



ISSN 3032-2022  
Volume 1 Nomor 2, Juni 2024

# Applied Geo-mining and Metallurgy

The Journal of Integrated Applied Geoscience, Mining, and Metallurgy



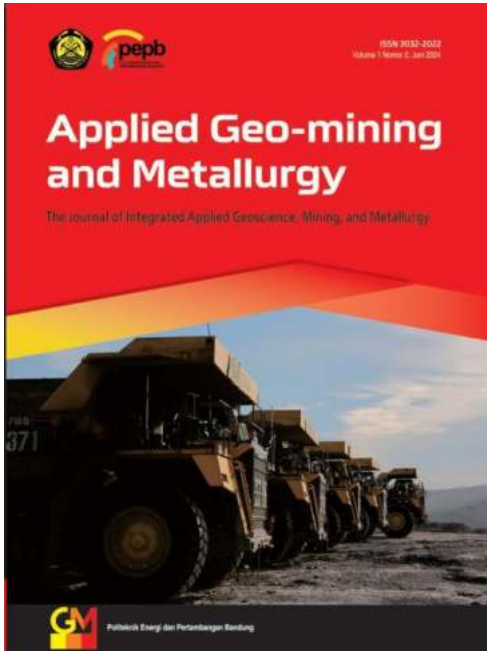
Politeknik Energi dan Pertambangan Bandung

---

**Applied Geo-Mining and Metallurgy**

Volume 1 Nomor 2, Juni 2024

---



**Foto cover dari:**

PT Adaro Energy Indonesia, Tbk.

---

**Desain Grafis**

Ayi R. Sacadipura, S.Pd.

---

**Alamat Sekretariat  
dan Pengiriman Naskah:**

Politeknik Energi dan Pertambangan  
Bandung (PEP-B),  
Jalan Jend. Sudirman No. 623 Bandung  
40211

**Penanggung Jawab**

Dr. Asep Rohman, S.T., M.T.

---

**Ketua Dewan Redaksi**

Dr. forest. Tedi Yunanto, S.Hut., M.Si.

---

**Wakil Ketua Dewan Redaksi:**

Fahny Ardian, S.T., M.T.

---

**Editor**

Dr. Asep Rohman, S.T., M.T.

Dr. mont. Imelda E.R. Hutabarat, S.T., M.T.

Dr. Ir. Priatna, M.T.

Dr. Asep Bahtiar

Dr. Asep M. Ishaq Shiddiq, S.T., M.T.

Irwan Iskandar, Ph.D

---

**Redaktur Pelaksana**

Ayu Ratna Wulansari, S.Pd.

Dea Pratami, S.Pd.

Fauziah Maulina Yusuf, S.Pd.

Febriyanto Pratama, S.Kom.

---

**Reviewer Jurnal:**

Dr. Edy Jamal Tuheteru, S.T., M.T.

Riria Zedy Mirahati, S.T., M.T.

Hidayatullah Sidiq, S.T., M.T.

Dr. Syafril Ramadhon, S.T., M.T.

Ir. Wawong Dwi Ratminah, M.T.



# Applied Geo-mining and Metallurgy

The Journal of Integrated Applied Geoscience, Mining, and Metallurgy



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT, karena berkat limpahan rahmat dan karunia-Nya dapat menyelesaikan Jurnal Volume 1 Nomor 2, Tahun 2024 dengan menerbitkan 5 buah karya ilmiah. Artikel-artikel terbaru yang sudah terbit berisikan masalah atau keilmuan tentang geologi, pertambangan, dan metalurgi.

Akhir kata kami mengucapkan selamat membaca dan semoga membawa manfaat yang sebesar-besarnya bagi semua pembaca. Besar harapan kami akan kritik dan saran dari pembaca demi pengembangan pada penerbitan Jurnal selanjutnya.

Bandung, Juni 2024

Redaksi Jurnal *Applied Geo-Mining and Metallurgy*



## DAFTAR ISI

Volume 1 Nomor 2, Juni 2024

---

### ***Adjustment Data Point Cloud Unmanned Aerial Vehicle Terhadap Data Terrestrial Laser Scanner***

*Adjustment Of Unmanned Aerial Vehicle Point Cloud Data To Terrestrial Laser Scanner Data*

Alliya Nur Azizah Purnomo Adi, Asep Rohman, Yudi Rahayudin, Wahyu Vito Sasongko .... 1

---

### **Ketidakselarasan Kebijakan Formalisasi Pertambangan Rakyat Sebagai Penghambat Pembangunan Wilayah**

*Policy Dissonance in The Formalization of Small-Scale Mining as an Obstacle for Regional Development*

Mochamad Dinar, Ridwan Sutriadi ..... 16

---

### **Perancangan Alat Pelindian Agitasi Berbasis Internet Of Things (IoT)**

*Design of Agitation Leaching Equipment Based on Internet of Things (IoT)*

D. Lumban Raja, DF Ramadhan, ZA Susilo, dan F Zekkel ..... 32

---

**Analisis Risiko Divisi Pertambangan Tahun 2023 Di PT Semen Baturaja, Tbk**

*Analysis Risk Division Mining 2023 In PT Semen Baturaja, Tbk*

Melyana Nurfitri Ramadhoni, Yosa Megasukma, Wahyudi Zahar ..... 47

---

**Kajian Teknis Penimbunan Batubara di ROM Stockpile pada PT Caritas Energi  
Indonesia Provinsi Jambi**

*Technical Study of Coal Storage in ROM Stockpile at PT Caritas Energi Indonesia Jambi  
Province*

Rhivand Nopragedi, Juventa, Yudi Arista Yulanda ..... 64

---

Pedoman penulisan artikel/makalah dalam jurnal “Applied geo-mining and metallurgy”  
Politeknik Energi dan Pertambangan Bandung, KESDM..... 73

---



## ADJUSTMENT DATA POINT CLOUD UNMANNED AERIAL VEHICLE TERHADAP DATA TERRESTRIAL LASER SCANNER

### ADJUSTMENT OF UNMANNED AERIAL VEHICLE POINT CLOUD DATA TO TERRESTRIAL LASER SCANNER DATA

Alliya Nur Azizah Purnomo Adi<sup>1</sup>, Asep Rohman<sup>1</sup>, Yudi Rahayudin<sup>1</sup>, Wahyu Vito Sasongko<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknologi Pertambangan, Politeknik Energi dan Pertambangan Bandung

<sup>2</sup>PT Mandala Karya Prima

Korespondensi: [alliyapurnomoadi03@gmail.com](mailto:alliyapurnomoadi03@gmail.com)

#### INFO ARTIKEL

#### ABSTRAK

#### Kata Kunci:

*Terrestrial Laser Scanner,  
Unmanned Aerial Vehicle,  
Metode Adjustment*

Analisis implementasi metode *adjustment* data *Unmanned Aerial Vehicle* terhadap *Terrestrial Laser Scanner* dilakukan di Pit B Rawa Selatan, PT Mandala Karya Prima, Kabupaten Nunukan, Provinsi Kalimantan Selatan. Berdasarkan kondisi aktual yang ada, pengambilan data situasi pit membutuhkan waktu 2-3 hari dengan hasil yang kurang maksimal. Hal ini didukung dengan data pada Bulan September hingga Oktober 2023 bahwa masih terdapat 16,17% area yang tidak terjangkau oleh TLS. Sehingga, penelitian ini dilakukan dengan tujuan menganalisis metode *adjustment* untuk melengkapi kekurangan data dan mempersingkat waktu pengolahan. Masalah berikutnya yaitu data UAV tidak dapat langsung digunakan untuk melengkapi kekurangan data karena adanya perbedaan elevasi terhadap TLS. Standar toleransi elevasi mengacu pada SOP PT MIP yaitu sebesar 30mm. Sebelum dilakukan metode *adjustment*, rata-rata perbedaan elevasi antara data UAV dengan TLS sebesar 0,621 m. Kemudian, dilakukan *adjustment* menggunakan fitur *Multi Station*

*Adjustment (MSA) pada software Riscan Pro. Setelah dilakukan adjustment, didapatkan hasil rata-rata perbedaan elevasi sebesar 28mm berdasarkan hasil MSA dan sampling. Selain itu, dengan menggunakan kombinasi data UAV dan TLS terdapat peningkatan cakupan area pit dari sebelumnya hanya sebesar 83,3% menjadi 99,927%. Keuntungan lain dari penggunaan metode ini yaitu kemudahan dalam proses pengolahan data dan mempersingkat waktu pengambilan data menjadi hanya 1 hari.*

---

## **ARTICLE INFO**

---

## **ABSTRACT**

### **Keywords:**

*Terrestrial Laser Scanner,  
Unmanned Aerial Vehicle,  
Adjustment Method*

*The implementation of the UAV data adjustment method to the TLS was carried out in Pit B Rawa Selatan, PT Mandala Karya Prima, Nunukan District, North Kalimantan Province. Based on current conditions, the data collection of the pit situation takes 2-3 days with less-than-optimal results. It is supported by data from September to October 2023 that there is still 16,4% of the area not covered by TLS. Therefore, this research aims to analyze the adjustment method to address data deficiencies and shorten processing time. Another issue is that UAV data cannot be directly used to fill in the data gaps due to elevation differences with TLS. The elevation tolerance standard refers to the PT MIP SOP, which is 30mm. Before the adjustment method, the average elevation difference between UAV and TLS data was 0,621 m. Then, adjustment was performed using the Multi Station Adjustment (MSA) feature in Riscan Pro. After the adjustment, the average elevation difference was 28mm based on MSA and sampling results. Furthermore, using a combination of UAV and TLS data, there was an increase in pit area coverage from the previous 83,3% to 99,927%. Another advantage of this method is the ease of data processing and a reduction in data collection time to just 1 day.*

## 1. PENDAHULUAN

PT Mandala Karya Prima (Mandiri Contractor) merupakan salah satu perusahaan penyedia jasa kontraktor untuk PT Mandiri Intiperkasa (Mandiri Coal) sejak tahun 2007. Sistem penambangan yang digunakan di perusahaan adalah sistem tambang terbuka dengan menggunakan metode *open pit*. Dalam menggunakan sistem penambangan *open pit*, metode konvensional survei dapat digunakan untuk melakukan pemantauan bukaan tambang.

Seiring berkembangnya zaman, teknologi survei dan pemetaan semakin berkembang salah satunya yaitu penggunaan *Terrestrial Laser Scanner* (TLS). Keunggulan alat ini yaitu dapat memperoleh data dalam waktu singkat dengan keakurasian yang tinggi hingga milimeter (Sasak, et al, 2019). Keunggulan tersebut tentu sangat membantu proses pengambilan data dalam dunia tambang. PT Mandala Karya Prima menggunakan TLS untuk pengambilan data situasi tambang dengan *output* berupa kumpulan data *point cloud*. Namun seiring dengan kemajuan penambangan yang cepat maka dibutuhkan efisiensi waktu dalam pengambilan data situasi tambang.

Berdasarkan kondisi aktual, pengambilan data situasi *pit* menggunakan TLS membutuhkan waktu 2 hingga 3 hari dan belum mendapatkan hasil yang maksimal. Hasil yang belum maksimal disebabkan oleh keterbatasan jumlah dan kemampuan alat. Kondisi tambang yang

memiliki batubara dengan kemiringan landai menyebabkan terdapat banyak area yang sulit dilakukan pengambilan data. Tinggi maksimal alat dari tanah  $\pm 1,5\text{m}$  sehingga apabila terdapat area yang memiliki ketinggian lebih dari tinggi tersebut akan sulit terjangkau oleh alat.

Hal ini didukung dengan data hasil pengukuran menggunakan *Terrestrial Laser Scanner* di PT Mandala Karya Prima pada Bulan September hingga Oktober 2023. Didapatkan bahwa rata-rata masih terdapat 16,17% area yang tidak terjangkau oleh TLS.

Selain TLS, terdapat alat lain yang dapat menghasilkan *output* data berupa *point cloud* yaitu *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV). Sebelumnya, UAV hanya digunakan untuk pengambilan *orthophoto* saja. (Alshwabkeh & Baik, 2023; Blaszczyk, et al, 2022; Nan Jiang, et al, 2021; Tysiac, et al, 2023; Zhonglei Mao, et al, 2021). Maka, untuk melengkapi kekurangan data tersebut, diusulkan penggunaan data yang berasal dari *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV). Data yang berasal dari UAV tidak dapat langsung digabungkan begitu saja dengan data TLS karena terdapat perbedaan elevasi antara data UAV dan TLS. Oleh karena itu, tujuan penelitian secara umum adalah untuk menganalisis metode penggabungan data antara *Unmanned Aerial Vehicle* dan *Terrestrial Laser Scanner*, agar data aktual kondisi muka tambang tidak hanya dapat disajikan dengan cepat, tetapi juga dengan akurasi yang tinggi.

Berdasarkan permasalahan umum tersebut, tujuan penelitian secara lebih spesifik ini adalah: Menghitung perbedaan ketinggian data *point cloud Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) dengan *Terrestrial Laser Scanner* (TLS); Meningkatkan presisi dan akurasi data *point cloud Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) terhadap *Terrestrial Laser Scanner* (TLS) dengan metode *adjustment*; serta Menganalisis hasil implementasi penggunaan metode *adjustment point cloud Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) terhadap *Terrestrial Laser Scanner* (TLS).

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan metode kuantitatif dikarenakan proses pengolahan data berbasis penggunaan angka dan perhitungan matematis. Secara umum, alur penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.

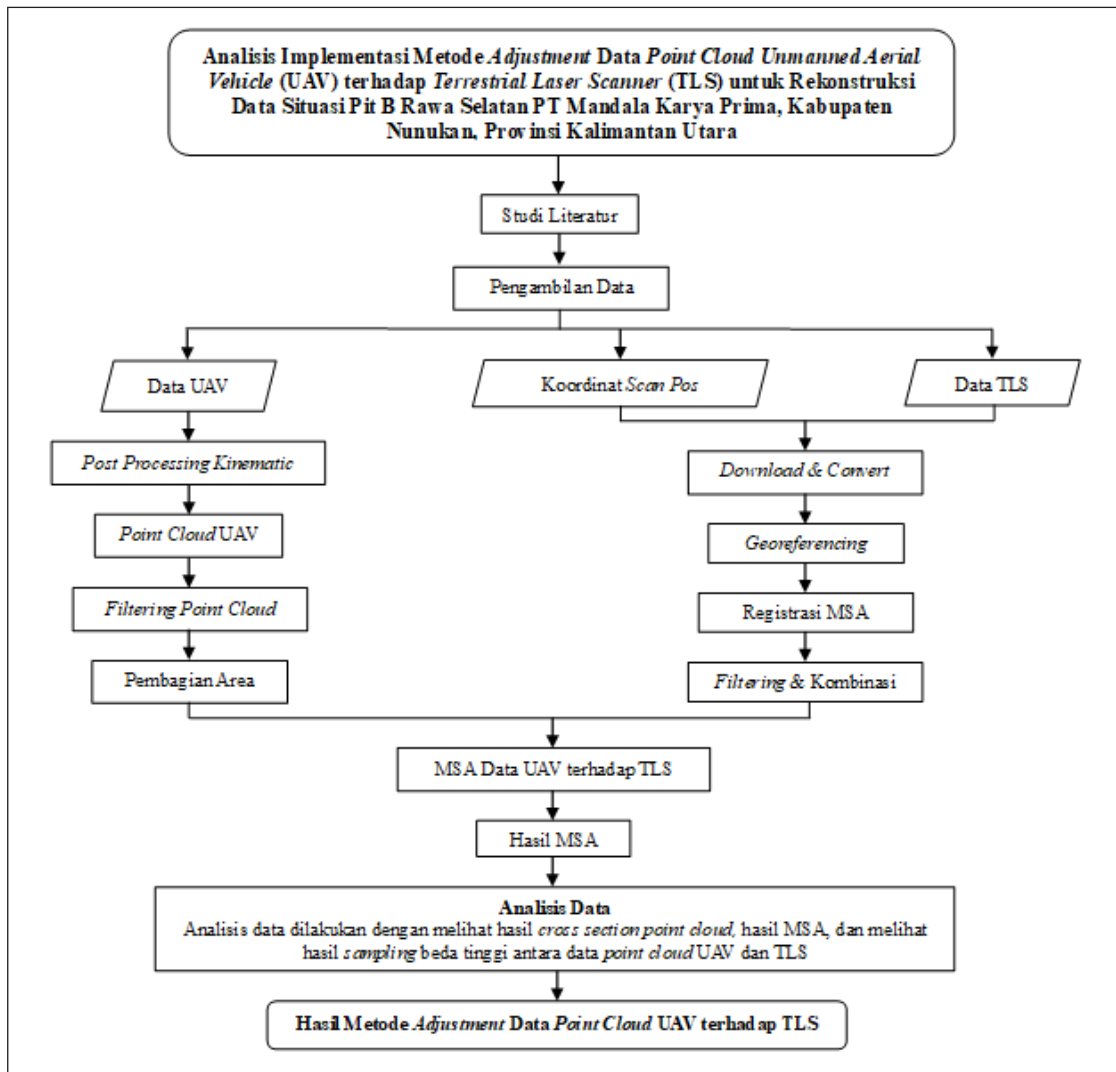
Pada tahapan pertama dilakukan pengumpulan data yang meliputi data UAV, koordinat *scan pos*, dan data TLS. Data UAV didapatkan menggunakan DJI Matrice 300 RTK di area *pit*. Umumnya, pengambilan data membutuhkan waktu  $\pm 2$  jam dengan tinggi terbang 300m. Sementara data koordinat *scan pos* didapatkan bersamaan dengan pengambilan data TLS. Pengambilan data ini dilakukan menggunakan GNSS RTK yang terpasang pada TLS. Adapun data TLS didapat menggunakan Laser Scanner Riegl VZ-2000i.

Pada tahap kedua, dilakukan pengolahan

data UAV menggunakan aplikasi *Emlid Studio* dan *Agisoft Metashape*. Pengolahan data UAV diawali dengan melakukan koreksi data menggunakan metode *Post Processing Kinematic* (PPK) pada aplikasi *Emlid Studio*. Syarat utama metode PPK adalah waktu terbang UAV dengan waktu yang digunakan pada *base* harus sama sehingga menghasilkan data *fixed*. Setelah data terkoreksi, selanjutnya adalah melakukan proses *geotagging* yaitu memasukkan koordinat pada foto. Kemudian, pengolahan data dilanjutkan menggunakan aplikasi *Agisoft Metashape* untuk menghasilkan *dense cloud* atau *point cloud* dari data UAV dan dilanjutkan *filtering dense cloud*.

Pada tahapan selanjutnya, data koordinat *scan pos* dan TLS diolah menggunakan aplikasi *Riscan Pro*. Pengolahan data diawali dengan melakukan proses *georeferencing*. Hal ini bertujuan untuk menyesuaikan sistem koordinat data dengan sistem koordinat yang digunakan perusahaan. Sebelum melakukan registrasi data, terlebih dahulu dilakukan filter debu yang ada di sekitar *scan pos*. Registrasi data dilakukan menggunakan metode *cloud to cloud registration* dengan bantuan fitur *plane patch filter*.

Selanjutnya dilakukan perhitungan perbedaan tinggi ( $\Delta z$ ) data *point cloud* UAV dengan TLS. Kemudian dilakukan peningkatan akurasi dan presisi data UAV dengan TLS menggunakan metode *adjustment*. Adapun pada



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

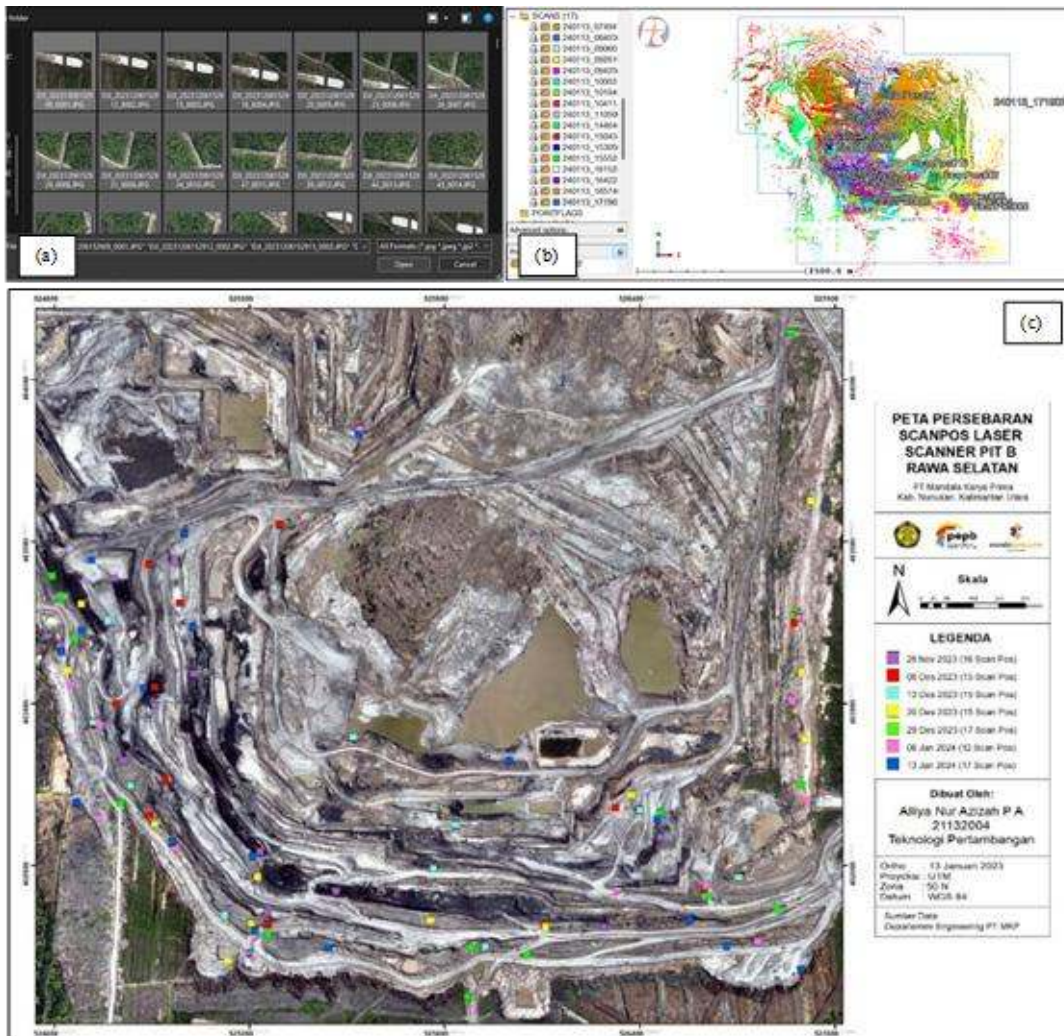
tahap terakhir dilakukan analisis implementasi hasil metode *adjustment* yang dilakukan pada data *point cloud* UAV dengan TLS.

