaussian* (Weckernagel, 2003). Ketiga model tersebut ditunjukkan oleh persamaan berikut:

$$\text{Sferikal}, \gamma(h) = \begin{cases} C_0 + C \left[\frac{3}{2} \left(\frac{h}{a} \right) - \frac{1}{2} \left(\frac{h}{a} \right)^3 \right], & h \leq a \\ C_0 + C, & h > a \end{cases} \quad (2)$$

$$\text{Eksponensial}, \gamma(h) = C_0 + C \left[1 - \exp \left(-\frac{h}{a} \right) \right] \quad (3)$$

$$\text{Gaussian}, \gamma(h) = C_0 + C \left[1 - \exp \left(-\left(\frac{h}{a} \right)^2 \right) \right] \quad (4)$$

Dengan menggunakan *semivariogram* eksperimental akan dipilih satu model terbaik diantara ketiga model *semivariogram* tersebut. Tentunya berdasarkan dari pendekatan *semivariogram* anisotropik dengan empat arah sudut yang telah ditentukan.

d. Metode Ordinary Kriging

Metode *Ordinary Kriging* (OK) ini menghasilkan prediksi atau kriging variansi yang merupakan parameter tingkat keyakinan dari suatu data estimasi, artinya suatu data estimasi dikatakan baik jika memiliki nilai kriging variansi yang lebih kecil. Metode OK juga merupakan metode interpolasi yang menghasilkan estimasi tak bias yang disebut juga sebagai *Best Linear Unbiased Estimator* (BLUE). Nilai estimasi pada variabel yang ditaksir menggunakan persamaan $\hat{Z} = \sum_{i=1}^n w_i \cdot Z_i$ dengan $\sum_{i=1}^n w_i = 1$. $\hat{Z}$ merupakan nilai taksiran dan Z_i nilai dari sampel pada lokasi yang dibobot, dan w_i merupakan bobot sampel. Bobot sampel tidak hanya didasarkan pada jarak antara ukuran dan lokasi titik prediksi tetapi juga pada keseluruhan letak titik-titik yang diukur disekitar observasi lapangan (Oliver dan Webster, 2015).

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil dari analisis statistika deskriptif diperoleh bahwa hematit memiliki variabilitas yang tinggi, terlihat dari tingginya nilai rata-rata dan variansi dibandingkan unsur lainnya. Selanjutnya, zirkon memiliki data yang homogen jika dibandingkan dengan unsur timah dan hematit (Amelia dkk., 2019).

Apabila dilihat dari nilai median dan rata-rata terlihat bahwa data tidak berdistribusi normal. Sehingga, dalam hal ini dilakukanlah *log transformation*. Kemudian, data tersebut diolah untuk mengetahui korelasi spasial antar lokasi data dengan menggunakan persamaan (1). Adapun hasil dari pengolahan data menggunakan *semivariogram* anisotropik dapat dilihat pada Tabel 1.

Berdasarkan pada Tabel 1 terlihat bahwa proporsi parameter untuk setiap mineral cenderung mengarah pada model *semovariogram* yang Gaussian. Namun, jika dilihat sesuai dengan koefisien determinasi, mineral hematit (Fe_2O_3) cenderung mengarah pada model eksponensial, sedangkan Timah (Sn) cenderung mengarah pada model Gaussian dan model yang mendekati cocok untuk mineral zirkon juga Gaussian.

Namun, *nugget variance* (C_0) dari model Gaussian pada mineral timah (Sn) lebih besar daripada model eksponensial dan sferikal. Akan tetapi, berdasarkan proporsi parameter dan nilai koefisien determinasi menunjukkan bahwa model yang lebih cocok untuk mineral timah (Sn) adalah model Gaussian.

Begitu pula yang terlihat pada mineral zirkon (Zr). *Nugget variance* (C_0) dari model Gaussian pada mineral zirkon (Zr) lebih besar ketimbang dari model eksponensial dan sferikal. Namun, apabila dilihat berdasarkan proporsi parameter (hubungan kebergantungan antar ruang dan jarak) menunjukkan bahwa model yang lebih cocok adalah model eksponensial.