### 3. HASIL PENELITIAN

#### 3.1 Hasil Pengumpulan Data

Hasil pengambilan data UAV berupa kumpulan foto udara dari area *pit*, dalam 1 kali pengambilan data bisa mendapatkan hingga 1000 foto. Kemudian, hasil data *scan*

*pos* merupakan koordinat titik berdiri alat TLS yang sudah digambarkan dalam bentuk peta persebaran titik *scan pos*. Jumlah dan sebaran titik *scan pos* setiap minggunya bersifat dinamis bergantung pada kondisi lapangan. Sehingga, tidak dapat ditetapkan minimal jumlah dan posisi *scan pos*. Jumlah *scan pos* selama proses pengambilan data berjumlah 107 *scan pos*. Selanjutnya, hasil pengukuran TLS berupa *point cloud* yang memiliki warna berbeda di



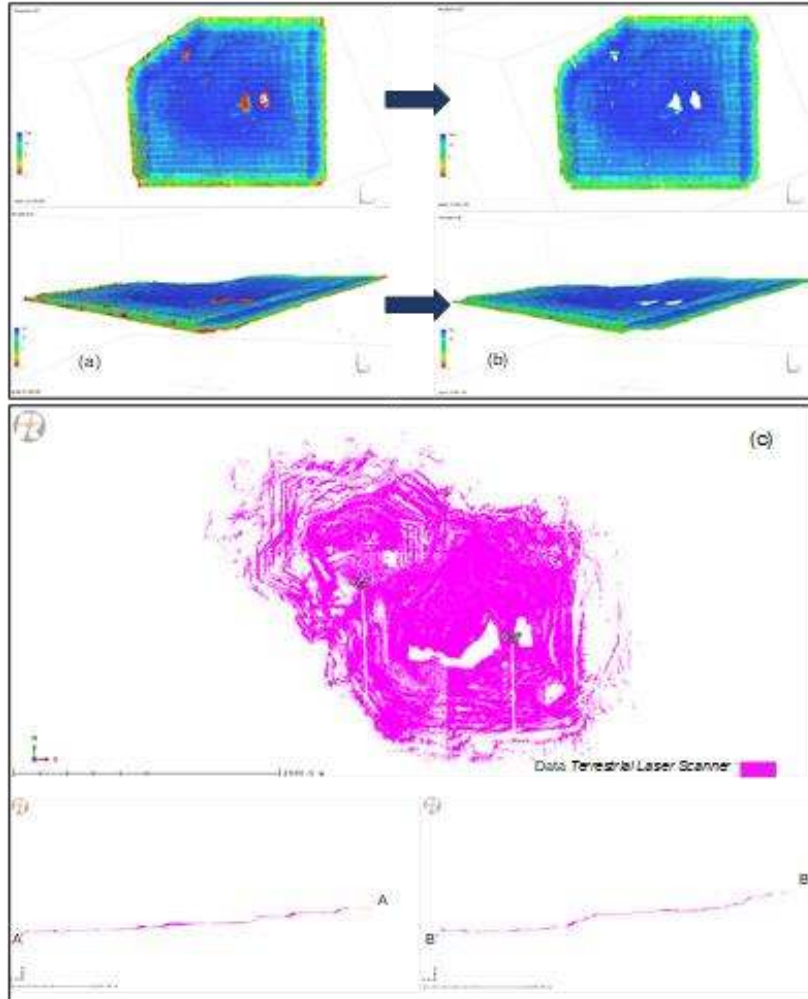
Gambar 2 (a) Hasil pengumpulan data UAV berupa foto udara; (b) Point Cloud Hasil Scanning TLS, Perbedaan Warna Menunjukkan Data Point Cloud yang Dihasilkan Setiap Scan Pos. Area Berwarna Putih menunjukkan Daerah yang tidak terjangkau oleh pengukuran TLS; (c) Peta persebaran scan pos

setiap *scan pos*. Adapun hasil pengumpulan seluruh data dapat terlihat pada Gambar 2.

### 3.2 Hasil Pengolahan Data UAV dan TLS

Hasil pengolahan data UAV dan TLS berupa *point cloud* yang sudah dilakukan proses *filtering* sebelum selanjutnya dikombinasikan. Kemudian, kedua data di-*export* dalam bentuk \*.las menggunakan sistem koordinat yang

digunakan perusahaan dengan Datum Geodesi *World Geodetic System* (WGS) 1984 dengan Sistem koordinat Proyeksi Peta *Universal Transverse Mercator* (UTM) di Zona 50 N. Adapun hasil pengolahan data UAV dan TLS dapat dilihat pada Gambar 3. Pada hasil pengolahan data TLS, dapat terlihat masih terdapat area yang tidak terjangkau oleh TLS dengan rata-rata sebesar 16,17%. Sehingga,



Gambar 3 (a) Point Cloud UAV sebelum dilakukan proses filtering. Terlihat pada gambar masih terlihat noise berupa point cloud anomali yang terbang; (b) Point Cloud UAV cloud setelah dilakukan proses filtering. Pada gambar tersebut, terlihat bahwa sudah tidak terdapat point cloud yang anomali ataupun terbang; (c) Hasil filtering point cloud tls terhadap objek yang tidak digunakan meliputi excavator, dump truck, tower lamp, pompa, dan pohon

dapat dikatakan jangkauan TLS hanya dapat mencakup area *pit* sebesar 83,83%.

#### 4. PEMBAHASAN

##### 4.1 Perbedaan Tinggi *Point Cloud* UAV terhadap TLS

Sebelum dilakukan *adjustment* data, *point cloud* UAV memiliki selisih atau perbedaan

tinggi elevasi terhadap TLS. Analisis perbedaan tinggi data dilakukan dengan membagi volume terhadap luas area sehingga didapatkan selisih tinggi antara data *point cloud* UAV terhadap TLS. Pemilihan area untuk dilakukan analisis beda tinggi adalah area yang tidak mengalami perubahan karena pengambilan data UAV dan TLS tidak dilakukan diwaktu yang bersamaan.

Setelah dilakukan perhitungan, didapatkan perbedaan tinggi paling kecil terjadi pada tanggal 13 Desember 2023 yaitu sebesar 0,345 m. Sementara perbedaan tinggi paling besar terdapat pada tanggal 13 Januari 2024 sebesar 0,998 m dengan rata-rata beda tinggi keseluruhan antara data UAV terhadap TLS sebesar 0,621 m seperti terlihat pada Tabel 1. Hal ini terjadi karena dalam melakukan pemetaan, UAV tidak menggunakan *ground control point* (GCP) sebagai titik ikat. Sehingga, terjadi perbedaan ketinggian ( $\Delta z$ ) yang cukup besar antara data *point cloud* UAV terhadap TLS karena tidak ada koreksi terhadap *ground* atau permukaan.

Tabel 1 Data perbedaan ketinggian antara point cloud UAV dan TLS

Tanggal	Perbedaan ketinggian antara data UAV dan TLS [cm]
28/11/2023	59,8
6/12/2023	73,9
13/12/2023	34,5
20/12/2023	38,7
29/12/2023	69,4
6/1/2024	60,5
13/1/2024	99,8

## 4.2 Metode *Adjustment Data Point Cloud* UAV terhadap TLS

Melalui penelitian ini, peneliti menggunakan metode *adjustment* dengan tahapan sebagai berikut:

1. Pembuatan *boundary* area pit

Tahapan awal dalam melakukan *adjustment* data *point cloud* UAV terhadap TLS adalah pembuatan *boundary* pada aplikasi Agisoft Metashape Professional menggunakan menu *draw polyline*. *Boundary* harus dibuat pada 3D model agar saat diexport *boundary* sudah berformat 3D. Apabila pembuatan *boundary* dilakukan pada *orthomosaic*, maka *boundary* akan memiliki format 2D sehingga tidak dapat langsung di-input pada aplikasi *Riscan Pro*. Hal penting lainnya yang harus diperhatikan adalah memastikan antar *boundary* saling beririsan. Adapun hasil pembuatan *boundary* dapat terlihat pada Gambar 11. Setelah dilakukan pembuatan *boundary*, tahapan selanjutnya adalah melakukan *export* data *boundary* dalam format \*.dxf dan *dense cloud* dalam format \*.las. Poin yang harus diperhatikan dalam melakukan *export* data adalah mengatur sistem koordinat menyesuaikan sistem yang digunakan yaitu WGS 84 zona 50 N.

2. Pembuatan *polydata* dan *scan pos* per area  
Tahapan ini bertujuan meminimalisir eror yang terjadi saat proses *adjustment* dengan tahapan sebagai berikut:

- a. Melakukan *import* data *pointcloud* UAV dan *boundary* area ke dalam aplikasi *Riscan Pro*.
- b. Membuat *polydata* baru berdasarkan

*boundary* area yang sudah dibuat menggunakan tools '*copy selection into new polydata*'. Untuk memilih area yang terdapat di dalam *boundary*, dapat dengan cara memilih salah satu dari *list boundary* atau *polygon* yang berada di kolom *object inspector*. Kemudian klik kanan *mouse* dan pilih *select data*. Adapun poin penting yang perlu diperhatikan dari tahapan ini adalah semua area yang akan dipilih menjadi *polydata* baru harus terlihat semua saat melakukan *select data* seperti terlihat pada Gambar 13.

c. Membuat *scanpos* baru sesuai dengan jumlah area yang ada. Kemudian, data yang sudah dibagi berdasarkan *boundary* dapat diimport sesuai dengan urutan *scanpos*. Maka dari itu, penamaan yang sama antara *polydata* dan *scanpos* menjadi penting dengan tujuan memudahkan penginputan data.

### 3. Melakukan *Adjustment*

Tahapan *adjustment* data *point cloud* terbagi menjadi 2 tahapan yaitu *prepare polydata* dan *adjustment*. Adapun rincian tahapan ini adalah sebagai berikut.

#### a. Prepare polydata

Tahapan *prepare polydata* bertujuan untuk registrasi *point cloud* sebelum dilakukan *adjustment* dengan bantuan fitur *Plane Patch Filter* (PPF). Pada

prinsipnya, PPF memiliki kesamaan dengan *Iterative Closest Point* (ICP) yaitu dengan mencari jarak terdekat dari kedua titik secara berulang dalam kumpulan *point cloud*.

Perbedaannya adalah, PPF akan membagi *point cloud* menjadi kubus-kubus kecil untuk mencari jarak terdekat antar titik dan mengeliminasi titik yang bertampalan. Sehingga, proses *adjustment* dapat dilaksanakan dengan lebih cepat. Adapun parameter PPF yang digunakan dapat terlihat pada Gambar 15.

#### b. Adjustment

*Adjustment* dilakukan menggunakan fitur *Multi Station Adjustment* (MSA) pada *Riscan Pro* 2.14.1. Fitur MSA berfungsi untuk memperbaiki registrasi dari setiap *scan pos*. Prinsip kerjanya adalah dengan melakukan modifikasi orientasi dan posisi secara berulang dengan parameter yang sudah ditentukan dari setiap *scan pos* hingga mencapai nilai eror minimum. Karena MSA bekerja pada setiap *scan pos*, maka *scan pos* TLS yang bertindak sebagai acuan harus diatur menjadi *lock position* seperti terlihat pada Gambar 16. Hal ini berfungsi agar orientasi dan posisi *scan pos* tersebut tidak berubah.

Adapun parameter yang digunakan dalam

Tabel 2 Parameter MSA

PARAMETER	Analyse	Calculate 1	Calculate 2	Calculate 3
Search Radius [m]	10-50	2x analyse	1-2	0,5-1
Max. tilt angle [deg]	5	5	5	5
Min. change of error 1 [m]	0,1	0,1	0,02	0,01
Min. change of error 2 [m]	0,02	0,02	0,01	0,005
Outlier Threshold	2	2	1	1

melakukan *adjustment* dapat terlihat pada Tabel 2. Tahapan MSA dibedakan menjadi 2 jenis yaitu *analyse* dan *calculate*. Tahapan *analyse* dilakukan untuk mencari jumlah *point cloud* yang berpasangan dan akumulasi kesalahan dari setiap *scan pos*. Sementara tahapan *calculate* merupakan tahapan penyesuaian posisi dan orientasi antar *scan pos*.

### 4.3 Hasil MSA Data Point Cloud UAV terhadap TLS

Dilakukan MSA sebanyak 7 percobaan dengan hasil berupa histogram residu dan nilai standar deviasi yang dapat diunduh dalam bentuk \*.csv. Histogram residu menunjukkan jumlah observasi yang dilakukan dalam jarak tertentu.

Kemudian, standar deviasi menunjukkan nilai keseluruhan jarak antar *point cloud*. Dalam hal ini yaitu jarak *point cloud* UAV terhadap TLS. Adapun nilai standar deviasi dari MSA yang telah dilakukan dapat terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil MSA, data yang berwarna menunjukkan hasil yang melebihi standar perusahaan yaitu batas toleransi elevasi sebesar 3 cm

Tanggal	Hasil Msa [cm]
28/11/2023	3,75
6/12/2023	4,44
13/12/2023	2,93
20/12/2023	1,78
29/12/2023	1,99
6/1/2024	2,16
13/1/2024	2,62

Mengacu kepada SOP PT Mandiri Intiperkasa No. MIP/SOP/ENG/004 bahwa pada pengukuran situasi kemajuan tambang, batas toleransi elevasi adalah 30 mm. Maka, didapatkan grafik hubungan hasil MSA terhadap batas toleransi elevasi seperti ditunjukkan pada Gambar 18. Berdasarkan grafik tersebut, didapatkan bahwa secara keseluruhan sebanyak 71,43% data berada di bawah batas toleransi elevasi. Terdapat 2 data yang berada di atas batas toleransi elevasi, yaitu data tanggal 28 November dan 6 Desember 2023. Hal ini dapat terjadi disebabkan pada tanggal tersebut

dilakukan *adjustment* data UAV secara langsung atau *general* tanpa dilakukan pembagian area. Sehingga, kemungkinan terjadi eror lebih besar. Sementara, setelah dilakukan pembagian area, didapatkan hasil sebesar **100% data memenuhi syarat**.

#### 4.4 Hasil *Sampling*

Nilai standar deviasi yang ada pada hasil MSA menunjukkan jarak antar poin secara keseluruhan. Maka dari itu, dilakukan perkuatan data dengan melakukan *sampling* jarak antar poin UAV dan TLS. *Sampling* dilakukan pada area yang tidak berubah dan sama-sama memiliki data yang lengkap antara *point cloud* UAV maupun TLS dengan total jumlah *sampling* yang dilakukan sebanyak 64 area. Sebelum dilakukan analisis, terlebih dahulu dilakukan uji *outlier* untuk melihat persebaran data dan mendeteksi apakah terdapat data anomali. Didapatkan bahwa persebaran data dari ke-64 sampel normal dan tidak ada data

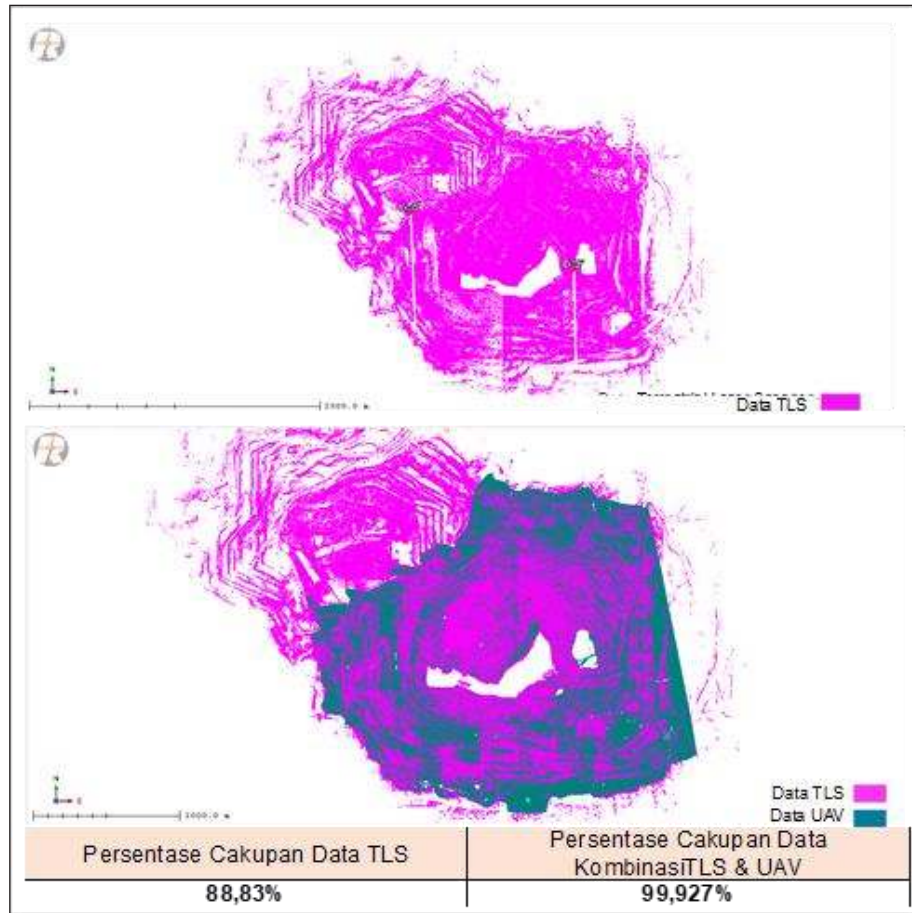
anomali.

*Sampling* dilakukan dengan membagi volume terhadap luasan area sehingga didapatkan perbedaan ketinggian. Secara keseluruhan, dari 64 area terdapat 16 area yang berada di atas batas toleransi elevasi dengan persentase yang memenuhi standar sebesar 75% seperti terlihat pada Gambar 4. Hal tersebut dapat terjadi karena keseluruhan hasil *sampling* termasuk data hasil pengolahan secara *general* dimasukkan semua dalam perhitungan. Namun, apabila hanya menghitung data dengan pengolahan menggunakan pembagian area, didapatkan hasil sebesar **81% data memenuhi standar**. Adapun rata-rata hasil *sampling* secara keseluruhan sebesar 0,028 m atau 2,8 cm. Meskipun demikian, 19% data yang tidak sesuai dengan standar hanya memiliki rentang jarak ketidaksesuaian sebesar 1-4 mm dengan rata-rata jarak 2,4mm.

Sebelum menggunakan metode *adjustment*, area *pit* yang terjangkau oleh TLS hanya



Gambar 4 Grafik Hasil Sampling terhadap Batas Toleransi Elevasi



Gambar 5 Data Point Cloud TLS Sebelum dan Sesudah Dilakukan Dikombinasikan dengan Menggunakan Data UAV

sebesar 83,83%. Setelah menggunakan metode *adjustment* untuk melengkapi data situasi *pit*, didapatkan hasil rata-rata bahwa sebanyak 99,927% area dapat tercakup oleh gabungan data TLS dan UAV seperti terlihat pada Gambar 5. Maka, terdapat kenaikan sebesar 16,627% dari sebelumnya hanya menggunakan TLS. Sedangkan, 0,073% area yang tidak tercakup dapat diperkirakan berupa unit yang berada di dalam *pit* seperti *dump truck*, *excavator*, *tower lamp*, bangunan, dan sebagainya. Hal ini disebabkan karena pengambilan data UAV

berasal dari atas sehingga area bawah unit yang bergerak maupun diam di tempat akan tertutupi.

Kemudian, dengan menggunakan metode *adjustment* dapat mengurangi selisih tinggi ( $\Delta z$ ) rata-rata secara keseluruhan sebanyak 0,593 m atau 95,49%. Dari semula data *point cloud* UAV dengan TLS memiliki perbedaan tinggi sebesar 0,621 m menjadi 0,028 m. Adapun perbedaan  $\Delta z$  sebelum dan sesudah dilakukan metode *adjustment* dapat terlihat pada Gambar 6. Selain itu, metode *adjustment* juga berhasil memangkas waktu pengambilan data yang



Gambar 6 Grafik Hasil Sampling Perbedaan Tinggi Data Point Cloud UAV dengan TLS

semula dapat memakan waktu 2 hingga 3 hari menjadi hanya 1 hari untuk TLS dan UAV. Selanjutnya, dengan menggunakan metode ini juga dapat memudahkan pengolahan data pada data TLS yang tidak dapat terjangkau. Apabila sebelumnya harus dilengkapi menggunakan data dari sebelumnya, maka sekarang dapat langsung dilengkapi menggunakan data *point cloud* UAV. Hasil penelitian yang didapatkan sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Fotheringham dan Paudyal (2021) pada area *stockpile* tambang di Australia. Penelitian tersebut menghasilkan ketelitian sebesar  $\pm 5$  cm. Sementara pada penelitian ini dapat dihasilkan ketelitian vertikal sebesar  $\pm 2,8$  cm.

## 5. KESIMPULAN

Sebelum diterapkan metode *adjustment*, terdapat perbedaan ketinggian ( $\Delta Z$ ) antara data *point cloud Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) terhadap *Terrestrial Laser Scanner* (TLS) 0,621 meter. Hal ini disebabkan karena dalam proses pengambilan data UAV tidak menggunakan

GCP sebagai titik ikat.

Melalui penelitian ini, didapatkan cara meningkatkan presisi dan akurasi data *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) terhadap *Terrestrial Laser Scanner* (TLS) dengan menggunakan *Multi Station Adjustment* (MSA). Adapun hasil dari metode *adjustment* yaitu dapat meningkatkan cakupan area situasi *pit* sebesar 16,627%. Dari semula cakupan area hanya sebesar 83,3% dapat meningkat menjadi 99,927%. Rata-rata  $\Delta Z$  berdasarkan hasil MSA sebesar 28,1mm sedangkan berdasarkan hasil *sampling* adalah 28mm. Berdasarkan data tersebut dapat disimpulkan bahwa metode ini dapat digunakan dan berhasil mengurangi perbedaan tinggi *point cloud* UAV dengan TLS sebesar 95,45% atau sebanyak 0,593 m.

Adanya keterbatasan penelitian yakni tinggi terbang UAV yang dilakukan pada saat pengambilan data menggunakan ketentuan perusahaan yaitu 300 meter. Pada penelitian selanjutnya, dapat ditambahkan pengaruh variasi tinggi terbang UAV terhadap hasil beda

ketinggian antara *point cloud* UAV terhadap TLS.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- Alshawabkeh, Y., & Baik, A. (2023). Integration of Photogrammetry and Laser Scanning for Enhancing Scan-to-HBIM Modeling of Al Ula Heritage Site. *Heritage Science*, 1-17. doi:10.1186/s40494-023-00997-2
- AtıncıPirt. (2022). Evaluating Repeatability of RTK (GPS and Galileo/GPS) Performance in the Analysis of Points Located in Areas with and without Obstructions. *Sciendo*, 11-22. doi:10.2478/rgg-2022-0002
- Blaszczyk, et al. (2022). Combined Use of Aerial Photogrammetry and Terrestrial Laser Scanning for Detecting Geomorphological Changes in Hornsund, Svalbard. *Remote Sens*, 1-17. doi:10.3390/rs14030601
- Budaya, I. (2020). *Assesmen Kontribusi GNSS pada Pengukuran Metode Penelitian Post Processing Kinematic (PPK) dalam UAV Fotogrametri*. Bandung: ITB.
- Diodemus, P. (2021). Analisis Pemanfaatan Foto Udara Hasil Pemotretan Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Tipe Post Processing Kinematic (PPK) untuk Pemetaan Topografi. *Seminar Nasional Geomatika*, 885-901. doi:10.24895/SNG.2020.0-0.1204
- Fotheringham, M., & Paudyal, D. (2021). Combining Terrestrial Scanned Datasets with Uav Point Clouds for Mining Operations. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, V-4-2021*, 129-138. doi:10.5194/isprs-annals-V-4-2021-129-2021
- Hidayat, R. (2022). *Analisis Ketelitian Model 3 Dimensi Hasil Kombinasi Terrestrial Laser Scanner dan Unmanned Aerial Vehicle*. Yogyakarta: Universitas Pembangunan Nasional "Veteran".
- Kafiar, M. (2020). *Visualisai Model 3D Modelling dari Hasil Kombinasi Kamera DSLR dan UAV dengan Metode Close Range Photogrammetry*. Malang: Institut Teknologi Nasional Malang.
- Nan Jiang, et al. (2021). A Monitoring Method Integrating Terrestrial Laser Scanning and Unmanned Aerial Vehicles for Different Landslide Deformation Patterns. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 14, 10242-10255.
- Quintero. (2008). Theory And Practice On Terrestrial Laser Scanning. *The Learning Tools for Advanced Three-dimensional Surveying In Risk Awareness Project (3D Risk Mapping)*.
- Sasak, et al. (2019). Combined Use of

- Terrestrial Laser Scanning and UAV Photogrammetry in Mapping Alpine Terrain. *Remote Sens*, 1-25. doi:10.3390/rs11182154
- Setiawan, A. (2018). *Analisa Hasil Pengukuran Koordinat Terrestrial Laser Scanner GLS-2000*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
- Sobatnu, F. (2018). *Survei Terrestri*. Sleman: POLIBAN PRESS.
- Tysiac, et al. (2023). Combination of Terrestrial Laser Scanning and UAV Photogrammetry for 3D Modelling and Degradation Assessment of Heritage Building Based on a Lighting Analysis: Case Study - St. Adalbert Church in Gdansk, Poland. *Heritage Science*, 1-14. doi:10.1186/s40494-023-00897-5
- Uguy, R., & Pangalila, L. (2022). Evaluasi Pengukuran Topografi pada Proyek Jalan Manado Outer Ringroad III. *Jurnal Ilmiah Realtech*, 25-31.
- Zhonglei Mao, et al. (2021). Precision Evaluation and Fusion of Topographic Data Based on UAVs and TLS Surveys of a Loess Landslide. *Frontiers in Earth Science*, 1-15. doi:10.3389/feart.2021.801293



## KETIDAKSELARASAN KEBIJAKAN FORMALISASI PERTAMBANGAN RAKYAT SEBAGAI PENGHAMBAT PEMBANGUNAN WILAYAH

### *POLICY DISSONANCE IN THE FORMALIZATION OF SMALL-SCALE MINING AS AN OBSTACLE FOR REGIONAL DEVELOPMENT*

Mochamad Dinar<sup>1</sup>, Ridwan Sutriadi<sup>1</sup>

*1Perencanaan Wilayah dan Kota, Sekolah Arsitektur Perencanaan dan Pengembangan Kebijakan, Institut Teknologi Bandung*

*Korespondensi: mochamaddinar9@gmail.com*

#### INFO ARTIKEL

#### ABSTRAK

##### **Kata Kunci:**

Pertambangan Rakyat;  
Formalisasi;  
Ketidakselarasan  
Kebijakan

Kegiatan pertambangan rakyat umumnya merupakan kegiatan informal yang tidak memiliki izin namun menjadi sarana yang menyediakan kesempatan kerja dan sumber pendapatan bagi masyarakat yang sudah berjalan turun temurun dan tersebar di seluruh Indonesia. Kegiatan pertambangan rakyat bukan hanya menghasilkan dampak negatif namun juga dampak positif bagi pembangunan berkelanjutan di wilayahnya ketika dapat dikelola secara baik dan benar. Pada kenyataannya, ketidakselarasan kebijakan saat ini mengakibatkan tidak terkendalinya kegiatan pertambangan rakyat dan pada beberapa lokasi terjadi konflik antara masyarakat penambang dan pemerintah akibat penutupan oleh aparat terkait yang pada akhirnya menjadi tidak efektif karena masyarakat tetap melakukan kegiatannya secara sembunyi-sembunyi. Penelitian ini dilakukan untuk membahas secara lebih mendalam tentang bagaimana ketidakselarasan kebijakan saat ini melalui Wilayah Pertambangan Rakyat (WPR) setelah ditetapkannya UU Nomor 3 Thn. 2020 yang belum dibahas secara spesifik dari beberapa penelitian sebelumnya terkait

formalisasi kegiatan pertambangan rakyat. Dengan melakukan pendekatan kualitatif melalui studi literatur dan komparasi atas kebijakan yang telah diterbitkan oleh Pemerintah serta penelitian-penelitian sebelumnya ditemukan adanya upaya pemerintah untuk melakukan akselerasi atas formalisasi kegiatan pertambangan rakyat yang terhambat atas adanya ketidakselarasan kebijakan antar sektor yang harus segera ditindaklanjuti.

---

**ARTICLE INFO****ABSTRACT**

---

**Keywords:**

*Artisanal Mining;  
Formalization; Policy  
Dissonance*

*Artisanal mining activities are generally informal activities that do not have permits but have become a place that provides employment opportunities and a source of income for communities that have been running for generations throughout Indonesia. Artisanal mining activities not only produce negative impacts but also positive impacts on sustainable development in the region when they can be managed properly. In fact, the current policy dissonance has resulted in uncontrolled artisanal mining activities and in some locations, there have been conflicts between mining communities and the government due to closures by relevant authorities which ultimately became ineffective because people continued to carry out their activities secretly. This research was conducted to discuss in more detailed about how the current policy dissonance through the Wilayah Pertambangan Rakyat (WPR) after its issuance of Law Number 3 of 2020 which has not been discussed specifically from several previous studies related to the formalization of artisanal mining activities. By taking a qualitative approach through literature studies and comparisons of policies that have been issued by the Government and previous studies, it was found that the government's efforts to accelerate the formalization of artisanal mining activities were obstructed by the existence of policy dissonance of inter-sectoral policies that must be followed up immediately.*

## 1. PENDAHULUAN

Pada tahun 2020 terdapat sekitar 44,75 juta orang di seluruh dunia yang bekerja dari lahannya bukan hanya sebagai petani melainkan sebagai penambang skala kecil (World Bank, 2020). Pertambangan skala kecil menjadi salah satu sumber mata pencaharian terpenting setelah pertanian di wilayah pedesaan pada dunia bagian selatan (World Bank, 2019). Ribuan kegiatan pertambangan rakyat hampir seluruhnya terdapat di seluruh wilayah Indonesia dengan total sekitar 2 juta orang yang hidupnya bergantung dari kegiatan tersebut (Nugroho, 2020a). Kegiatan pertambangan rakyat di suatu daerah sangat bergantung terhadap tiga variabel yaitu kadar, kedalaman, dan bentuk endapan. Semakin tinggi kadar dan kedalaman bijih maka berbanding lurus dengan waktu dan modal yang diperlukan maupun risiko keselamatan yang dihadapi (Libassi, 2023).

Kegiatan pertambangan rakyat merupakan kegiatan informal yang umumnya tidak memiliki izin serta menjadi sarana untuk menyediakan kesempatan kerja dan sumber pendapatan masyarakat sekitar (Dondo, 2021; Krisnayanti, 2018; Redi, 2016). Para penambang yang mendapatkan uang dari hasil kegiatan penambangan cenderung sulit untuk beralih ke mata pencaharian lain sehingga cenderung kegiatan pertambangan rakyat semakin meluas dan menguat seiring

dengan ketidakpastian proses formalisasi kegiatan pertambangan rakyat (Bansah, 2019). Ironisnya sebagian besar pertambangan rakyat di Indonesia masih menggunakan metode tradisional yang mengakibatkan masalah lingkungan, keselamatan, dan kesehatan dengan tingkat keparahan tinggi secara jangka Panjang bukan hanya bagi pelaku saja melainkan bagi masyarakat sekitarnya (Syafei, 2019). Upaya formalisasi di berbagai belahan dunia pada kegiatan pertambangan rakyat akan meningkatkan kondisi kerja dan mengurangi emisi merkuri yang berbahaya bagi lingkungan (Prescott et al., 2022; Le Billon & Spiegel, 2022). Selain itu kegiatan pertambangan rakyat memiliki potensi untuk dapat mewujudkan pembangunan berkelanjutan pada wilayah tersebut, oleh karena itu muncul kebijakan Wilayah Pertambangan Rakyat (WPR) sebagai upaya formalisasi pertambangan rakyat oleh pemerintah agar kegiatan tersebut dapat dibina dan diawasi melalui pemberian pendidikan lingkungan serta mengadaptasi teknologi yang tepat untuk digunakan (Meutia et al., 2022a).

Pada kenyataannya setelah ditetapkannya UU Nomor 3 Thn. 2020, pengelolaan kegiatan pertambangan rakyat di Indonesia cenderung tidak terkendali dan mengalami ekspansi yang pesat (Meutia et al., 2022). Berdasarkan data Kementerian ESDM, dari 1.092 WPR di Indonesia yang telah ditetapkan per tanggal 21 April 2022 melalui Keputusan Menteri

ESDM tentang Wilayah Pertambangan per Provinsi di seluruh Indonesia, sampai dengan saat ini belum terdapat IPR yang diterbitkan oleh Pemerintah. Di beberapa lokasi dilakukan penutupan kegiatan pertambangan rakyat yang menimbulkan konflik antara Pemerintah, Aparat Penegak Hukum (APH), dan masyarakat penambang yang mengakibatkan penutupan ini menjadi tidak efektif dikarenakan masyarakat tetap melakukan kegiatan penambangan secara sembunyi-sembunyi (Meutia et al., 2022a). Kebijakan pengelolaan sumber daya alam di Indonesia menggambarkan tren yang umum terjadi di negara berkembang yaitu kecenderungan memberikan keistimewaan bagi investor besar atau asing dan minim perhatian terhadap penambang masyarakat lokal sehingga belum dapat memberikan kerangka kebijakan yang tepat untuk mengembangkan pertambangan skala kecil (Spiegel, 2012).

Meskipun telah banyak penelitian-penelitian terdahulu terkait kegiatan pertambangan rakyat di Indonesia termasuk di dalamnya membahas tentang dampak positif dan negatif dari kegiatan pertambangan rakyat, namun belum ada yang membahas secara spesifik ketidakselarasan kebijakan formalisasi kegiatan pertambangan rakyat melalui kebijakan WPR setelah ditetapkannya UU Nomor 3 Thn. 2020. Oleh karena itu muncul pertanyaan yang perlu dijawab yaitu mengapa proses formalisasi pertambangan rakyat ini

menjadi terhambat dan apa penyebabnya? Penelitian ini akan menjawab pertanyaan tersebut dikarenakan memiliki tujuan untuk mengkaji ketidakselarasan kebijakan yang terindikasi menjadi penghambat dalam proses formalisasi kegiatan pertambangan rakyat melalui pendekatan kualitatif menggunakan studi literatur atas perkembangan kebijakan terkait formalisasi pertambangan rakyat di Indonesia serta data dan informasi yang diperoleh dari berbagai sumber seperti instansi pemerintah dan penelitian-penelitian yang telah dipublikasikan sebelumnya.

## 2. METODOLOGI

Dalam rangka mencapai tujuan atas penelitian ini, dilakukan pendekatan metode kualitatif. Pendekatan dengan metode kualitatif merupakan pendekatan yang sistematis dan tepat untuk memahami fenomena yang kompleks melalui pengumpulan dan analisis data non numerik seperti kata-kata, teks, dan gambar (Seers, 2012). Penulis mengumpulkan kebijakan yang telah diterbitkan oleh Pemerintah pra dan setelah ditetapkannya UU Nomor 3 Thn. 2020 termasuk data dan informasi dari penelitian-penelitian sebelumnya terkait kegiatan pertambangan rakyat di Indonesia. Pada gambar 1 merupakan kerangka berpikir di dalam penelitian ini yang menjelaskan tahapan di dalam mencapai tujuan penelitian.

Data-data terkait kebijakan dikumpulkan dari



Gambar 1. Kerangka Berpikir Penelitian

hasil kebijakan-kebijakan yang telah ditetapkan oleh Pemerintah di seluruh tingkatan. Adapun data terkait kegiatan pertambangan rakyat beserta dampaknya didapatkan dari penelitian-penelitian sebelumnya yang telah membahas baik dampak positif maupun negatif atas adanya kegiatan pertambangan rakyat. Setelah seluruh data terkumpul dilakukan kegiatan analisis melalui tinjauan literatur untuk mendapatkan sintesis atas ketidakselarasan kebijakan yang menjadi penghambat dalam proses formalisasi kegiatan pertambangan rakyat.

### 3. HASIL

Banyak masyarakat masih ambigu tentang definisi pertambangan rakyat, apabila berdasarkan ketentuan yang ada maka pertambangan rakyat dapat difenisikan sebagai

kegiatan pertambangan bahan galian yang dilakukan oleh rakyat setempat secara kecil-kecilan atau secara gotong-royong dengan alat yang sederhana serta luas dan investasi yang terbatas. Berdasarkan legalitasnya kegiatan pertambangan rakyat dibedakan menjadi dua yang dapat dilihat pada gambar 2. Berdasarkan data Kementerian ESDM yang didapat dari



Gambar 2. Jenis Pertambangan Rakyat (Sumber : Diolah dari Kajian Regulasi Dan Kebijakan Pengelolaan Pertambangan Rakyat, 2020)

Asosiasi Penambang Rakyat Indonesia (APRI) terdapat 1,4 juta penambang emas dengan produksi kurang lebih 120 ton emas per tahun dari total 3,6 juta penambang rakyat di Indonesia (Kajian Regulasi Dan Kebijakan Pengelolaan Pertambangan Rakyat, 2020). Menurut (Zulkarnain et al., 2007) pertambangan rakyat memiliki ciri-ciri yang dapat dengan mudah dikenali (lihat tabel 1).

Kegiatan pertambangan rakyat yang telah berjalan ratusan tahun di Indonesia sejak abad ke 8 masehi yang dimulai pada wilayah Kalimantan Barat (Nafsiatun et al., 2019), menunjukkan kegiatan pertambangan rakyat ini telah menjadi salah satu sektor yang berkontribusi besar di dalam kemajuan peradaban manusia. Kegiatan pertambangan

rakyat yang dilakukan oleh perorangan atau sekelompok orang semula merupakan mata pencaharian sampingan, namun dikarenakan meningkatnya kebutuhan ekonomi, kurangnya lapangan kerja yang memadai, dan minimnya tingkat pengetahuan dan pendidikan masyarakat mendorong perubahan mata pencaharian yang semula sampingan menjadi mata pencaharian utama secara bertahap (Herman, 2006). Oleh karena itu tidak dapat dipungkiri kegiatan pertambangan dapat mendorong pertumbuhan ekonomi di banyak negara berkembang terutama ketika masyarakat memiliki keterlibatan yang besar untuk dapat mengkatalisasi pembangunan ekonomi yang luas dan maksimal dengan dilandasi ketentuan yang jelas dan transparan (United Nation, 2012).

**Tabel 1.** Karakteristik Pertambangan Rakyat  
(Sumber : Diolah dari Zulkarnain et al., 2007;Meutia et al., 2022b)

No	Kriteria	Karakteristik Kegiatan Pertambangan Rakyat
1.	Peralatan	Didominasi tenaga fisik penambang dan minim bantuan alat berat
2.	Tingkat Keselamatan dan Kesehatan Kerja Lingkungan (K3L)	Rendah dan umumnya tidak menggunakan Alat Pelindung Diri (APD)
3.	Tingkat produksi	Rendah dan tidak tercatat
4.	<i>Recovery</i> penambangan dan pengolahan	Rendah dan tidak efisien
5.	Intensitas kegiatan	Bergantung harga pasar
6.	Penghasilan	Rendah dan fluktuatif
7.	Legalitas	Mayoritas tidak memiliki izin
8.	Jumlah pekerja	Fluktuatif dan tidak tercatat
9.	Potensi konflik	Tinggi
10.	Reklamasi dan/atau pascatambang	Tidak dilakukan

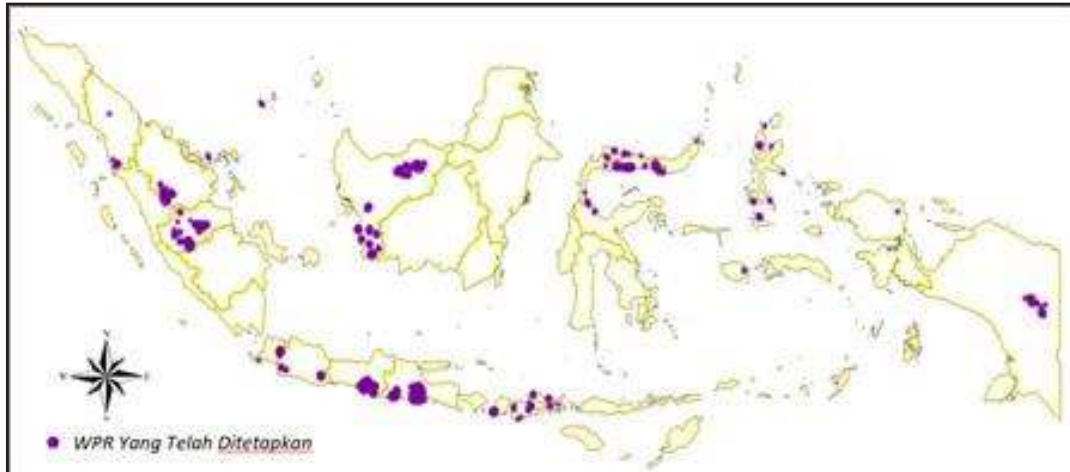
Di sisi lain, akibat belum optimalnya tata kelola pertambangan rakyat termasuk proses penegakan hukum mengakibatkan kegiatan pertambangan rakyat banyak menimbulkan dampak negatif di banyak wilayah seperti degradasi lingkungan akibat merkuri, kerusakan hutan, pencemaran air, tanah, maupun udara, kecelakaan kerja, hilangnya potensi pendapatan negara, perdagangan gelap, penyalahgunaan hukum, iklim investasi yang tidak kondusif, gangguan kesehatan, dan gangguan keamanan (Herman, 2006; Kasworo, 2015; Nuzul, 2018; Santoso & Gomareuzzaman, 2018; Sittadewi, 2016). Seharusnya apabila kegiatan pertambangan rakyat ini dapat dikelola dengan baik oleh Pemerintah maka seharusnya dampak-dampak negatif yang dihasilkan tersebut dapat diminimalisasi sehingga masyarakat setempat maupun negara mendapatkan

manfaat dan keuntungan atas keberadaan kegiatan pertambangan rakyat tersebut. Menurut (Langston et al., 2015) berdasarkan hasil studinya di wilayah Provinsi Sulawesi Utara terhadap perbandingan dampak kegiatan pertambangan rakyat dan pertambangan skala besar terhadap wilayahnya, ditemukan beberapa dampak positif atas kegiatan pertambangan rakyat terhadap perekonomian dan pembangunan masyarakat setempat sebagaimana tertera pada tabel 2.