Tabel 1. Parameter dari model *semivariogram*

Sampel	Nugget effect (C_0)	C_0+C	Proportion ($C/[C_0+C]$)	R^2	Model
Hematit	0.212	1.579	0.866	0.124	Eksponensial
	0.377	1.744	0.784	0.114	Gaussian
	0.217	1.584	0.863	0.123	Sferikal
Timah	0.440	23.596	0.981	0.425	Eksponensial
	1.620	17.346	0.907	0.475	Gaussian
	0.550	13.136	0.958	0.432	Sferikal
Zirkon	0.077	0.531	0.855	0.044	Eksponensial
	0.105	0.559	0.812	0.059	Gaussian
	0.063	0.517	0.878	0.044	Sferikal

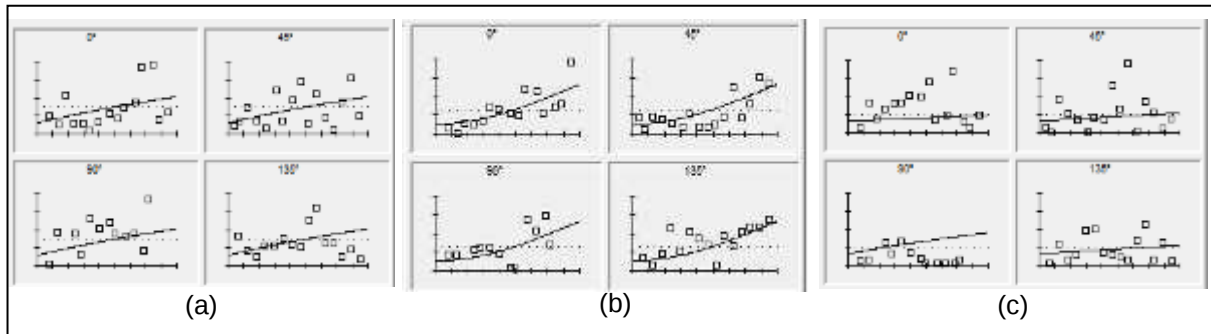
Secara visual, hal ini juga terlihat dari fit model *semivariogram* eksperimental dengan *semivariogram* teoritis pada Gambar 1. Pada setiap model *semivariogram* diukur dalam empat sudut 0° , 45° , 90° dan 135° . Masing-masing

sudut dalam setiap model *semivariogram* menunjukkan bahwa model yang cocok adalah model eksponensial untuk mineral hematit dan zirkon (Gambar 1.a dan 1.c) serta model Gaussian untuk timah (Gambar 1.b). Sehingga,

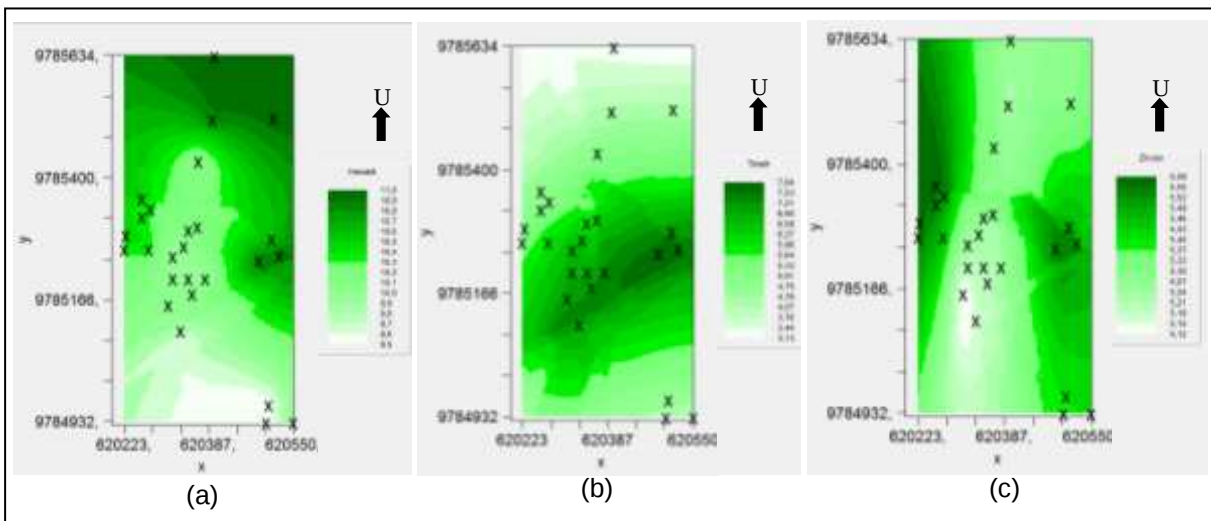
untuk menganalisis dan menginterpolasi distribusi mineral tersebut digunakan masing-masing model sesuai dengan model semivariogram yang telah dicocokkan dengan model semivariogram teoritis.

Berdasarkan hasil interpolasi penyebaran mineral ikutan timah menggunakan semivariogram anisotropik dalam metode *Ordinary Kriging* mempengaruhi pola penyebaran masing-masing mineral di lokasi penelitian. Mineral hematit tersebar melingkar dari arah barat, utara

hingga timur lokasi penelitian. Selanjutnya, kandungan timah terbentang dari arah barat daya hingga arah timur lokasi penelitian. Sedangkan untuk zirkon, sebagian besar penyebaran terletak pada arah barat dan timur. Apabila akan melakukan penambangan timah namun juga dengan mineral ikutan hematit dan zirkon, maka letak ketiga mineral tersebut dapat ditemukan pada tiga lokasi penelitian yang terdapat pada arah timur.