Selain dampak di atas, apabila kegiatan pertambangan rakyat yang tersebar dari Sabang sampai dengan Merauke ini tidak diformalisasi maka potensi kehilangan negara berdasarkan data Ditjen Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan Lingkungan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (LHK) untuk komoditas emas mencapai 38 triliun

**Tabel 2.** Perbandingan Dampak Kegiatan Pertambangan Rakyat dan Pertambangan Skala Besar (Sumber diolah dari : Langston et al., 2015)

No	Aspek	Pertambangan Rakyat	Pertambangan Skala Besar
1.	Keuntungan	Dipertahankan bagi masyarakat lokal	Cenderung meninggalkan masyarakat lokal
2.	Aset	Kembali kepada masyarakat lokal	Kembali kepada investor
3.	Ekonomi	Mendorong kewirausahaan lokal	Menciptakan ketergantungan kesehjahteraan
4.	Partisipasi masyarakat lokal	Tinggi	Rendah
5.	Tingkat transparansi terhadap masyarakat lokal	Dilakukan dengan rasa bangga dan penuh rasa kepemilikan karena tingginya transparansi terhadap masyarakat lokal	Dilakukan dengan penuh kecurigaan karena rendahnya transparansi terhadap masyarakat lokal
6.	Kepemilikan lahan	Meningkatkan keamanan kepemilikan lahan masyarakat lokal	Melemahkan kepemilikan lahan masyarakat lokal



**Gambar 3.** Sebaran WPR Yang Telah Ditetapkan di Indonesia (Sumber : Diolah dari Kementerian ESDM, 2021)

rupiah per tahun dan untuk komoditas non emas sekitar 315 miliar rupiah per tahun (Mulyana, 2018). Dalam beberapa kesempatan, Bapak Jokowi selaku Presiden Republik Indonesia menyampaikan bahwa kondisi yang terjadi saat ini, masyarakat belum memahami proses perizinan pertambangan rakyat sehingga yang terjadi adalah maraknya kegiatan PETI, padahal PETI itu tidak memberikan kontribusi terhadap penerimaan negara dan merusak lingkungan sebagai akibat kegiatan yang tidak bertanggung jawab. Pemerintah telah berupaya melakukan akselerasi formalisasi pertambangan rakyat melalui kebijakan WPR dengan sebaran total WPR yang telah ditetapkan pada tahun 2021 (lihat gambar 3).

Selain itu, dilakukan juga perbaikan dan penyempurnaan regulasi melalui UU Nomor 3 Thn. 2020 yang telah merubah sebagian besar kriteria dalam proses formalisasi kegiatan

pertambangan rakyat khususnya untuk dapat memprioritaskan masyarakat lokal untuk dapat mengusahakan sumberdaya alam yang ada di wilayahnya serta diharapkan dapat memperbaiki sistem tata kelola pertambangan rakyat di Indonesia (lihat tabel 3) yaitu perbandingan sebelum dan sesudah ditetapkannya UU Nomor 3 Tahun 2020.

#### 4. PEMBAHASAN

Dalam keberjalanannya, proses formalisasi pertambangan rakyat tidak sesuai dengan yang diharapkan. Selama kurang lebih 2 tahun setelah penetapan WPR pada tahun 2021, belum ada IPR yang diterbitkan oleh Pemerintah dikarenakan beberapa permasalahan salah satunya adalah tentang Dokumen Kajian Lingkungan Hidup Strategis (KLHS) dan adanya kewajiban pemohon IPR dengan latar belakang orang perseorangan atau koperasi

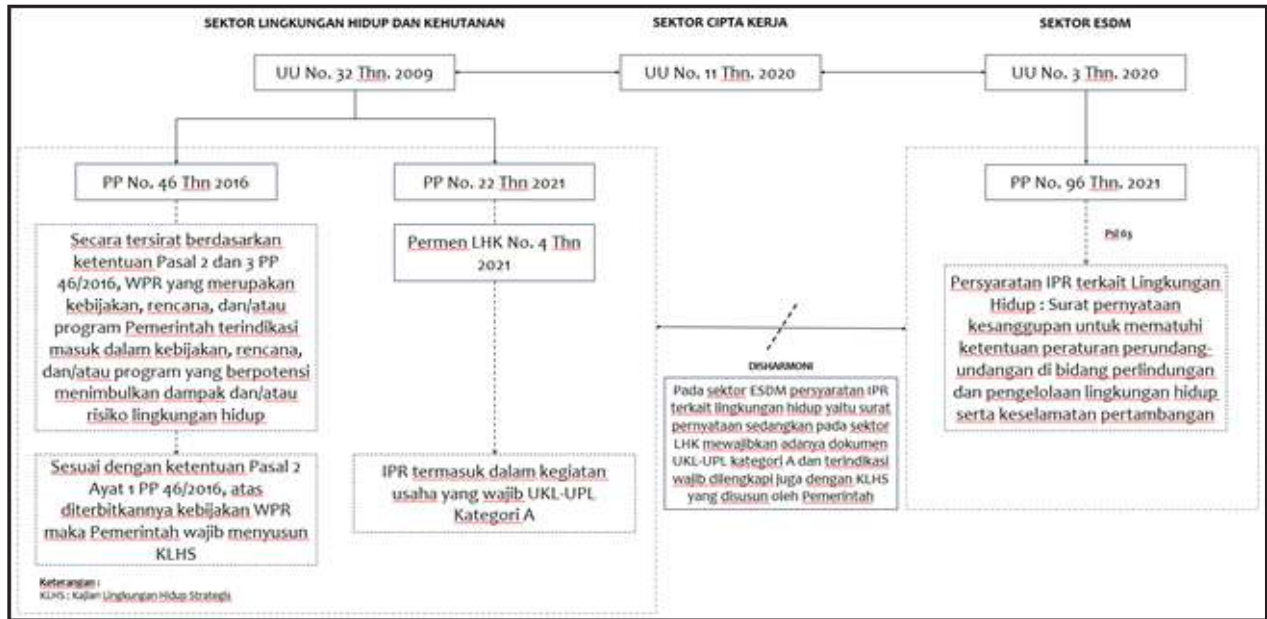
**Tabel 3.** Perubahan Kriteria Kegiatan Pertambangan Rakyat  
(Sumber: Diolah dari Kementerian ESDM, 2021)

No	Kriteria	UU 4 Tahun 2009	UU No. 3 Tahun 2020
1.	Penetapan WPR	Ditetapkan oleh Bupati/ Walikota setelah berkonsultasi dengan DPRD Kabupaten/Kota	Ditetapkan oleh Pemerintah Pusat setelah ditentukan oleh Pemerintah Daerah Provinsi sesuai dengan kewenangannya dan berkonsultasi dengan DPR RI
2.	Kedalaman Cadangan Primer	Kedalaman maksimal 25 meter	Kedalaman maksimal 100 meter
3.	Luas WPR	Maksimal 25 hektar	Maksimal 100 hektar
4.	Waktu Pelaksanaan <i>Existing</i>	Merupakan pertambangan rakyat yang sudah dikerjakan sekurang-kurangnya berumur 15 tahun	Dihapus
5.	Golongan	Batubara, logam, bukan logam, dan batuan	Logam, bukan logam, dan batuan
6.	Jaminan Pelaksanaan	Tidak diatur atas jaminan pelaksanaan terhadap WPR yang telah ditetapkan	Pemerintah menjamin terhadap dapat dilaksanakannya kegiatan pada WPR yang telah ditetapkan
7.	Pemegang Izin Pertambangan Rakyat (IPR)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perseorangan paling luas 1 hektar</li> <li>• Kelompok masyarakat paling luas 5 hektar</li> <li>• Koperasi paling luas 10 hektar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Orang perseorangan (penduduk setempat) paling luas 5 hektar</li> <li>• Koperasi (anggotanya penduduk setempat) paling luas 10 hektar</li> </ul>
8.	Masa Berlaku IPR	Paling lama 5 tahun dan dapat diperpanjang	Paling lama 10 tahun dan dapat diperpanjang 2 kali masing-masing 5 tahun
9.	Pemindahan IPR	Tidak diatur	Pemegang IPR dilarang memindahtangankan kepada pihak lain
10.	Iuran Pertambangan Rakyat (Ipera)	Membayar iuran tetap dan iuran produksi	Membayar iuran pertambangan rakyat

yang memiliki keterbatasan sumberdaya manusia dan biaya untuk menyusun dokumen lingkungan berupa UKL-UPL. Hal tersebut terjadi dikarenakan adanya ketidakselarasan kebijakan yang mengakibatkan terhambatnya proses formalisasi (lihat gambar 4).

Ketidakselarasan kebijakan atau *policy dissonance* dapat diartikan sebagai situasi dimana semua komponen kebijakan tidak

sesuai atau selaras antara satu sama lain, yang dapat dianalisis dari kesesuaian antara ucapan dan tindakan dalam hal keuangan, regulasi, administrasi, atau paksaan (Imbeau, 2009). Kondisi ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor seperti konflik kepentingan, miskoordinasi, miskomunikasi (Imbeau, 2009), kondisi politik, keterbatasan sumberdaya, dan tekanan dari eksternal (Brady et al., 1995).



**Gambar 4.** Ketidakselarasan Kebijakan Terkait Formalisasi Pertambangan Rakyat (Sumber: Hasil analisis, 2023)

Menurut (Imbeau, 2009), ketidakselarasan kebijakan ini dapat menimbulkan dampak negatif bagi pemerintah maupun negara secara keseluruhan mulai dari hilangnya kepercayaan masyarakat, tidak tercapainya tujuan dari kebijakan tersebut, menimbulkan ketidakpastian investasi dan kebingungan di masyarakat.

Berdasarkan analisis yang dilakukan terhadap kebijakan formalisasi pertambangan rakyat pada gambar 4, dapat terlihat adanya ketidakselarasan kebijakan yang terindikasi diakibatkan oleh miskoordinasi antara sektor Kementerian LHK dan Kementerian ESDM khususnya terkait kewajiban untuk melengkapi Dokumen KLHS dalam proses penetapan WPR serta pemenuhan persyaratan

dokumen lingkungan di dalam permohonan IPR. Berdasarkan analisis Kementerian LHK tersebut menimbulkan pertanyaan, bagaimana dengan penetapan Wilayah Usaha Pertambangan (WUP) atau Wilayah Usaha Pertambangan Khusus (WUPK) yang penetapannya bersamaan dengan WPR namun tidak memerlukan adanya dokumen KLHS melainkan cukup dengan dokumen lingkungan sesuai dengan skala kegiatan usahanya yang disampaikan oleh pemohon pada saat menyampaikan perizinan berusaha. Hal tersebut menjadi relatif kontradiktif dengan rencana pemerintah untuk melakukan akselerasi proses formalisasi kegiatan pertambangan rakyat namun pada kenyataannya karena kondisi demikian semakin meningkatkan persepsi

masyarakat akan kecenderungan bahwa untuk memperoleh izin memerlukan proses birokrasi yang rumit serta cenderung menimbulkan biaya yang tinggi (Redi, 2016).

Selain itu terkait persyaratan pemenuhan dokumen lingkungan, di dalam ketentuan sektor ESDM, persyaratan permohonan IPR cukup dengan menggunakan surat pernyataan kesanggupan untuk mematuhi ketentuan peraturan perundang-undangan di bidang perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup serta keselamatan pertambangan namun di sektor LHK mewajibkan adanya Dokumen UKL-UPL. Perbedaan ini menimbulkan kebingungan di masyarakat yang mengakibatkan kegiatan pertambangan rakyat tetap berjalan dan negara mendapatkan kerugian baik material maupun non material sehingga pembangunan wilayah tidak dapat tercapai. Selain itu, dari perbedaan tersebut masih terlihat bahwa penambang rakyat masih diperlakukan seperti layaknya kegiatan pertambangan skala besar, sedangkan penambang rakyat memiliki keterbatasan finansial dan pengetahuan sehingga syarat dan aspek yang ditetapkan di dalam peraturan perundang-undangan sulit untuk dipenuhi oleh para penambang rakyat (Kajian Regulasi Dan Kebijakan Pengelolaan Pertambangan Rakyat, 2020).

Banyaknya aktor yang teribat dalam proses formalisasi ini menuntut adanya kolaborasi yang kuat dan terintegrasi untuk

dapat segera menyelesaikannya (Nugroho, 2020b). Berdasarkan peraturan yang berlaku saat ini seharusnya dapat menjadi perantara bagi Pemerintah untuk menerbitkan izin, melakukan pembinaan dan pengawasan, serta mendapatkan pendapatan negara dari kegiatan pertambangan rakyat yang saat ini mayoritas belum memiliki izin (Nugroho, 2020; Hasibuan et al., 2022). Namun, dalam proses formalisasi pertambangan rakyat ini, tetap harus mempertimbangkan aspek lingkungan dan keselamatan pekerja dengan keterlibatan seluruh pihak dan lembaga yang adil, tidak diskriminatif, dan tegas (Nugroho, 2020; Solichin, 2020).

Dalam kasus formalisasi kegiatan pertambangan rakyat ini, terdapat perbedaan sudut pandang dalam melihat dampak yang dihasilkan dari kegiatan pertambangan rakyat oleh para pemangku kepentingan sehingga sebagian besar penambang rakyat terpaksa memilih untuk tetap menjadi PETI (Kajian Regulasi Dan Kebijakan Pengelolaan Pertambangan Rakyat, 2020). Apabila hal tersebut dibiarkan terlalu lama oleh pemerintah maka akan menghasilkan konsekuensi negatif bagi para pemangku kepentingan (Fazlurrahman H., 2019), khususnya dalam kasus ini ialah semakin tidak terkendalinya dampak negatif atas kegiatan pertambangan rakyat yang masih berjalan sampai dengan saat ini tanpa memiliki izin. Ketidakselarasan kebijakan ini dapat

diselesaikan melalui perbaikan dan peningkatan koordinasi antar para pemangku kepentingan, meningkatkan keterlibatan masyarakat yang akan terdampak terhadap kebijakan yang akan dibuat, dan melakukan penilaian kembali atas dampak yang dihasilkan dari kebijakan yang ditetapkan (Imbeau et al., 2009).

## 5. KESIMPULAN

Kegiatan pertambangan rakyat telah menjadi sumber mata pencaharian dan penggerak perekonomian di wilayah regional bahkan nasional baik di Indonesia maupun global. Sebagai salah satu katalisator pembangunan, sampai dengan saat ini kegiatan pertambangan masih belum dapat ditata kelola secara baik dan optimal untuk sebesar-besarnya kemakmuran rakyat. Kesempatan kerja yang terbatas, tingkat pengetahuan dan wawasan hukum yang rendah, serta penegakkan hukum yang kurang tegas mengakibatkan masyarakat memiliki ketergantungan yang erat terhadap mata pencaharian tersebut dan menghasilkan banyak dampak negatif mulai dari degradasi lingkungan akibat penggunaan merkuri, masalah kesehatan, kecelakaan kerja hingga menyebabkan kematian, konflik sosial, dan hilangnya potensi pendatapan negara. Dengan tata kelola yang baik yang dimulai dari aspek kebijakan seharusnya seluruh dampak negatif tersebut dapat diminimalisasi sehingga dapat memberikan manfaat yang luas bukan hanya

bagi masyarakat lokal maupun regional tetapi nasional.

Upaya pemerintah saat ini dengan melakukan perubahan kebijakan diharapkan dapat mengakselerasi proses formalisasi kegiatan pertambangan rakyat, namun kenyataannya ditemukan adanya ketidakselarasan kebijakan antar sektor yang mengakibatkan proses formalisasi terhambat bahkan jalan di tempat. Mulai dari diwajibkannya KLHS sampai dengan adanya perbedaan persyaratan di dalam pemenuhan dokumen lingkungan, mengakibatkan proses formalisasi bukan menjadi lebih mudah melainkan menjadi lebih sulit dibandingkan pengurusan izin pertambangan pada umumnya. Sesuai teori yang disampaikan oleh Imbeau tentang *policy dissonance* pada tahun 2009 serta melihat kondisi yang terjadi, ketidakselarasan kebijakan dalam proses formalisasi pertambangan rakyat ini diakibatkan oleh miskordinasi di antara kementerian terkait sehingga mengakibatkan perbedaan penjabaran di dalam masing-masing kebijakan yang telah ditetapkan.

Formalisasi pertambangan rakyat ini memang bukan urusan yang sederhana dan melibatkan aktor yang tidak sedikit sehingga dibutuhkan adanya kolaborasi dan komitmen bersama dari seluruh pemangku kepentingan, mulai dari penyusunan kebijakan, pembinaan dan pengawasan, sampai dengan pelaksanaan penutupan tambangnya. Dimulai dari

pemerintah yang diharapkan dapat mengambil tindakan cepat dan tegas untuk melakukan harmonisasi kebijakan serta penindakkan terhadap kegiatan PETI untuk mencegah potensi permasalahan yang semakin besar. Mempertimbangkan keterbatasan sumberdaya para penambang rakyat, perlu disediakan ketentuan turunan dari proses formalisasi pertambangan rakyat ini yang mampu mengayomi serta membantu para penambang untuk memenuhi ketentuan yang berlaku.

Selain itu, perlu dipikirkan juga bagaimana keberlanjutan kegiatan pertambangan rakyat yang tidak memenuhi kriteria untuk dilakukan formalisasi, pemerintah disarankan untuk dapat menyediakan lapangan pekerjaan pengganti atau bekerjasama dengan pihak swasta untuk dapat mendorong pengelolaan sumber daya alam di wilayah tersebut dengan melibatkan masyarakat setempat. Alternatif lainnya, pemerintah dapat melakukan transformasi lokasi pertambangan rakyat tersebut menjadi peruntukan lain seperti wisata atau yang lainnya sesuai dengan minat masyarakat serta potensi yang ada di wilayah tersebut secara swadaya maupun bekerjasama dengan para pemangku kepentingan yang lainnya termasuk pihak swasta.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

Bansah, K. J. (2019). From diurnal to nocturnal: Surviving in a chaotic artisanal and small-

scale mining sector. *Resources Policy*, 64, 101475. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2019.101475>

Brady, G. L., Clark, J. R., & Davis, W. L. (1995). The Political Economy of Dissonance. *Public Choice*, 82(1/2), 37–51. <http://www.jstor.org/stable/30026962>

Dondo, S. M. ; K. B. ; P. N. (2021). Dampak sosial pengelolaan tambang emas di Desa Bakan Kabupaten Bolaang Mongondow. *Jar. Adm.Pembang.*, 7, 63–72.

Fazlurrahman H., M. (2019). POLICY DISHARMONY IN INDONESIA (DIALECTICS OF NATIONAL EDUCATION REFORM). *Humanities & Social Sciences Reviews*, 7(3), 331–337. <https://doi.org/10.18510/hssr.2019.7349>

Hasibuan, O. P., Tjakraatmadja, J. H., & Sunitiyoso, Y. (2022). Illegal gold mining in Indonesia: structure and causes. *International Journal of Emerging Markets*, 17(1), 177–197. <https://doi.org/10.1108/IJOEM-11-2019-0964>

Herman, D. Z. (2006). Pertambangan Tanpa Izin (PETI) dan Kemungkinan Alih Status Menjadi Pertambangan Skala Kecil. *Buletin Sumber Daya Geologi*.

Imbeau, L. M. (2009). *Dissonance in Policy Processes: An Introduction* (pp. 3–15). <https://doi.org/10.1007/978-0-387->

- 89672-4\_1
- Imbeau, L. M., Jacob, S., & Pétrys, F. (2009). *Do They Walk Like They Talk? A Conclusion* (pp. 279–290). [https://doi.org/10.1007/978-0-387-89672-4\\_16](https://doi.org/10.1007/978-0-387-89672-4_16)
- Ditjen Mineral dan Batubara Kementerian ESDM. (2020). *Kajian Regulasi dan Kebijakan Pengelolaan Pertambangan Rakyat*. Jakarta
- Kasworo, Y. (2015). *Pertambangan Emas Tanpa Izin (PETI), Dapatkah Ditanggulangi? . J. Rechtsvinding*.
- Krisnayanti, B. D. (2018). ASGM status in West Nusa Tenggara Province, Indonesia. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 5(2), 1077–1084. <https://doi.org/10.15243/jdmlm.2018.052.1077>
- Langston, J. D., Lubis, M. I., Sayer, J. A., Margules, C., Boedhihartono, A. K., & Dirks, P. H. G. M. (2015). Comparative development benefits from small and large scale mines in North Sulawesi, Indonesia. *Extractive Industries and Society*, 2(3), 434–444. <https://doi.org/10.1016/j.exis.2015.02.007>
- Le Billon, P., & Spiegel, S. (2022). Cleaning mineral supply chains? Political economies of exploitation and hidden costs of technical fixes. *Review of International Political Economy*, 29(3), 768–791. <https://doi.org/10.1080/09692290.2021.1899959>
- Libassi, M. (2023). Uneven ores: Gold mining materialities and classes of labor in Indonesia. *Journal of Rural Studies*, 98, 101–113. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2023.01.013>
- Meutia, A. A., Lumowa, R., & Sakakibara, M. (2022a). Indonesian Artisanal and Small-Scale Gold Mining—A Narrative Literature Review. In *International Journal of Environmental Research and Public Health* (Vol. 19, Issue 7). MDPI. <https://doi.org/10.3390/ijerph19073955>
- Meutia, A. A., Lumowa, R., & Sakakibara, M. (2022b). Indonesian Artisanal and Small-Scale Gold Mining—A Narrative Literature Review. In *International Journal of Environmental Research and Public Health* (Vol. 19, Issue 7). MDPI. <https://doi.org/10.3390/ijerph19073955>
- Mulyana, R. N. (2018). KLHK: Terindikasi pertambangan ilegal negara rugi lebih dari Rp 38 triliun per tahun. *Kontan.Co.Id*.
- Nafsiatun, Saptomo, P., Najib, W., & Hartini. (2019). Characteristics of Environmental Conflicts Caused by Illegal Gold Mining in West Kalimantan, Indonesia. *J. Humanit. Soc. Sci.*, 3, 1–3.

- Nugroho, H. (2020a). Pandemi Covid-19: Tinjau Ulang Kebijakan mengenai PETI (Pertambangan Tanpa Izin) di Indonesia. *Jurnal Perencanaan Pembangunan: The Indonesian Journal of Development Planning*, 4(2), 117–125. <https://doi.org/10.36574/jpp.v4i2.112>
- Nugroho, H. (2020b). Pandemi Covid-19: Tinjau Ulang Kebijakan mengenai PETI (Pertambangan Tanpa Izin) di Indonesia. *Jurnal Perencanaan Pembangunan: The Indonesian Journal of Development Planning*, 4(2), 117–125. <https://doi.org/10.36574/jpp.v4i2.112>
- Nuzul, A. Y. (2018). Dampak Pertambangan Emas Ilegal di Aliran Sungai Batanghari Kabupaten Dharmasraya Sumatera Barat. *Research Gate*.
- Prescott, G. W., Baird, M., Geenen, S., Nkuba, B., Phelps, J., & Webb, E. L. (2022). Formalizing artisanal and small-scale gold mining: A grand challenge of the Minamata Convention. *One Earth*, 5(3), 242–251. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2022.02.005>
- Redi, A. (2016). Dilema Penegakan Hukum Penambangan Mineral dan Batubara Tanpa Izin pada Pertambangan Skala Kecil. *Rechts Vinding*, 5, 399–420.
- Santoso, D. H., & Gomareuzzaman, M. (2018). Kelayakan teknis penambang emas pada wilayah pertambangan rakyat (Studi kasus: Desa Kalirejo, Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulon Progo. *Science Technology*, 4, 19–28.
- Seers, K. (2012). Qualitative data analysis. *Evidence Based Nursing*, 15(1), 2–2. <https://doi.org/10.1136/ebnurs.2011.100352>
- Sittadewi, E. H. (2016). Mitigasi lahan terdegradasi akibat penambangan melalui revegetasi. *Sains Dan Teknologi Mitigasi Bencana*, 11, 51–60.
- Solichin, E. (2020). Implications of Illegal Gold Mining on the Household Economy and the Environment. *Saudi Journal of Business and Management Studies*, 05(01), 70–73. <https://doi.org/10.36348/sjbms.2020.v05i01.009>
- Spiegel, S. J. (2012). Governance Institutions, Resource Rights Regimes, and the Informal Mining Sector: Regulatory Complexities in Indonesia. *World Development*, 40(1), 189–205. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2011.05.015>
- Syafei, A. (2019). *PENYEDIAAN ALTERNATIF TEKNOLOGI PENGOLAHAN EMAS NON MERKURI*. Kementerian Lingkungan Hidup Dan Kehutanan.
- United Nation. (2012). *The Future We Want*. United Nation.

World Bank. (2019). *2019 State of the Artisanal and Small-Scale Mining Sector*. World Bank.

World Bank. (2020). *2020 State of the Artisanal and Small-Scale Mining Sector*. World Bank.

Zulkarnain, I., Pudjiastuti, T. N., Sumarnadi, E. T., & Sari, B. R. (2007). *Dinamika dan Peran Pertambangan Rakyat di Indonesia*.



## PERANCANGAN ALAT PELINDIAN AGITASI BERBASIS INTERNET OF THINGS (IoT)

### DESIGN OF AGITATION LEACHING EQUIPMENT BASED ON INTERNET OF THINGS (IOT)

D. Lumban Raja<sup>1\*</sup>, DF Ramadhan<sup>2</sup>, ZA Susilo<sup>3</sup>, dan F Zekkel<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknologi Geologi, Politeknik Energi dan Pertambangan Bandung

<sup>2</sup>PT Freeport Indonesia Manyar Project

<sup>3</sup>PT Kalimasada Nusantara Pratama

<sup>4</sup>PT Halmahera Jaya Ferronickel

Korespondensi: [denny.lumbanraja@esdm.go.id](mailto:denny.lumbanraja@esdm.go.id)

#### INFO ARTIKEL

#### ABSTRAK

**Kata Kunci:** Teknik Pelindian, *Internet of Think*, Arduino, Logika *Fuzzy*

Hidrometalurgi, khususnya sianidasi, muncul sebagai metode yang layak untuk mengekstrak emas karena ketersediaan bijih dengan kadar tinggi semakin menurun. Umumnya teknik pelindian emas salah satunya agitasi yang menggunakan reagen sianida adalah metode yang paling selektif. Suhu pada proses pelindian pada umumnya dapat meningkatkan laju pelindian. Menjaga pH optimal sangat penting untuk mencegah terbentuknya gas hidrogen sianida (HCN) yang beracun dan mudah menguap. Penelitian ini bertujuan untuk merancang suatu alat pelindian dimulai dari wadah dan pro-peller, serta memantau pH dan suhu secara otomatis selama proses pelindian dengan menggunakan sensor Arduino berbasis *mobile* maupun *website*. Dalam penelitian ini algoritma yang digunakan yaitu logika fuzzy (*fuzzy logic*) dalam membantu hal ketidakpastian suatu logika konvensional. Hasil pengujian pH dan suhu pada alat sensor dapat berjalan dengan baik yang ditunjukkan sensor pH

dapat mengukur derajat keasaman dan temperature dapat mengukur suhu pada larutan kemudian hasil data pengukuran tersebut dikirimkan ke *server* dan disimpan kedalam *database*. Hasil data pengukuran dapat dipantau menggunakan aplikasi android maupun halaman *website* sehingga informasi perubahan suhu dan pH selama proses kegiatan pelindian emas dapat diketahui. Penelitian ini dapat berkontribusi pada salah satu pengembangan metode ekstraksi emas yang efisien dan berkelanjutan.

---

**ARTICLE INFO**

**Keywords:** *Leaching techniques, Internet of Think, Arduino, Fuzzy logic*

---

**ABSTRACT**

*Hydrometallurgy, particularly cyanidation, has become a practical approach for gold extraction because of the decreasing availability of high-grade ores. Generally, gold leaching techniques such as agitation using cyanide reagents, are considered to be the most selective methods. The temperature during the leaching process typically leading to an acceleration in the leaching rate. Maintaining an optimal pH is critical to prevent the formation of toxic and volatile hydrogen cyanide gas (HCN). The objective of this study is to design a leaching equipment starting with the tank and propeller, and to automatically monitoring pH and temperature during the leaching process using Arduino-based sensors accessible through both mobile applications and websites. Fuzzy logic algorithms are utilized to address the uncertainty of conventional logic. The pH and temperature testing obtained from the sensor device function effectively, demonstrating their ability to measure acidity levels and temperature in the solution. The collected data is transmitted to a server and stored in a database, facilitating the observation of temperature and pH changes throughout the leaching process. This research can contribute to the development of efficient and sustainable gold extraction methods.*

## 1. PENDAHULUAN

Mineral berharga seperti emas, sebagai sumber daya strategis penting dan cadangan utama suatu negara, memiliki peran yang tak tergantikan dalam dinamika perdagangan internasional dan juga dalam mendukung industri pertahanan nasional. Emas merupakan komoditas yang sangat berharga di berbagai sektor. Seiring berkembangnya teknologi, pertumbuhan ekonomi, permintaan akan emas terus meningkat. Faktor ini mendorong perlunya studi mendalam mengenai teknologi benefisiasi bijih emas, guna mengoptimalkan pengolahan dan pemanfaatan sumber daya emas secara efisien dan berkelanjutan. Studi ini menjadi dasar ilmiah yang penting dalam mengarahkan kebijakan pengelolaan sumber daya emas secara lebih rasional dan berwawasan masa depan. Mengingat peran strategisnya, optimalisasi sumber daya emas tidak hanya akan berdampak pada pertumbuhan ekonomi, tetapi juga pada stabilitas keamanan nasional dan posisi tawar suatu negara di panggung internasional. Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut tentang emas dan teknologinya menjadi hal yang mendesak untuk menghadapi tantangan global yang semakin kompleks. Dengan pemahaman ilmiah yang mendalam, pemerintah dapat menggali potensi emas secara berkelanjutan, menjaga kekayaan alam, dan memperkuat posisi negara di kancah global (Han et al., 2020).

Teknik pelindian emas sangatlah

bervariasi, namun metode pelindian emas dari bijihnya menggunakan larutan encer sianida melalui mekanisme elektrokimia, umumnya menggunakan bahan kimia natrium sianida (NaCN) untuk mengekstrak emas. Pelindian dengan sianida memiliki keuntungan melarutkan emas secara selektif, dan kompleks sianida yang dihasilkan sangat stabil (Deschênes, 2005). Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi pelindian emas yaitu, pH dan suhu yang cukup memberikan pengaruh terhadap hasil pelindian emas (Marsden & House, 2006).

Secara umum, proses pelindian bijih emas dapat dibagi menjadi tiga kategori utama: pelindian agitasi pada tekanan atmosfer, pelindian pada tekanan tinggi, dan pelindian tumpukan (Ode et al., 2020). Pada penelitian ini akan mengembangkan metode pelindian agitasi pada tekanan atmosfer. Terdapat beberapa faktor yang memengaruhi efisiensi proses pengadukan beberapa diantaranya berkaitan dengan karakteristik cairan seperti viskositas dan densitas, sementara yang lain berhubungan dengan aspek geometris seperti diameter wadah, panjang *impeller*, kecepatan rotasi, dan ketinggian *impeller* dari dasar wadah (Asiri, 2012).

Dalam teknik pelindian agitasi pada proses pengolahan mineral, pemantauan parameter pH sangatlah penting karena harus tetap dijaga agar berada dalam rentang yang aman, yakni

antara 10.3 hingga 10.8. Jika pH menjadi terlalu asam, akan terbentuk gas beracun HCN yang cenderung menguap dengan mudah, berpotensi menyebabkan penurunan tingkat *recovery* dan berbahaya bagi lingkungan. Oleh karena itu, *monitoring* pH secara terus-menerus menjadi suatu keharusan dalam pengolahan mineral dengan sianida.

Suhu merupakan parameter penting yang berpengaruh pada kinetika pelindian dalam proses hidrometalurgi. Umumnya, suhu yang lebih tinggi digunakan untuk meningkatkan laju pelindian. Penelitian pada suhu yang tepat dapat mendukung efisiensi proses dan hasil yang diinginkan dalam ekstraksi logam dari bijihnya (WANG et al., 2019). Pengaturan suhu yang tepat merupakan hal penting dalam upaya mengoptimalkan reaksi kimia yang terjadi selama proses pelindian dan memastikan pengambilan hasil yang maksimal (Silvas et al., 2015; Torres et al., 2018) Fe and Pb extraction from EW-PCB using citrate solutions is temperature dependent. •The initial leaching rate of all three metals increases with temperature. •Above 30 °C, the leaching rates decreases with time due to citrate degradation. •Citrate decomposition could severely impact the process viability. \nE-waste is a potential source of large quantities of metals. The ability of citrate solutions to recover base metals from these materials has been demonstrated. In the present study, the

effect of the temperature on base metal leaching capacity by the citrate solutions is determined. The material employed consisted of a mechanically prepared, gravity concentrated e-waste, with a metallic content greater than 90%. The leaching conditions were selected based on previous research performed by the authors (0.5 M sodium citrate, pH 4.5 and 20 g per liter e-waste concentrate.

Dalam penelitian ini telah menerapkan sistem pemantauan otomatis menggunakan sensor arduino untuk memantau kedua parameter tersebut. Jika kondisi pH dan suhu tidak memenuhi standar yang diharapkan, tindakan perbaikan akan diambil secara langsung untuk memastikan proses sianidasi dalam pengolahan mineral berjalan dengan efisien dan aman. Pemantauan otomatis ini akan memastikan bahwa parameter kritis tetap terjaga dalam batas yang aman, sehingga membantu meningkatkan keselamatan, efisiensi, dan hasil akhir dari proses pengolahan mineral. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk pengendalian pH menggunakan alat sensor dengan Arduino (Saputra, 2020; Sulisty, 2019).

Paradigma *Internet of Things* (IoT) berhasil karena melibatkan beragam objek yang terdapat di lingkungan, termasuk Identifikasi Frekuensi Radio (*Radio Frequency Identification* (RFID)), sensor, aktuator, dan ponsel. Melalui skema pengalamatan unik, objek-objek tersebut dapat saling berinteraksi dan bekerja sama secara

efisien untuk mencapai tujuan bersama. IoT memungkinkan integrasi data dari berbagai sumber untuk memahami lingkungan secara holistik dan meningkatkan efisiensi dalam berbagai bidang, seperti otomasi industri, *smart city*, kesehatan, pertanian, dan lainnya. Dengan semakin berkembangnya teknologi IoT, potensi dampak positifnya terhadap kehidupan manusia semakin besar dan menjanjikan (Barbon et al., 2016) but in several cases these solutions require computational resources that are more advanced than simple, resource-limited micro-controllers. Surprisingly, in spite of being the basic ingredients of complex hardware–software systems, there does not seem to be a simple and flexible way to (1. Salah satu keunggulan menggunakan IoT adalah dapat memantau data pengamatan secara *real time* (Chowdury et al., 2019) communication system for inter and intra node communication and several sensors. Real-time data access can be done by using remote monitoring and Internet of Things (IoT).

Algoritma logika *fuzzy* adalah algoritma kecerdasan buatan yang memiliki keunggulan dalam kecepatan dan efisiensi dalam pendukung keputusan (Kusumadewi & Purnomo, 2010). Hal ini memungkinkan pengurangan konsumsi waktu yang dibutuhkan dalam proses pengambilan keputusan yang kompleks. Sejumlah literatur telah mengungkapkan penelitian yang dilakukan dalam bidang

ini. Sebagai contoh, Pranadjayaputra (Pranadjayaputra, 2023) melaporkan penerapan model logika *fuzzy* untuk optimalisasi pengaturan kebutuhan volume air pada *Sag Mill* terhadap *Power* dan *Millweight*. Selain itu, Razani et al. (Razani et al., 2013) telah mengembangkan sistem logika *fuzzy* untuk memprediksi tingkat kejatuhan atap di tambang batubara bawah tanah. Dengan demikian, metode logika *fuzzy* telah diterapkan dalam berbagai studi dan memberikan kontribusi yang signifikan dalam berbagai bidang.

Sistem logika *fuzzy* Mamdani umumnya digunakan dalam kasus-kasus yang melibatkan antarmuka (*interface*) input manusia, karena dapat dengan mudah menggambarkan aturan-aturan linguistik. Namun, untuk kasus yang membutuhkan ekspresi matematis berbobot linier, sistem *fuzzy* Sugeno merupakan pilihan yang lebih tepat. Sistem *fuzzy* Sugeno menghasilkan model yang efisien dan presisi, lebih mudah diimplementasikan dalam konteks matematis serta memiliki tingkat kesalahan yang sangat rendah (Rifai & Fitriyadi, 2023).

## 2. METODOLOGI

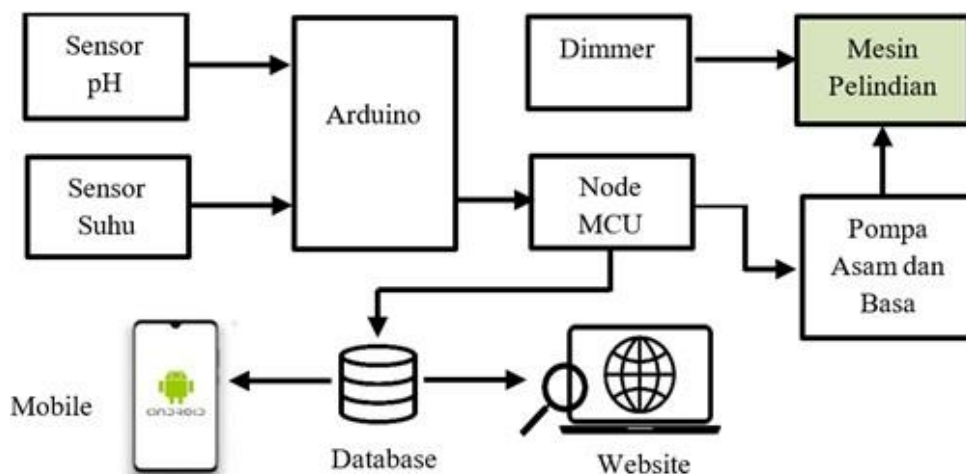
Beberapa langkah yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu pertama, melakukan literatur mengenai pengolahan emas dengan sianida dan teknologi arduino sebagai dasar pengetahuan untuk penelitian ini. Kedua, dilakukan persiapan kebutuhan peralatan yang

meliputi penyediaan alat-alat yang diperlukan untuk membuat alat pengolahan emas dengan sianida berbasis *Internet of Things* seperti Arduino, Sensor pH dan suhu, *water level*, pompa, *relay*, dan lainnya.

Selanjutnya, merancang sistem secara terperinci. Tahap ini mencakup perancangan perangkat keras seperti catu daya, rangkaian sensor pH, temperatur, interkoneksi WiFi, modul *driver relay*, *dimmer AC*, dan pompa air. Selain itu juga akan dirancang perangkat lunak menggunakan *software IDE* Arduino kemudian merancang aplikasi *mobile* berbasis android dan halaman *website*. Setelah proses perancangan selesai, tahap implementasi sistem akan dilakukan. Alat *prototype* pengolahan emas dengan teknik pelindian berbasis IoT akan dibuat berdasarkan desain sistem yang telah disusun sebelumnya. Hal ini melibatkan pembuatan alat, pengkodean dalam bahasa pemrograman, dan pelaksanaan teknis lainnya.

Pengujian sistem dan tinjauan kinerja alat dilakukan sesuai dengan perencanaan. Selama proses perancangan akan terus dilakukan perbaikan hingga sesuai dengan yang diharapkan.

Peralatan yang akan digunakan dalam penelitian ini termasuk Arduino, NodeMCU, Sensor pH, Sensor temperatur, Pompa DC, Catu daya, Motor AC, *Agitator*, dan tangka/wadah, yang akan mendukung jalannya kegiatan penelitian ini dengan baik. Metode penelitian yang terstruktur dan dukungan peralatan yang memadai, harapannya penelitian ini dapat memberikan kontribusi berharga dalam pengembangan teknologi pengolahan emas dengan teknik pelindian berbasis IoT. Untuk memudahkan pemahaman tentang cara kerja alat ini, sistem perancangan dibuat berdasarkan diagram blok, di mana setiap blok memiliki fungsi dan operasi tertentu. Diagram blok dari sistem ini dapat dilihat pada Gambar 1.



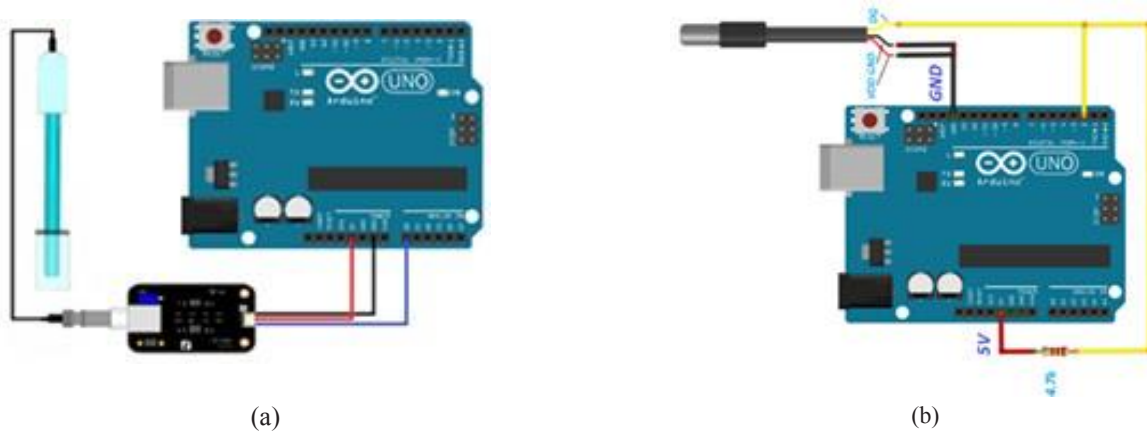
Gambar 1. Diagram Blok Sistem

Berdasarkan diagram blok tersebut, dapat diketahui bahwa sistem yang telah dirancang yaitu NodeMCU yang terhubung dengan Arduino, alat sensor pH dan suhu akan mengirimkan data hasil pengukuran ke *server*, kemudian perangkat *mobile* (android) dan situs *web* akan mengambil data dari *server* untuk ditampilkan. NodeMCU digunakan sebagai perangkat *mikrokontroler* tambahan seperti Arduino, memungkinkan koneksi Wifi langsung dan komunikasi TCP/IP. Pada mesin pelindian termasuk perancangan *propeller* dan wadah untuk membantu proses pengadukan yang baik.

Sensor pH digunakan untuk mengukur tingkat keasaman air yang terbuat dari kaca yang sensitif, elektroda sensor memberikan pengukuran dengan respon cepat dan stabilitas pada suhu tinggi. Sedangkan sensor DS18B20 untuk mengukur suhu dalam larutan. Sensor suhu DS18B20 tahan air memiliki keluaran digital dan memberikan pembacaan suhu yang

akurat dalam rentang  $0,50^{\circ}\text{C}$  pada suhu  $-100^{\circ}\text{C}$  hingga  $+850^{\circ}\text{C}$ . Hanya memerlukan satu kabel untuk terhubung dengan mikrokontroler. Skema sistem sensor DS18B20 dan sensor pH dengan Arduino Uno ditunjukkan pada Gambar 2.

Pencampuran melibatkan penyebaran acak bahan, di mana satu bahan menyebar ke bahan lain, dan sebaliknya, menghasilkan campuran yang lebih seragam (homogen). Tenaga mekanis diperlukan untuk mengaduk bahan dan mencapai homogenitas. Pencampuran cairan umumnya dilakukan dalam wadah atau tangki, biasanya berbentuk silinder dengan sumbu vertikal. Pada penelitian ini, telah dirancang tangki khusus untuk proses pelindian, seperti yang ditunjukkan dalam gambar 3. Empat *baffle* ditempatkan di dalam tangki untuk memecah pusaran selama pengadukan dan pencampuran. *Baffle* adalah lembaran vertikal datar yang ditempelkan pada dinding tangki dan membentuk distribusi konsentrasi yang lebih baik di dalam tangki dengan membagi



Gambar 2. Rangkaian Sensor pH dengan Arduino (a) dan Sensor DS18B20 dengan Arduino (b)



Gambar 3. Perancangan wadah, *Propeller* dan Mesin *Agitator*

pola aliran menjadi empat bagian. Pemilihan pengaduk yang tepat sangat penting untuk mencapai pengadukan dan pencampuran yang efektif. Pengaduk baling-baling dengan aliran aksial dan pengaduk turbin dengan aliran radial merupakan pilihan umum. Berikut adalah rancangan baling-baling untuk peralatan pelindian (Gambar 3).