Gambar 2. Semivariogram teoritis untuk (a) model eksponensial dari mineral Hematit (Fe_2O_3); (b) model Gaussian untuk Timah (Sn); and (c) model eksponensial untuk Zirkon (Zr)



Gambar 3. Pola penyebaran mineral ikutan timah: (a) Hematite (Fe_2O_3); (b) Timah (Sn); and (c) Zirkon (Zr) pada lokasi Bukit Sambung Giri, Kecamatan Merawang, Kabupaten Bangka dengan menggunakan metode *Ordinary Kriging* (OK).

Pencegahan kerusakan lingkungan di sekitar Bukit Sambung Giri, Kecamatan Merawang, Kabupaten Bangka dapat dihindari atau diminimalisir dampak yang ditimbulkan dengan menerapkan penambangan terbuka di sebelah timur lokasi penelitian. Adapun lokasi tersebut berada disekitar tiga titik koordinat (x;y) yaitu (620509;9785283), (620523; 9785253) dan (620483; 9785243) atau titik lokasi 10, 11, dan 12 pada Gambar 1.

4. Kesimpulan

Pencocokan semivariogram secara teoritis menghasilkan model yang berbeda-beda untuk tiap mineral. Model yang lebih cocok untuk mineral hematit dan zirkon adalah model eksponensial, sedangkan timah menggunakan model Gaussian. Sedangkan arah penyebaran yang tepat dalam melakukan penambangan dapat dilakukan pada arah timur dari lokasi penelitian.

Ucapan Terimakasih

Terimakasih kepada tim Penelitian Dosen Pemula (PDP) tahun pelaksanaan 2018 Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Bangka Belitung, yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk menggunakan data-data yang diperlukan dalam penyelesaian artikel ini.

Daftar Pustaka

- Amelia, R., dan Guskarnali. 2017. Penaksiran Data Composite Jumlah Hambatan Lekat Menggunakan Metode Ordinary Kriging. *Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (SNPPM) 2017* (pp. p. 364-369). Pangkalpinang, Indonesia: SNPPM FT UBB.
- Amelia, R., Guskarnali, dan Mardiah. 2019. The determining of an environmentally oriented mining direction using the ordinary kriging method. *International Conference on Green Energy and Environment 2019. Vol. 353*, pp. p. 1-6. Pangkalpinang: IOP Publishing.
- Bahtiyar, A. D., Hoyyi, A., dan Yasin, H. 2014. Ordinary Kriging dalam Estimasi Curah Hujan di Kota Semarang. *Jurnal Gaussian*, 151-159.
- Carol J. Friedland, T. Andrew Joyner, Carol Massarra, Robert V. Rohli, Anna M. Treviño, Shubharoop Ghosh, Charles Huyck dan Mark Weatherhead., 2017. Isotropic and anisotropic kriging approaches for interpolating surface-level wind speeds across large, geographically diverse regions, *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 8:2, 207-224.
- Guskarnali. 2016. Metode Point Kriging Untuk Estimasi Sumberdaya Bijih Besi (Fe). *Promine Journal*, 13-20.
- Irvani, dan Artasari, E. D., 2018. Studi Karakteristik Tailing Pada Lokasi Eks Penambangan Timah di Bukit Sambung Giri Kecamatan Merawang Kabupaen Bangka. *Promine Journal*, Vol. 6, p. 31-36.
- Mardiah, dan Irvani., 2018. Studi Unsur Tanah Jarang REE di Bagian Barat Bukit Sambung Giri KEcamatan Merawang Kabupaten Bangka. *Promine Journal*, 6(1), p.41-46.
- Oliver, M. A., dan Webster, R., 2015. *Basic Steps in Geostatistics: The Variogram and Kriging*. London: Springer International Publishing.
- Sari, R. N., dan Neswan, O., 2015. Simulation of angle on geometry anisotropic semivariogram modeling in the case of oil in Jatibarang reservoir. *ICASS 2014. Vol. 1692*, p. 020013. Bandung, Indonesia: AIP Publishing LLC.
- Susanto. 2015. Daerah Kolong Timah di Bangka Belitung dengan Data Satelit Spot_6. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Universitas Muhammadiyah Jakarta 2015, Jakarta, Indonesia*. Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- Wackernagel, H., 2003. *Multivariate Geostatistics*. Germany: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.



E-ISSN



P-ISSN