Arduino Uno berfungsi sebagai pengolah data dari berbagai sensor untuk mengendalikan

keseluruhan sistem. Data tersebut kemudian dikirim ke NodeMCU dan disimpan dalam MySQL *database* melalui jaringan nirkabel WiFi. Untuk akses data melalui perangkat *mobile*, dikembangkan aplikasi *mobile* menggunakan aplikasi Kodular. Selain itu, sistem ini juga dapat diakses melalui halaman *website* yang menampilkan data secara grafik, tabel, dan manajemen pengelolaan sistem (Gambar 4).



Gambar 4. Rancangan Sistem *Monitoring Leaching* Berbasis *Web* (a) dan *Mobile* (b)

### 3. HASIL

#### 3.1 Pengujian Sistem

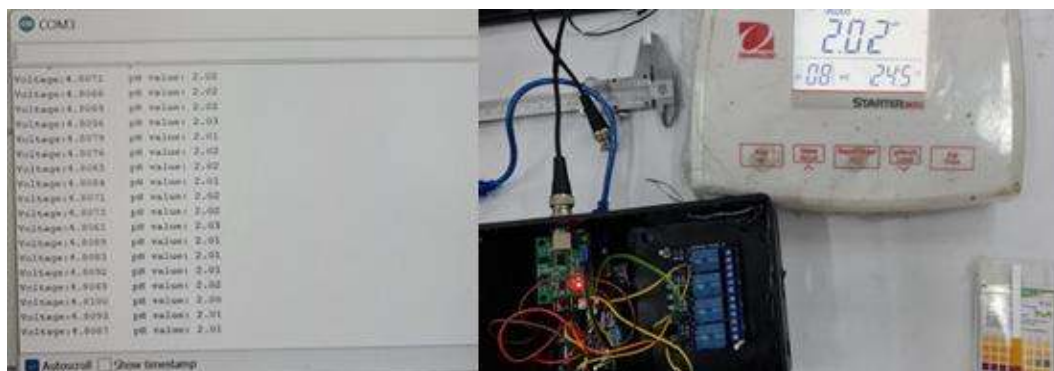
Dalam sistem pelindian, pH sensor memegang peranan penting sebagai indikator untuk mengukur tingkat keasaman larutan. Untuk menguji kinerja alat, larutan  $\text{CuFeSO}_4$  digunakan sebagai sampel untuk diuji menggunakan modul sensor pH dan suhu. Data dari sensor tersebut dikirim ke NodeMCU, kemudian diproses dan disimpan dalam *database* untuk dapat diakses melalui *webserver*. Dengan menggunakan jaringan nirkabel WiFi, data ini dapat dipantau secara *real-time* melalui perangkat *smartphone* atau komputer. Hasil dari pengujian alat sensor pH

dan suhu ini dapat diperoleh dari data yang telah tercatat (Tabel 1).

Kemudian data hasil pengujian alat sensor pH dan suhu dibandingkan dengan alat ukur lainnya yaitu OHAUS Starter 3100 (akurasi :  $\pm 0.5^\circ\text{C}$  dan  $\pm 0.01$  pH) untuk mengetahui tingkat akurasi alat ukur yang digunakan seperti pada Gambar 5. Hasil perbandingan menunjukkan alat sensor yang digunakan masih kurang stabil meskipun nilai yang ditunjukkan sama. Data hasil pengukuran telah tercatat pada *database* yang sudah dibuat dan dapat diakses melalui *handphone* maupun komputer. Data ini mencakup informasi mengenai tingkat keasaman larutan pelindian

Tabel 1. Hasil Pengukuran Menggunakan Sensor pH dan Suhu

No	Alat Sensor		OHAUS Starter 3100	
	pH	Suhu	pH	Suhu
1	2.02	20.11	2.02	20.14
2	2.02	21.28	2.02	20.14
3	2.03	22.14	2.02	20.14
4	2.01	22.82	2.02	20.14
5	2.02	22.64	2.02	20.14



Gambar 5. Hasil pembacaan alat sensor (kiri) dan alat OHAUS Starter 3100 (kanan)

dan suhu ketika sedang melakukan proses pelindian. Dengan demikian, pengguna dapat memahami kinerja alat sensor pH dan suhu serta mengidentifikasi kondisi lingkungan yang sesuai untuk proses pelindian. Semua data tersebut memudahkan dalam pengambilan keputusan dan pengendalian sistem pelindian secara efisien dan efektif.

### 3.2 Implementasi Logika Fuzzy

Perancangan logika *fuzzy* pada Sistem *Monitoring Leaching* (SMiLe) dengan metode Sugeno dan pengaturan derajat keasaman (pH) melibatkan tiga tahap sesuai aturan yang berlaku: fuzifikasi, pembentukan aturan *fuzzy*, dan defuzifikasi. Tahap pertama, fuzifikasi, mengubah nilai *crisp* (numerik) menjadi himpunan *fuzzy* menggunakan fungsi keanggotaan (*membership function*). Sistem ini memiliki satu input, yaitu tingkat keasaman air (dalam pH), yang kemudian diubah menjadi himpunan *fuzzy*. Selanjutnya, sistem menghasilkan output berupa pompa air asam dan pompa air basa, yang juga dinyatakan dalam bentuk himpunan *fuzzy*. Proses ini menjadi langkah awal penting dalam metode logika *fuzzy* yang mampu meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam mengontrol pH dalam sistem pemantauan *leaching* (pelarutan).

Adapun tingkat keasaman yang ditentukan adalah sesuai dengan *interval* pH yang diinginkan pada proses pengolahan emas

Tabel 2. Klasifikasi kelas berdasarkan target tingkat keasaman

Tingkat keasaman (pH)	Kelas
0 – 10.3	Asam
10 – 11	Netral
10.7 – 14	Basa

menggunakan sianida yaitu netral (Tabel 2). Setelah menentukan nilai pengaruh dari tingkat keasaman cairan, pada jurnal ini berhasil menghasilkan kurva trapesium yang menggambarkan hubungan antara tingkat keasaman dan variabel lain dalam penelitian. Penelitian ini menyajikan hasil analisis data yang relevan dan memberikan kontribusi penting dalam memahami hubungan antara tingkat keasaman cairan dengan variabel lainnya. Dengan gambar kurva trapesium dapat memberikan informasi yang berharga dalam memahami hasil penelitian secara lebih mendalam. Berikut ini adalah derajat keanggotaan tingkat keasaman berdasarkan kelas:

Keanggotaan Asam

$$1, \quad x \leq 0$$

$$\frac{10.3-x}{10.3}, \quad 0 \leq x \leq 10.3$$

$$0, \quad x \geq 10.3$$

Keanggotaan Netral

$$0 \quad x \leq 10$$

$$\frac{x-10}{0.5}, \quad 10 \leq x \leq 10.5$$

$$\frac{11-x}{0.5}, \quad 10.5 \leq x \leq 11$$

$$0, \quad x \geq 11$$

Keanggotaan Basa

$$0, \quad x \leq 10.7$$

$$\frac{x-11}{3.3}, \quad 10.7 \leq x \leq 14$$

$$1, \quad x \geq 14$$

Pada sistem *monitoring leaching*, terdapat dua *output*, yaitu pompa asam dan pompa basa, yang bertujuan untuk mengontrol proses pelindian. Kedua *output* ini memiliki dua parameter, yaitu hidup dan mati (0 dan 1), sebagai representasi dari kondisi pompa aktif atau nonaktif. Berikut ini adalah derajat keanggotaan dari dua *output* pompa:

Keanggotaan Pompa Asam

$$1, \quad y \leq 0,$$

$$0, \quad y \geq 1$$

Keanggotaan Pompa Basa

$$1, \quad y \leq 0$$

$$0, \quad y \geq 1$$

Dalam perancangan aturan *fuzzy*, dirancang menggunakan kondisi yang diinginkan untuk menentukan perubahan nilai *output* berdasarkan tingkat keasaman (pH). Tabel 3 memperlihatkan aturan *fuzzy* yang dibuat untuk sistem ini. *Input* tingkat keasaman (pH) memiliki tiga nilai linguistik, yaitu asam, netral, dan basa. Berdasarkan kombinasi nilai keanggotaan dari setiap himpunan *fuzzy*, terdapat tiga aturan *fuzzy* yang dihasilkan, yang akan mempengaruhi keputusan untuk menghidupkan atau mematikan pompa air asam dan basa.

**Tabel 3. Aturan Fuzzy Logic**

No	Input	Output	
	pH	Pompa Asam	Pompa Basa
1	Asam	Mati	Hidup
2	Netral	Mati	Mati
3	Basa	Hidup	Mati

Aturan *fuzzy* dibentuk dengan menggunakan fungsi *if-then*, dimana setiap kondisi masukan (*input*) akan menghasilkan suatu keluaran (*output*) yang dinyatakan dalam bentuk himpunan *fuzzy*. Tahap ini sangat penting dalam pengambilan keputusan karena memberikan fleksibilitas untuk mengatasi ketidakpastian dan ambiguitas dalam data masukan. Dengan demikian, metode logika *fuzzy* ini menjadi sangat relevan dan efektif dalam mengendalikan sistem pemantauan pelindian

dan menentukan pengoperasian pompa air asam dan pompa air basa berdasarkan kondisi lingkungan yang spesifik. Proses pengujian dilakukan menggunakan *fuzzy logic* dengan bantuan dari aplikasi *matlab*, penggunaan *fuzzy logic* ini bertujuan untuk menentukan efisiensi sistem kontrol yang dibuat.

Dengan mengacu pada aturan-aturan yang telah disusun sebelumnya, penerapan sistem *fuzzy* dilakukan pada program MATLAB *toolbox* dengan memberikan nilai tingkat keasaman pH=10.2 sebagai *input*. Hasil dari proses ini menunjukkan bahwa pompa asam dalam kondisi “Mati”, mengindikasikan bahwa pompa tersebut tidak akan aktif. Demikian juga dengan status pompa basa adalah “Mati”, yang menandakan bahwa larutan dalam tangka telah memnuhi nilai pH yang diharapkan. Penggunaan sistem *fuzzy* pada program ini

memungkinkan pengambilan keputusan berdasarkan kondisi yang terdefinisi secara linguistik, sehingga sistem dapat beradaptasi dengan perubahan tingkat keasaman secara efisien. Setelah dilakukan simulasi menggunakan program MATLAB, selanjutnya diimplementasikan kedalam Arduino. Pengendalian tingkat keasaman pH diharapkan dapat juga mengendalikan proses pelindian.

Hasil dari data pengukuran pH dan implementasi *fuzzy logic* tersebut dilakukan melalui pemrograman Arduino kemudian dikirimkan ke *database server*. Untuk pemantauan nilai data pH dan suhu dapat dilakukan dengan menggunakan aplikasi *mobile* atau melalui halaman *website*. Gambar di bawah ini adalah hasil dari penerapan *fuzzy logic* pada pompa sehingga nilai pH telah sesuai yang diharapkan.



Gambar 6. Halamam *Monitoring Leaching* berbasis *Web* (kiri) dan Aplikasi *Mobile* (kanan)

#### 4. PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pembacaan alat sensor pH dan temperatur maka dapat diketahui alat dapat berfungsi dengan baik dan data pembacaan alat sensor dapat dikirimkan dan disimpan ke dalam *database*. Hal tersebut dapat ditunjukkan dengan ditampilkannya data hasil pengukuran alat pada halaman *website* dan aplikasi android yang telah dibuat. Data yang ditampilkan pada halaman *dashboard website* maupun aplikasi *android* adalah data terakhir dari hasil pembacaan alat sensor pH dan temperatur, dalam hal ini adalah derajat keasaman dan suhu larutan.

Aturan *fuzzy* yang telah disusun dan diterapkan kedalam pemograman Arduino dapat berjalan dengan baik. Kedua pompa dapat berjalan sesuai aturan yang telah dibuat yaitu pada saat kondisi larutan pada tangki yaitu asam maka pompa basa akan aktif dan menambahkan larutan basa kedalam tangki, demikian sebaliknya jika larutan pada tangki adalah basa maka pompa asam akan aktif dan menambahkan larutan asam kedalam tangki hingga mencapai kondisi netral.

#### 5. KESIMPULAN

Perancangan alat pelindian berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan penerapan *fuzzy logic* telah berhasil diimplementasikan secara baik. Pengujian pada perangkat keras, seperti sensor pH dan temperatur, menunjukkan hasil yang

baik, mampu mengukur derajat keasaman dan suhu larutan. Data pengukuran dari sensor dapat diproses dan berhasil diintegrasikan ke dalam *database* melalui NodeMCU dengan baik. Pengaturan pompa berdasarkan aturan *fuzzy logic* dapat berjalan sesuai dengan perancangan. Halaman *dashboard* berbasis *website* dan aplikasi android juga mampu menampilkan data pengukuran sensor dengan baik sesuai hasil data pengukuran, memungkinkan pemantauan proses pelindian secara efisien yang dapat dilakukan dimana saja dan kapan saja. Penelitian ini memiliki keterbatasan dalam hal kalibrasi terhadap hasil pengukuran pH dan suhu agar lebih akurat sehingga dapat diimplementasikan di industri. Dengan demikian, alat ini menjanjikan potensi untuk digunakan dalam pengolahan emas dengan teknik agitasi yang lebih efisien dan berbasis teknologi *artificial intelligence* di masa depan.

#### 6. DAFTAR PUSTAKA

- Asiri, S. (2012). *Design and Implementation of Differential Agitators to Maximize Agitating Performance*. 2(6), 98–112. <https://doi.org/10.5923/j.mechanics.20120206.01>
- Barbon, G., Margolis, M., Palumbo, F., Raimondi, F., & Weldin, N. (2016). Taking Arduino to the Internet of Things: The

- ASIP programming model. *Computer Communications*, 89–90, 128–140.
- Chowdury, M. S. U., Emran, T. Bin, Ghosh, S., Pathak, A., Alam, M. M., Absar, N., Andersson, K., & Hossain, M. S. (2019). IoT based real-time river water quality monitoring system. *Procedia Computer Science*, 155, 161–168. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.08.025>
- Deschênes, G. (2005). Advances in the cyanidation of gold. *Developments in Mineral Processing*, 15(C), 479–500. [https://doi.org/10.1016/S0167-4528\(05\)15020-0](https://doi.org/10.1016/S0167-4528(05)15020-0)
- Han, J., Li, X., & Dai, S. (2020). Electrochemical influence of quartz on cyanide leaching of gold. *Chemical Physics Letters*, 739(September 2019), 136997. <https://doi.org/10.1016/j.cplett.2019.136997>
- Kusumadewi, S., & Purnomo, H. (2010). Aplikasi Logika Fuzzy untuk pendukung keputusan. *Yogyakarta: Graha Ilmu*, 2.
- Marsden, J. O., & House, C. I. (2006). *The Chemistry of Gold Extraction, Second Edition*. Society for Mining, Metallurgy & Exploration, Incorporated. <http://ebookcentral.proquest.com/lib/auckland/detail.action?docID=464583>
- Ode, L., Rofiek, F., & Saputra, H. (2020). *Studi Ekstraksi Bijih Emas Asal Pesawaran dengan Metode Pelindian Agitasi dalam Larutan Sianida*. 4(December), 103–109. <https://doi.org/10.35472/jsat.v4i2.365>
- Pranadjayaputra, F. (2023). *Pemodelan Kebutuhan Volume Air Pada Sag Mill Terhadap Power dan Millweight Menggunakan Fuzzy Logic*. PEP Bandung.
- Razani, M., Yazdani-Chamzini, A., & Yakhchali, S. H. (2013). A novel fuzzy inference system for predicting roof fall rate in underground coal mines. *Safety Science*, 55, 26–33.
- Rifai, D., & Fitriyadi, F. (2023). *Penerapan Logika Fuzzy Sugeno dalam Keputusan Jumlah Produksi Berbasis Website*.
- Saputra, G. A. (2020). Analisis Cara Kerja Sensor pH-E4502C Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno Untuk Merancang Alat Pengendalian pH Air Pada Tambak. *Jurnal Universitas Lampung*, December, 1–62. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.32110.84809>
- Silvas, F. P. C., Jiménez Correa, M. M., Caldas, M. P. K., de Moraes, V. T., Espinosa, D. C. R., & Tenório, J. A. S. (2015). Printed circuit board recycling: Physical processing and copper extraction by selective leaching. *Waste Management (Elmsford)*, 46, 503–510.

- Sulistyo, M. T. (2019). Sistem Pengukuran Kadar Ph , Suhu , Dan Sensor Turbidity Pada Limbah Rumah Sakit Berbasis Arduino UNO Waterproof Temperature Sensor DS18B20. *Jurnal Elektro SI ITN Malang*, 1–10.
- Torres, R., Segura-Bailón, B., & Lapidus, G. T. (2018). Effect of temperature on copper, iron and lead leaching from e-waste using citrate solutions. *Waste Management (Elmsford)*, 71, 420–425.
- WANG, G. rong, LIU, Y. yuan, TONG, L. lin, JIN, Z. nan, CHEN, G. bao, & YANG, H. ying. (2019). Effect of temperature on leaching behavior of copper minerals with different occurrence states in complex copper oxide ores. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China (English Edition)*, 29(10), 2192–2201. [https://doi.org/10.1016/S1003-6326\(19\)65125-3](https://doi.org/10.1016/S1003-6326(19)65125-3)



## **ANALISIS RISIKO DIVISI PERTAMBANGAN TAHUN 2023 DI PT SEMEN BATURAJA, TBK**

### *ANALYSIS RISK DIVISION MINING 2023 IN PT SEMEN BATURAJA, TBK*

Melyana Nurfitri Ramadhoni<sup>1</sup>, Yosa Megasukma<sup>2</sup>, Wahyudi Zahar<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi

e-mail: \*<sup>1</sup>[melyananur911@gmail.com](mailto:melyananur911@gmail.com), <sup>2</sup>[yosamegasukma@unja.ac.id](mailto:yosamegasukma@unja.ac.id), <sup>3</sup>[wahyudizahar@unja.ac.id](mailto:wahyudizahar@unja.ac.id)

#### **INFO ARTIKEL**

##### **Kata Kunci:**

Manajemen Risiko, ISO 31000, *Risk Breakdown Structure*, Matrik Dampak/Kemungkinan

#### **ABSTRAK**

PT Semen Baturaja, Tbk adalah salah satu perusahaan yang bergerak di bidang industri semen dan pertambangan batugamping. Sebagai perusahaan BUMN PT Semen Baturaja, Tbk pasti ada risiko bisnis yang berasal dari aspek eksternal maupun internal perusahaannya. Untuk meminimalkan risiko yang ada dan pada pencapaian tujuan perusahaan, PT Semen Baturaja, Tbk menerapkan manajemen risiko khususnya pada *Division Mining* yang merupakan pemegang IUP OP. Berdasarkan UU Nomor 1 Tahun 1970 tentang keselamatan kerja, bahwa setiap tenaga kerja berhak atas keselamatan dan kesehatan dalam bekerja sedangkan pada Permen ESDM Nomor 26 Tahun 2018 dijelaskan bahwa pemegang IUP Eksplorasi dan IUP OP wajib menerapkan sistem manajemen keselamatan pertambangan. Tujuan dari penelitian yang dilakukan ini yaitu untuk mengidentifikasi risiko dengan sumber risiko, melakukan penilaian terhadap risiko yang mungkin muncul dan melakukan upaya pengendalian terhadap risiko tersebut. Analisis risiko

dilakukan dengan mempertimbangkan terhadap tujuan dan sasaran dari *division mining* sehingga akan didapatkan *top ten risk register* di *division mining*. Proses penerapan manajemen risiko *division mining* menggunakan pendekatan ISO 31000(2018). Pada penelitian ini metode yang digunakan untuk menganalisis risiko yaitu metode RBS dan matrix *impact/probability*. Hasil identifikasi peristiwa risiko didapatkan 25 risiko yang mencakup risiko operasional, risiko strategis, dan risiko keuangan. Dari 25 risiko yang termasuk ke dalam risiko dengan level *extreme-moderate* sebanyak 10 risiko dan 3 peristiwa risiko yang memiliki nilai RPN tertinggi terdapat pada peristiwa risiko R24, R1, dan R2 dengan nilai RPN 25 dan 20. Terdapat 10 usulan mitigasi risiko yang diberikan dan diharapkan dapat meminimalisir dampak/ kemungkinan terjadinya risiko.

---

## ARTICLE INFO

---

## ABSTRACT

---

### **Keywords:**

*Risk management,  
ISO 31000, Risk Breakdown  
Structure, Consequences/  
Probability Matrix*

*PT Semen Baturaja, Tbk is a company operating in the cement industry and limestone mining. As a state-owned company, PT Semen Baturaja, Tbk, there are business risks originating from external and internal aspects of the company. To minimize existing risks and achieve the Company's objectives, PT Semen Baturaja, Tbk implements risk management, especially in the Mining Division which is the holder of the IUP OP. Based on Law No. 1 of 1970 concerning work safety, every worker has the right to safety and health at work, while the Minister of Energy and Mineral Resources Regulation No. 26 of 2018 explains that Exploration IUP and OP IUP holders are required to implement a mining safety management system. The aim of this research is to identify risks and risk sources, assess risks that may arise and make efforts to control these risks. Risk analysis is carried out by considering the goals and objectives of the mining division so that the top ten risk registers in the mining division will be obtained. The process of implementing division mining risk management uses the ISO 31000 (2018) approach. In this research, the methods used to analyse risk are the RBS method and the Impact/probability matrix. The results of identifying risk*

*events showed that there were 25 risks covering operational risks, strategic risks and financial risks. Of the 25 risks included in the extreme-moderate risk level, 10 risks and the 3 risk events that have the highest RPN values are risk events R24, R1, and R2 with RPN values of 25 and 20. There are 10 risk mitigation proposals provided and hope to minimize the impact/possibility of risk occurring.*

---

## 1. PENDAHULUAN

Manajemen risiko dapat diartikan sebagai aplikasi yang berasal dari prinsip kehati-hatian yang secara umum dianut oleh setiap perusahaan dan merupakan suatu kewajiban yang telah di jelaskan di dalam Undang-Undang Nomor

1 Tahun 1970 tentang keselamatan kerja, dimana berdasarkan undang-undang tersebut dikatakan bahwa setiap tenaga kerja berhak mendapat perlindungan atas keselamatan dalam melakukan pekerjaan dan setiap sumber produksi perlu dipakai dan dipergunakan secara aman dan efisien untuk meningkatkan produksi serta produktivitas nasional (Indonesia, 1970)

Di dalam KEPMEN ESDM Nomor 1827K/30/MEM/2018, manajemen risiko terdiri dari 5 tahapan yaitu tahapan komunikasi dan konsultasi, tahapan penetapan konteks, tahapan identifikasi risiko, tahapan penilaian dan pengendalian risiko dan tahapan pemantauan dan peninjauan risiko (Kepmen, 2018)

PT Semen Baturaja, Tbk adalah salah satu perusahaan yang bergerak di bidang industri

semen dan pertambangan batugamping. Sebagai perusahaan BUMN, PT Semen Baturaja, Tbk pasti ada risiko bisnis yang berasal dari aspek eksternal maupun internal perusahaannya. Untuk meminimalkan risiko yang ada dan pada pencapaian tujuan Perusahaan. Untuk meminimalkan atau mengurangi risiko yang mungkin akan berdampak pada pencapaian tujuan perusahaan, PT Semen Baturaja, Tbk menerapkan manajemen risiko khususnya pada *Division Mining* yang merupakan pemegang IUP Operasi Produksi. Tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi risiko dan sumber risiko, melakukan penilaian risiko yang kemungkinan muncul, dan melakukan upaya pengendalian terhadap risiko tersebut. Analisis risiko dilakukan pada risiko *top management division mining* dengan mempertimbangkan terhadap tujuan dan sasaran dari *division mining* sehingga akan didapatkan *top ten risk register di division mining*.

## 1.1 Manajemen Risiko ISO 31000

Penerapan manajemen risiko banyak dilakukan oleh setiap perusahaan, termasuk perusahaan industri semen yaitu PT Semen Baturaja, Tbk yang sudah menerapkan manajemen risiko perusahaan. Terdapat dua pendekatan manajemen risiko yang banyak diterapkan di Indonesia, yaitu *Enterprise Risk Management* (ERM) yang diciptakan oleh COSO, dan manajemen risiko yang ditetapkan dalam ISO 31000 (Colle, 2018)

Manajemen risiko yang ada pada suatu perusahaan harus ada prinsip dan pedoman yang telah ditetapkan agar terjamin efektivitas untuk mendukung keberhasilan dalam penerapan manajemen risiko dalam suatu Perusahaan (Pradana, 2014).

Tujuan manajemen risiko yaitu untuk mencegah atau mengurangi dampak yang buruk karena risiko yang tidak baik akibat kejadian yang tidak terduga dengan cara menghindari risiko tersebut atau mempersiapkan rencana tertentu yang berkaitan dengan risiko tersebut.

Sistem Manajemen Risiko adalah sistem atau standar manajemen risiko PT Semen Baturaja, Tbk disusun atas standar ISO 31000:2018 (ISO, 2009), yang terdiri dari 3 (tiga) aspek pokok, yakni prinsip manajemen risiko, kerangka kerja manajemen risiko, dan proses manajemen risiko (Sambodo, 2020).

1. Proses manajemen risiko terdiri dari :
2. Komunikasi dan konsultasi

3. Penetapan Konteks
4. Analisis risiko
5. Evaluasi risiko
6. Pengendalian risiko
7. Monitoring risiko

## 1.2 Risiko

Pengertian risiko di dalam standar AS/NZS (2004), risiko didefinisikan sebagai suatu peluang timbulnya suatu kejadian yang tidak terduga yang menghasilkan efek terhadap objek tersebut, risiko dapat dikatakan sebagai kejadian yang dapat menimbulkan efek positif atau negatif (Suwinardi, 2016).

Berdasarkan dari standar AS/NZS (2004) risiko dapat diukur berdasarkan nilai *probability* (kemungkinan munculnya sebuah peristiwa) dan *severity* (dampak yang ditimbulkan oleh peristiwa tersebut (Guidelines, 2004).

Menurut (Sirait), risiko pada perusahaan dapat dikategorikan menjadi empat jenis yaitu:

1. Risiko Keuangan, adalah risiko terhadap target keuangan atau ukuran moneter perusahaan karena gejala variabel makro.
2. Risiko Operasional, adalah potensi penyimpangan dari hasil yang diharapkan karena tidak berfungsinya suatu sistem, SDM, teknologi, atau faktor lainnya. Risiko operasional dapat berasal dari internal maupun eksternal perusahaan, yang terkait dengan fluktuasi hasil usaha perusahaan akibat pengaruh dari hal-hal yang terkait

dengan kegagalan sistem atau pengawasan dan peristiwa yang tidak dapat dikontrol oleh perusahaan.

3. Risiko Strategis adalah risiko yang mempengaruhi korporat dan eksposur strategis sebagai akibat keputusan strategis yang tidak sesuai dengan lingkungan eksternal dan internal usaha.
4. Risiko Eksternalitas adalah potensi penyimpangan hasil pada eksposur korporat dan strategis, dan bisa berdampak pada potensi penutupan usaha, karena pengaruh dari faktor eksternal

### 1.3. Risk Breakdown Structure

*Risk breakdown structure* membantu dalam memahami sebuah risiko. Penggunaan *Risk breakdown structure* dapat mempermudah untuk mengidentifikasi dan menilai risiko dalam suatu organisasi. Dengan *tools* ini juga

dapat melihat kegiatan atau proyek apa yang memerlukan perhatian khusus dan melakukan identifikasi terhadap risiko tersebut. Selain itu dapat juga digunakan untuk mengetahui total paparan risiko proyek dan merangkum potensi kerugian sambil menguraikan proses manajemen risiko. *Risk breakdown structure* memecah risiko dalam grafik hierarki, dimulai dari tingkat yang lebih tinggi dan turun ke tingkat risiko yang lebih halus (Alvina, 2023)

Dalam Jurnal (Setiawan, 2016) ketentuan penggunaan tabel *Risk Breakdown Structure* seperti pada tabel di bawah ini.

### 1.4 Matrik Dampak/ Kemungkinan

Matriks dampak/kemungkinan merupakan alat yang digunakan untuk menggabungkan penilaian dampak kualitatif atau semi kuantitatif serta kemungkinan untuk menghasilkan tingkat atau peringkat risiko yang telah dinilai. Format

**Tabel 1.** *Risk Breakdown Structure*

Level 0	Level 1	Level 2	Level 3
Risiko Operasional	<i>Mining Plan</i>	Perencanaan	Peristiwa risiko
	<i>Mining Operation</i>	Produksi	Ketercapaian Produksi
	<i>Exploration Geologist</i>	Cadangan	Cadangan Batu Kapur dan Tanah Liat
	SHE	K3	Keselamatan dan kesehatan kerja
Risiko Keuangan	DNA	<i>Database</i>	<i>Database</i> IUP
	<i>Mining Plan</i>	Perencanaan Tambang	
Risiko Strategis	DNA	<i>Database</i>	Gagalnya Pembayaran
		<i>Database</i> IUP	IUP Eksplorasi dan IUP Produksi

matriks yang digunakan pada penelitian ini disesuaikan dari tujuan dan sasaran dari perusahaan, agar desain digunakan yang tepat untuk situasi tersebut. Matriks dampak/kemungkinan digunakan untuk menentukan peringkat risiko, sumber risiko atau perlakuan risiko berdasarkan tingkat risiko (Nasional, 2017)

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan secara langsung di lapangan yaitu di PT Semen Baturaja, Tbk. Pelaksanaan penelitian ini dilakukan pada bulan Desember 2022 sampai Februari tahun

2023. Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu studi literatur dari buku, jurnal maupun laporan skripsi terdahulu. Kemudian melakukan *survey* lokasi yang akan dilakukan untuk pengambilan data. Pengambilan data dilakukan pada *division mining* PT Semen Baturaja, Tbk. Data yang diambil berupa data primer (data hasil wawancara dan dokumentasi) dan data sekunder (profil perusahaan, peta IUP).

Metode penelitian yang digunakan yaitu analisis kualitatif dan semi kuantitatif dengan pendekatan ISO 31000. Analisis kualitatif dilakukan dengan metode *risk breakdown*

**Tabel 2.** Matrik dampak/kemungkinan

Kriteria Tidak Signifikan <i>Minor</i> 1 2			Dampak (Uraian konsekuensi pada kriteria Kualitatif/Kuantitatif)				
			<i>Moderat</i>	Signifikan	Sangat Signifikan		
			3	4	5		
Kemungkinan/Kerapan terjadi ( <i>Likelihood</i> )	5	Hampir Pasti Terjadi	5	10	15	20	25
	4	Sering Terjadi	4	8	12	16	20
	3	Kadang Terjadi	3	6	9	12	15
	2	Jarang Terjadi	2	4	6	8	10
	1	Hampir tidak terjadi	1	2	3	4	5

(Gina, 2022)

*structure* sedangkan analisis semi kuantitatif menggunakan matrik dampak/kemungkinan.

## 2.1 Teknik Analisa Data

Pada penelitian ini meliputi 5 proses manajemen risiko, yakni sebagai berikut:

1. Komunikasi dan Konsultasi
2. Penentuan Konteks
3. Penilaian Risiko

Proses penilaian risiko mencakup 3 aktivitas, yaitu:

- Identifikasi risiko

Pada proses identifikasi risiko ini dilakukan pengelompokan risiko pada sumber data IT. Proses identifikasi ini diklasifikasikan 3 jenis risiko yakni risiko sumber daya manusia, risiko operasional, dan risiko murni.

- Analisis Risiko

Pada penelitian ini proses terhadap analisa risiko dilakukan parameter penilaian terhadap kemungkinan-kemungkinan risiko setelah risiko yang ada teridentifikasi. Berikut ini parameter untuk frekuensi kemungkinan risiko tersebut akan terjadi.

- Evaluasi Risiko

Dalam penelitian ini untuk mengevaluasi risiko dilakukan berdasarkan matriks evaluasi risiko seperti gambar di bawah ini, dimana pada penelitian ini kemungkinan risiko yang telah dianalisis dibandingkan dengan kriteria dampak yang telah disusun

dimana risiko *low* merupakan risiko yang masih dapat ditolerir, *moderate* berarti perlu diawasi, dan *high* berarti harus diprioritaskan mitigasi terhadap risikonya.

## 4. Pengendalian Risiko

Pada tahapan ini beberapa strategi yang dapat dilakukan manajemen dalam merespons risiko adalah sebagai berikut:

1. Menerima risiko, yakni dengan menerima kemungkinan terjadinya risiko dan dampak yang ditimbulkannya

2. Mengurangi kemungkinan terjadinya risiko (preventif) dengan menyusun dan mengimplementasikan pengendalian yang memadai untuk mencegah dan mengurangi kemungkinan terjadinya risiko

3. Berbagi risiko, yakni membagi risiko dengan pihak lain.

4. Menghindari risiko, yakni menghindari atau mencegah terjadinya risiko terjadi.

## 5. *Monitoring dan Review*

Proses *monitoring* ini dilakukan dengan pemantauan pada proses manajemen risiko yang telah dilakukan yakni untuk melihat apakah penanganan dalam merespons risiko tersebut dilakukan tepat atau masih belum tepat. Dan kemudian apabila penanganan risiko tersebut belum tepat dilakukan pencarian alternatif untuk penanganan dalam merespons risiko tersebut.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Komunikasi dan konsultasi

Proses komunikasi dan konsultasi dilakukan penulis ke expert bidang masing-masing. Seperti *Manager DNA*, *Manager SHE*, *Manager Mining Plan*, *Manager Mining Operation*, *Senior Manager* dan *Vice President*. Dari hasil wawancara didapatkan beberapa risiko-risiko yang berada di *division mining*

#### 3.2 Penetapan Tujuan dan Konteks

Penetapan tujuan dan konteks di *division mining* berdasarkan dari konteks internal, eksternal, dan proses manajemen risiko yang meliputi kegiatan operasional penambangan, strategik penambangan, program dari *division mining*, proyek yang sedang dikerjakan dan kegiatan lainnya (Ardia Sari, 2017).

#### 3.3 Identifikasi Risiko

Identifikasi risiko dilakukan melalui observasi dan wawancara kepada *expert*. Identifikasi kejadian risiko pada penelitian ini berdasarkan mekanisme penerapan manajemen risiko dan SOP *Division Mining*. Risiko yang telah teridentifikasi terdapat pada *Section Safety and Environment*, *Section Mining Operation*, dan *Section Mining Plan (Department Mining Plan and Operation)* kemudian pada *Section Exploration Geologist* dan *Section Database and Administration (Department Exploration Geologist)*. Terdapat 16 kejadian risiko (*Risk*

*Event*) teridentifikasi dari *Department Mining Plan and Operation* dan 9 kejadian risiko (*Risk Event*) teridentifikasi dari *Department Exploration Geologist*. Risiko-risiko tersebut meliputi risiko operasional, risiko keuangan, dan risiko strategis.

Setelah identifikasi dilakukan peristiwa risiko dianalisis dengan menggunakan dua pendekatan, yaitu analisis kualitatif dan analisis semi kuantitatif. Untuk analisis kualitatif menggunakan metode *risk breakdown structure* dengan mengelompokkan peristiwa risiko dari yang terluas menjadi bagian terkecil, seperti tertera pada tabel 3.

#### 3.4 Analisis Risiko Berdasarkan Matriks Dampak/Kemungkinan

Setelah dilakukan analisis kualitatif dengan menggunakan metode *Risk Breakdown structure* yang berfungsi untuk mengelompokkan risiko menjadi bagian-bagian yang lebih kecil lagi agar memudahkan dalam melakukan penilaian. Sehingga untuk tahap selanjutnya yaitu analisis risiko semi kuantitatif berdasarkan atas matrik dampak/*probability*.

Dari proses analisis menggunakan matriks dampak/probabilitas inilah yang akan menentukan peristiwa risiko apa saja yang memiliki nilai dampak dan probabilitas tinggi. Nilai RPN yang akan menentukan rangking setiap peristiwa risiko dengan mengkalikan

Tabel 3. Hasil *Risk Breakdown Structure*

Level 0	Level 1	Level 2	Level 3	Kode	
Risiko Operasional	<i>Mining plan</i>	Perencanaan Tambang	Risiko Produksi Batukapur berkurang	R1	
			Risiko Produksi <i>clay</i>	R2	
			Risiko produksi batu kapur tambang II tidak pernah tercapai	R3	
			Menurunya komposisi <i>blasting/SM</i>	R4	
	<i>Mining Operation</i>	Kegiatan operasional tambang dan ketercapaian produksi di tahun 2023	Risiko batuan terlempar, getaran, dan suara peledakan	R5	
			Risiko pengurangan pemakaian material <i>surface miner</i> oleh pabrik	R6	
			Kerusakan alat muat dan angkut dari kontraktor	R7	
			Risiko kecelakaan pada saat menghidupkan pompa <i>sump</i> tambang	R8	
	SHE	Terlaksananya program <i>zero fatality</i>	Risiko di jalan tambang	R9	
			<i>Good mining practice</i>	Risiko Terjadinya Kebakaran	R10
			Risiko tumpahan/ ceceran limbah B3	R11	
	SHE	Kegiatan operasional tambang yang mengutamakan K3	Risiko kecelakaan kerja	R12	
			Risiko penyakit tenaga kerja dan atau penyakit akibat kerja	R13	
			Terciptanya lingkungan kerja yang baik	Risiko Gangguan Kesehatan Kerja Tinggi	R14
	<i>Exloration Geologist</i>	Berhasil menciptakan ekosistem yang baik di area bekas tambang	Risiko Kegagalan Lahan Reklamasi	R15	
			Ketersediaan SDA & cadangan sebagai suplai	Risiko Cadangan yang terus berkurang pada tambang <i>existing</i> SMBR 1	R16
			Risiko Hidrologi dan Hidrogeologi serta Peningkatan Debit Air Pada	R17	

		bahan baku	Penambangan Operasional		
		Pabrik SMBR	Risiko Kegiatan eksplorasi tidak detail/ tidak sesuai tahapan Operasional	R18	
			Risiko Penolakan masyarakat saat dilakukan ekplorasi	R19	
			Risiko Penentuan metode eksplorasi lanjutan setelah melakukan pemetaan geologi Operasional	R20	
		DNA	Melakukan pengelolaan <i>database and administration</i>	Risiko Masa berlaku IUP Eksplorasi Batukapur Tambang IV yang akan habis pada tahun 2022	R21
		<i>Mining plan</i>	Perencanaan Tambang	Risiko eskalasi kenaikan harga jasa kontraktor akibat kenaikan harga solat pertamina	R22
Risiko Keuangan		DNA	Melakukan pengelolaan database and administration	Risiko Gagalnya Pembayaran JamrekJampt IUP BK dan CL Tambang V (Sarolangun)	R23
Risiko strategis		DNA	Ketersediaan SDA & cadangan sebagai suplai bahan baku Pabrik SMBR	Risiko IUP Eksplorasi BK Tambang III gagal ditingkatkan statusnya menjadi IUP OP	R24
				Risiko IUP Ekplorasi <i>Clay</i> Tambang II gagal ditingkatan statusnya menjadi IUP Operasi Produksi	R25

**Tabel 4.** Analisis matriks dampak/ kemungkinan

Kode	Peristiwa Risiko	K	D	RPN	Rank
R1	Risiko berkurangnya produksi batu kapur Tambang Baturaja I untuk menyuplai dua pabrik	5	4	20	2
R2	Risiko Suplai bahan baku <i>clay</i> ke pabrik terhambat dalam waktu tiga tahun mendatang (sekitar 2025).	5	4	20	3
R3	Risiko target produksi batu kapur Tambang Baturaja II yang tidak pernah tercapai	4	4	16	6

R4	Risiko Menurunnya komposisi <i>Blasting</i> /SM dari 63/37 menjadi 55/45	4	4	16	7
R5	Risiko Batuan Terlempar ( <i>Flying Rock</i> ), Getaran, <i>Air Blast</i> dan Suara Peledakan.	4	4	16	4
R6	Risiko Risiko Pengurangan pemakaian material <i>surface miner</i> (SM) oleh pabrik	4	3	12	12
R7	Risiko Kerusakan Alat Muat dan Alat Angkut dari Kontraktor				
R8	Risiko kecelakaan pada saat menghidupkan pompa sump tambang	3	4	12	14
R9	Risiko di jalan tambang	4	4	16	8
R10	Risiko Terjadinya Kebakaran	4	4	16	9
R11	Risiko Terjadinya tumpahan/ceceran B3	2	3	6	24
R12	Risiko Kecelakaan Kerja	3	5	15	10
R13	Risiko penyakit tenaga kerja dan atau penyakit akibat kerja	2	4	8	20
R14	Risiko Gangguan Kesehatan Kerja Tinggi	2	3	6	21
R15	Risiko Kegagalan Lahan Reklamasi	1	3	3	25
R16	Risiko Cadangan yang terus berkurang pada tambang <i>existing</i> SMBR 1	4	3	12	11
R17	Risiko Hidrologi dan Hidrogeologi serta Peningkatan Debit Air Pada Penambangan Operasional	3	3	9	15
R18	Risiko Kegiatan eksplorasi tidak detail/ tidak sesuai tahapan Operasional	3	2	6	22
R19	Risiko Penolakan masyarakat saat dilakukan eksplorasi	3	2	6	23
R20	Risiko Penentuan metode eksplorasi lanjutan setelah melakukan pemetaan geologi Operasional	3	3	9	17
R21	Risiko Masa berlaku IUP Eksplorasi Batubara Tambang IV yang akan habis pada tahun 2022	3	3	9	18
R22	Risiko Eskalasi kenaikan harga jasa kontraktor akibat kenaikan harga solar pertamina	4	4	16	5
R23	Risiko Gagalnya Pembayaran JamrekJampt IUP BK dan CL Tambang V (Sarolangun)	3	3	9	16
R24	Risiko IUP Eksplorasi BK Tambang III gagal ditingkatkan statusnya menjadi IUP OP	5	5	25	1
R25	Risiko IUP Ekplorasi <i>Clay</i> Tambang II gagal ditingkatkan statusnya menjadi IUP Operasi Produksi	4	3	12	13

dampak terjadinya peristiwa risiko dengan kemungkinan terjadinya peristiwa risiko tersebut. *Division mining* menetapkan 10 peristiwa risiko untuk tahun 2023 yang benar-benar berada pada level *extreme-major* dan perlu dilakukan pengendalian. Sedangkan berdasarkan 10 peristiwa risiko tersebut yang memiliki nilai RPN tertinggi terdapat pada peristiwa risiko R24, R1, dan R2 dengan nilai RPN 25 dan 20.

### 3.5 Evaluasi Risiko

Evaluasi risiko dilakukan untuk menentukan risiko prioritas dari hasil penilaian risiko secara

kualitatif ataupun semi kuantitatif. Sehingga dalam proses evaluasi risiko ini akan diketahui risiko apa saja yang perlu dilakukan penanganan atau mitigasi dari risiko tersebut. Pada tahap ini dilakukan untuk mengetahui berapa jumlah risiko yang *extreme, major, moderate, minor* atau *insignificant*.

### 3.6 Pengendalian Risiko

Pengendalian risiko merupakan proses untuk membantu *Vice President* dalam melakukan pengambilan keputusan. Karena secara umum potensi risiko teridentifikasi berdasarkan kejadian yang pernah terjadi sebelumnya,

**Tabel 5.** Peta Risiko

Kriteria Tidak <i>Significant</i> <i>Minor</i> 1 2		Dampak (Uraian konsekuensi pada kriteria Kualitatif/Kuantitatif)					
		<i>Moderat</i>	Major	Extreme			
		3	4	5			
Kemungkinan/Kerapan terjadi ( <i>Likelihood</i> )	5	Hampir Pasti Terjadi				(2), (3) R1, R2	(1) R24
	4	Sering Terjadi			(11), (12) R16, R6 (13) R25	(4), (5) R5, R22 (6), (7) R3, R4 (8), (9) R8, R9	
	3	Kadang Terjadi		(23), (24) R19, R10	(15), (16) R17, R23 (17), (18) R20, R21	(14) R7	(10) R11
	2	Jarang Terjadi			(21), (22) R14, R18	(19), (20) R13, R12	
	1	Hampir tidak terjadi			(25) R15		

**Tabel 6.** Pengendalian risiko

Kriteria 5		Hampir pasti terjadi	Sering terjadi	Kadang terjadi	Jarang terjadi	Hampir tidak terjadi
		4	3	2	1	
<i>Extreme</i>	5	R24		R11		
<i>Major</i>	4	R1, R2	R5, R22 R3, R4 R8, R9			
<i>Moderate</i>	3					
<i>Minor</i>	2					
<i>Insignificant</i>	1					

maka strategi pemilihan perlakuan risiko yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan cara mitigasi risiko.

**a. Pengendalian risiko top three**

**R24.** Peristiwa risiko IUP Eksplorasi BK Tambang III gagal di tingkatkan statusnya menjadi IUP Operasi Produksi.

Mitigasi risiko: Menyelesaian dokumen syarat kelengkapan perpanjangan IUP Ekspolrasi Batukapur Tambang III dan mengajukan permohonan untuk meningkatkan status IUP menjadi IUP Operasi Produksi ke dinas ESDM.

**R1.** Risiko berkurangnya produksi batu kapur Tambang Baturaja I untuk menyuplai dua pabrik.

Mitigasi risiko: Memaksimalkan penggunaan batu kapur *low grade* dan menjadwalkan peledakan segera di saat kondisi *sump* kering



**Gambar 1.** Blasting (Air deck dan Gribik)

**R2.** Risiko Suplai bahan baku *clay* ke pabrik terhambat dalam waktu tiga tahun mendatang (sekitar 2025).

Mitigasi Risiko: Peningkatan status IUP produksi *clay* tambang III agar segera di tambang dan pengoptimalkan penambangan *clay* kualitas rendah.

**b. Pengendalian risiko top ten**

**R5.** Risiko Batuan Terlempar (*Flying Rock*),



**Gambar 2.** *Surface Miner*

Getaran, *Air Blast* dan Suara Peledakan.

Mitigasi Risiko:

1. Menggunakan alat *surface miner* untuk pemberaian batuan di lokasi dekat pemukiman
2. Menunda atau membatalkan peledakan di saat cuaca mendung untuk menghindari pantulan suara peledakan
3. Menutupi lubang peledakan dengan gribik untuk mencegah *flying rock*
4. Memodifikasi peledakan dengan menggunakan *air deck*.

**R22.** Risiko Eskalasi kenaikan harga jasa kontraktor akibat kenaikan harga solar pertamina.

Mitigasi: Memaksimalkan penggunaan material *blasting* daripada material SM

**R3.** Risiko target produksi batu kapur Tambang Baturaja II yang tidak pernah tercapai  
Mitigasi:

1. Mengoptimalkan pembebasan lahan yang masuk LOM dan area rencana disposal.
2. Menggunakan metode pemberaian dengan alat *surface miner* di area *redzone* dan melakukan percepatan pengupasan OB di tanah yang baru dibebaskan.

**R4.** Risiko Menurunnya komposisi *Blasting/SM* dari 63/37 menjadi 55/45.  
Mitigasi:

1. Memaksimalkan pembukaan dan prepare setiap area *blasting* yang memungkinkan
2. Mengoptimalkan peledakan agar meminimalisir jumlah *boulder* yang tidak layak untuk di produksi



**Gambar 3.** Pompa *sump*



**Gambar 4.** *Safety Talk*

3. Memaksimalkan penambangan di *redzone* area menggunakan SM

**R8.** Risiko kecelakaan pada saat menghidupkan pompa *sump* tambang.

Mitigasi: Menggunakan pelampung saat menghidupkan *sump* tambang

**R9.** Risiko di jalan tambang

Mitigasi:

1. Melakukan kegiatan *safety talk*/P5M sebelum mulai bekerja

2. Melakukan pemeriksaan dan pengecekan harian

**R11.** Risiko Terjadinya tumpahan/ceceran B3

Mitigasi:

1. Melakukan sosialisasi dan pembinaan berkala terkait dengan cemar B3

2. Memasang rambu pemberitahuan dan peringatan berupa tulisan, *signal*, dll
3. Melakukan pemantauan secara rutin dan terjadwal.

#### 4. KESIMPULAN

Hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan 10 peristiwa risiko prioritas yang terdiri dari 1 peristiwa risiko dari *section* DNA, 5 risiko dari *Mining Plan*, 2 risiko dari *Mining Operation*, dan 2 dari *Mining SHE*. Risiko tersebut termasuk kategori risiko strategis, risiko keuangan, dan operasional. Hasil analisis diketahui bahwa *top ten risk* tersebut sudah tepat berada pada risiko prioritas dikarenakan peristiwa risiko *top ten* tersebut memiliki dampak dan kemungkinan yang tinggi, yang bisa menyebabkan *fatality* hingga berhentinya operasi penambangan dan produksi semen di pabrik Baturaja. Berdasarkan atas matriks penilaian risiko semua risiko yang masuk kedalam *top ten* tersebut berada pada level *extreme-major*, sehingga diperlukan penanganan agar terjadinya penurunan terhadap *top ten risk* tersebut. 10 peristiwa risiko yang memiliki nilai RPN tertinggi terdapat pada 3 (tiga) peristiwa risiko R24, R1, dan R2 dengan nilai RPN 25 dan 20 yaitu peristiwa risiko IUP Eksplorasi BK Tambang III gagal ditingkatkan statusnya menjadi IUP OP (R24), risiko berkurangnya produksi batu kapur Tambang Baturaja I untuk menyuplai dua pabrik (R1),

dan risiko suplai bahan baku *clay* ke pabrik terhambat dalam waktu tiga tahun mendatang (sekitar 2025) (R2).

#### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Allah SWT, Orang Tua, Pasangan, Keluarga, Bapak/Ibu dosen Prodi Teknik Pertambangan, dan teman-teman Angkatan 2018 Teknik Pertambangan Universitas Jambi.

#### 6. DAFTAR PUSTAKA

- Alvina, A. (2023). Application of Quality Control and Risk Management in Maintaining Product Quality with A Risk Breakdown Structure Approach. *Jurnal Riset Ilmu Teknik*, 1(2), 89–101. <https://doi.org/10.59976/jurit.v1i2.15>
- Ardia Sari, R., Yuniarti, R., & Puspita A, D. (2017). Analisa Manajemen Risiko Pada Industri Kecil Rotan Di Kota Malang. *Journal of Industrial Engineering Management*, 2(2), 39. <https://doi.org/10.33536/jiem.v2i2.151>
- Colle, A. B. A. (2018). *Diterjemahkan oleh Andi Balladho Aspat Colle dengan bantuan: Google translate dan Buku: J. Susilo, Leo dan R. Kaho, Susilo. 2018. Manajemen Risiko berbasis ISO 31000: 2018 Panduan untuk Risk Leader dan Risk Practitioner. Jakarta: PT. Grasindo. 21.*

- Gina Patriani Manuputty. (2022). Analisis Manajemen Risiko Berbasis Iso 31000 Pada Aspek Operasional Teknologi Informasi Pt. Schlumberger Geophysics Nusantara. *Paper Knowledge. Toward a Media History of Documents*, 3(April), 49–58.
- Guidelines, R. M. (2004). *Risk Management Guidelines Companion to AS/NZS 4360:2004*.
- Indonesia, R. (1970). *Presiden republik indonesia*. 14, 1–20.
- ISO. (2009). International Standard ISO 31000: Risk management - Principles and guidelines. *Iso 31000*, 1, 36.
- Kepmen ESDM 1827 / K/30 /MEM /2018 Pedoman Pelaksanaan Kaidah Pertambangan Yang Baik
- Nasional, B. S. (2017). Manajemen risiko SNI IEC/ISO 31010:2016. *Manajemen risiko*, 1–187. <https://repository.crmsindonesia.org/bitstream/123456789>
- Pradana, Y. A., & Rikumahu, B. (2014). Penerapan Manajemen Risiko terhadap Perwujudan Good Corporate Governance pada Perusahaan Asuransi. *Trikonomika*, 13(2), 195. <https://doi.org/10.23969/trikononika.v13i2.614>
- Permen ESDM No 26 Tahun 2018 tentang Pelaksanaan Kaidah Pertambangan Yang Baik Dan Pengawasan Pertambangan Mineral Dan Batubara.
- Sambodo, A., Kuncoro, D. K. R., & Gunawan, S. (2020). Analisis Mitigasi Risiko Operasional Kontra Bank Garansi Pt. Asuransi Kredit Indonesia Kantor Cabang Balikpapan Berbasis Iso31000. *Journal Industrial Servicess*, 5(2), 147–155. <https://doi.org/10.36055/jiss.v5i2.7992>
- Setiawan, A., Walujodjati, E., & Farida, I. (2016). Analisis Manajemen Risiko Pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Cisumdawu (Studi Kasus: Development of Cileunyi-Sumedang Dawuan Toll Road Phase I). *Jurnal Konstruksi*, 12(1), 1–11. <https://doi.org/10.33364/konstruksi/v.12-1.282>
- Sirait, N. M., & Susanty, A. (2016). Analisis Risiko Operasional Berdasarkan Pendekatan Enterprise Risk Management (ERM) Pada Perusahaan. *Industrial Engineering Online Journal*, 5(2012), 4.
- Suwinardi. (2016). Manajemen risiko proyek. *Orbith*, 12(manajemen resiko proyek), 145–151.



## KAJIAN TEKNIS PENIMBUNAN BATUBARA DI *ROM STOCKPILE* PADA PT CARITAS ENERGI INDONESIA PROVINSI JAMBI

### *TECHNICAL STUDY OF COAL STORAGE IN ROM STOCKPILE AT PT CARITAS ENERGI INDONESIA JAMBI PROVINCE*

Rhivand Nopragedi<sup>1</sup>, Juventa<sup>1</sup>, Yudi Arista Yulanda<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Pertambangan, Universitas Jambi, Jambi

Korespondensi: <sup>1</sup>rhivandnopragedi09@gmail.com, <sup>1</sup>Juventa@unja.ac.id, <sup>1</sup>yudiarista@unja.ac.id

#### INFO ARTIKEL

#### ABSTRAK

#### Kata Kunci:

Batubara, *Stockpile*, FIFO

Perusahaan PT Caritas Energi Indonesia *site* Batubara Jambi Lestari merupakan salah satu perusahaan pertambangan yang bergerak di bidang penambangan batubara. Pada setiap perusahaan pertambangan batubara terdapat area penampungan batubara (*stockpile*) yang berfungsi sebagai penumpukan sementara antara pengiriman. Sistem penerapan penumpukan batubara menggunakan sistem First In First Out (FIFO), yang dimana harus disediakan jarak antara tumpukan dan tidak boleh melebihi kapasitas maksimum area penumpukan. Tujuan dilakukan penelitian ini yaitu pertama mengetahui kondisi teknis secara aktual, menganalisis teknis pola dan sistem pada area *stockpile*, serta merekomendasikan desain timbunan, pola dan sistem *FIFO* pada area *stockpile*. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu kualitatif dan kuantitatif.

Berdasarkan hasil yang dilakukan, kondisi dari *stockpile* belum dikelola secara optimal dan tidak terdapat Prosedur Operasional Standar (SOP) untuk mengimplementasikan manajemen *stockpile*. Dari pengukuran di lapangan, ditemukan tinggi *stockpile* mencapai 7 meter dengan sudut kemiringan lebih

dari 35°. Beberapa masalah juga ditemukan di area *stockpile*, termasuk kurangnya desain penimbunan dan lantai penimbunan yang tidak diperhitungkan. Sistem penimbunan yang sesuai dengan manajemen *stockpile* berdasarkan KEPMEN ESDM Nomor 1827.K/30/MEM/2018 mengakibatkan pengeluaran batubara tidak selaras dengan hasil *coal getting* sehingga batubara tertimbun terlalu lama pada area *stockpile*.

Adapun upaya penanganan perbaikan sistem manajemen pada PT Caritas Energi Indonesia *site* Batubara Jambi Lestari dengan merekomendasikan penerapan sistem *FIFO* dimana batubara yang terdahulu masuk, harus dikeluarkan terlebih dahulu, perbaikan sistem penimbunan perlu dilakukan untuk menghindari dan meminimalkan terjadinya efek potensial yang dapat terjadi pada penimbunan batubara yang terlalu lama.

---

## ARTICLE INFO

---

## ABSTRACT

---

### **Keywords:**

Coal, Stockpile, FIFO

*Company PT Caritas Energi Indonesia Jambi Lestari Batubara Site is a mining company engaged in coal mining. At every coal mining company, there is a coal storage area (stockpile) which functions as a temporary storage area between shipments. If coal stacking applies the First In First Out (FIFO) system, distance must be provided between the stacks and must not exceed the maximum capacity of the stacking area. The aim of this research is to first find out the actual technical conditions, analyze the technical patterns and systems in the embankment area, and recommend embankment designs, FIFO patterns and systems in the embankment area. The methods used in this research are qualitative and quantitative. Based on the results carried out, the condition of the stockpile has not actually been managed optimally and there is no SOP for implementing stockpile management. From measurements in the field, there is a stockpile height of 7 m with an angle of repose of more than 350. In fact, several problems were found in the stockpile area, including*

*the lack of embankment design and the embankment floor in the embankment not being considered. A stockpiling system that is in accordance with stockpiling management based on KEPMEN ESDM No. 1827 K/30/MEM/2018 results in the release of coal not being in accordance with the results of coal acquisition so that coal remains buried in the stockpiling area for too long. As for efforts to handle improvements to the management system at PT The Caritas Energi Indonesia Batubara Jambi Lestari website recommends implementing a FIFO system where previously entered coal must be released first. Improvements to the stockpiling system need to be carried out to avoid and minimize potential impacts that may occur if coal is stockpiled for too long.*

---

## 1. PENDAHULUAN

Permasalahan yang dihadapi oleh perusahaan yaitu terdapat beberapa kendala pada kegiatan manajemen *stockpile* yang disebabkan belum adanya rancangan desain dimensi *stockpile* meliputi paritan di area pinggiran *stockpile* yang tidak sesuai yang mengakibatkan banyaknya genangan air akibat dari sistem penimbunan batubara di *stockpile* yang kurang diperhatikan yang nantinya akan berdampak pada turunnya kualitas batubara dan harus dirancang desain timbunan dengan ketentuan lama timbunan, ketinggian timbunan, dan sudut timbunan yang apabila tidak sesuai akan berdampak adanya gejala swabakar. *Spontaneous combustion* (swabakar) adalah proses terbakar dengan sendirinya batubara dikarenakan adanya reaksi oksidasi eksotermis yang akan mengakibatkan terjadinya kenaikan pada suhu panas, akibat dari temperatur naik

maka kecepatan batubara menyerap oksigen dan udara akan bertambah. Jika tidak dilakukan suatu penanganan lebih detail maka akan menyebabkan terjadinya terbakarnya batubara (Mulyana, 2005). Dalam hal ini tentu terjadinya suatu kerugian bagi perusahaan seperti turunnya kualitas dari batubara yang pastinya akan sangat mempengaruhi keinginan pasar, terbuangnya volume batubara, dan memerlukan biaya lebih untuk melakukan penanganan pada batubara yang terbakar.

Kegiatan pada lokasi *stockpile* memiliki tujuan untuk menjaga kualitas batubara yang sudah digali dan mampu untuk menampung rencana produksi batubara, desain, dan sistem manajemen timbunan batubara di *stockpile* harus dilakukan sesuai kajian, jika tidak maka akan menjadi sesuatu yang dapat menurunkan kualitas batubara karena tidak adanya kajian pengeluaran dan penerimaan batubara.

Oleh karena itu, perlu adanya pengkajian terhadap rancangan desain area *stockpile* dan manajemen penimbunan agar bisa mencegah adanya genangan air di area *stockpile* dan juga untuk menghindari swabakar untuk menjaga kuantitas dan kualitas batubara, sehingga sangat perlu perhatian khusus terhadap batubara itu sendiri supaya kualitasnya terus terjaga yaitu dengan mengatur cara pemuatan maupun pola penimbunan, mengatur pola air agar tidak menggenangi area *stockpile*, dan usaha mencegah terjadinya swabakar.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Kajian ini dilakukan di PT Caritas Energi Indonesia *site* PT Batubara Jambi Lestari yang berada di desa Tanjung Pauh KM 34 Kecamatan Mestong, Kabupaten Muaro Jambi, Provinsi Jambi. Pengkajian ini dilaksanakan pada 20 Maret 2023 sampai dengan 22 April 2023.

### 2.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan jenis penelitian kuantitatif. Hal ini disebabkan dalam proses penelitian nantinya akan menggunakan data-data berhubungan dengan angka. Pada pelaksanaannya penelitian ini digunakan data sekunder dan primer yang selanjutnya di proses dengan tujuan dari penelitiannya.

Data primer yang diambil adalah: data dimensi area *stockpile*, dimensi dari timbunan, volume, data pola penimbunan. Sedangkan

data sekunder yang akan diambil adalah: data curah hujan, peta kesampaian, peta geologi regional, peta situasi area ROM *stockpile*, data spesifikasi alat penunjang area ROM *stockpile*, serta data kapasitas maksimum ROM *stockpile*.

### 2.2 Teknik Pengumpulan Data

Data yang telah diolah kemudian dianalisis untuk mengetahui bagaimana kondisi ROM *stockpile* aktual kemudian mengoptimalkan penimbunan batubara sehingga kegiatan penimbunan atau penyimpanan batubara berjalan lancar, dimulai dari menganalisis mengenai kapasitas aktual dari ROM *stockpile*, kapasitas timbunan, menganalisis pola timbunan, cara pencegahan swabakar, menganalisis desain timbunan, menganalisis dimensi rencana paritan yang optimal serta menganalisis arah penimbunan, dan sudut timbunan batubara di ROM *stockpile*.

## 3. HASIL

Rancangan *stockpile* merupakan rencana perusahaan untuk membenahi area timbunan agar termanajemen dengan benar. Jika manajemen *stockpile* tidak dilakukan dengan benar maka akan mengakibatkan terjadinya penumpukan batubara yang sangat lama yang mempengaruhi turunnya kuantitas atau kualitas batubara. Hal ini terjadi akibat dari terlalu lamanya batubara menumpuk di *stockpile*.

PT Caritas Energi Indonesia *site* Batubara

Jambi Lestari memiliki *stockpile* batubara yang berasal dari penambangan pit selatan yang memiliki kapasitas timbunan batubara 30.000 MT. PT Caritas Energi Indonesia *site* Batubara Jambi Lestari memiliki *stockpile* yang terletak di sebelah barat dari kegiatan penambangan. Batubara dari lokasi penambangan dibawa menggunakan *dump truck* menuju *stockpile* dengan jarak pit selatan  $\pm 800$  meter berjenis lignit dengan kalori 3.000 – 3.300 Kkal/Kg (Gar). Batubara memiliki ukuran butir yang lebih dominan seragam. Hasil pengamatan penulis pada *stockpile* di PT Caritas Energi Indonesia *site* Batubara Jambi Lestari sistem penimbunan belum termanajemen dengan baik dan benar seperti belum adanya rancangan desain dimensi timbunan *stockpile* meliputi tinggi timbunan melebihi 4 meter maupun sudut timbunan lebih dari 35°.



**Gambar 1.** Lantai Dasar Stockpile

luas 1,04 ha dan lantai dasar *ROM stockpile* ini terbuat dari tanah kemudian lapisan atasnya dilapisi batubara kotor (*handling coal*). Pada kondisi lantai *stockpile* terlihat banyak genangan air dipinggiran *stockpile* dikarenakan lantai *stockpile* tidak memiliki kemiringan lantai timbunan tidak adanya pembatas antara *stockpile* dengan jalan inspeksi yang biasa dilintasi mobil operasional pengawas.

#### 4. PEMBAHASAN

##### 4.1 Boundry Stockpile

*Boundry stockpile* pada PT Caritas Energi Indonesia *site* Batubara Jambi Lestari memiliki

##### 4.2 Sudut Timbunan (*Angle of Repose*)

Mengenai pelaksanaan manajemen *stockpile* yang mana berdasarkan pengukuran di lapangan terdapat tinggi *stockpile* 7 m

**Tabel 1.** Standar Penimbunan dan *Angle of Repose*

Jenis Batubara	Lama Timbunan	Tinggi Timbunan	<i>Angle of Repose</i>
lignit	14 hari	4 meter	Ideal : 35°(material berukuran <i>angle of repose</i> > dari material ukuran halus)
Sub-Bituminus	30 hari	5 meter	
Bituminus	<30 hari	6 meter	

(Sumber Sukandarrumidi, 2008)

dengan *angle of repose* lebih dari 35°. Sehingga berdasarkan pada tabel 1 diperoleh nilai tinggi dan *angle of repose* seharusnya untuk batubara Lignit memiliki tinggi maksimum 4 m sedangkan ideal *angle of repose* 35°.

### 4.3 Sistem dan Pola Penimbunan

Sistem penimbunan yang digunakan yaitu *FIFO (First In First Out)* dimana batubara yang pertama kali masuk adalah batubara yang harus dikeluarkan terlebih dahulu. Namun dari hasil penelitian di lapangan jumlah batubara yang masuk lebih banyak dari pada batubara yang keluar sehingga sistem *FIFO* sulit diterapkan karena ada beberapa faktor antara lain tidak adanya pengawasan yang dilakukan pada area *stockpile* maupun saat kegiatan penumpukan dan pembakaran batubara. Untuk menghindari sistem *FIFO* yang tidak berjalan dengan baik, kegiatan yang dapat dilakukan yaitu memperbaiki kegiatan penimbunan pada mekanisme kerja .

Pola penimbunan yang dilakukan perusahaan ini yaitu menggunakan metode penimbunan terbuka (*Open Stockpile*). Pola penimbunan yang digunakan pada perusahaan ini yaitu *windrow* dengan metode *layering* saat penimbunan dilaksanakan, pada setiap atas timbunan dilakukannya suatu pemotongan secara horizontal dengan menggunakan alat *bulldozer komatsu D 85ESS*. Selanjutnya dilakukan proses pemadatan secara bertahap

lapis demi lapis dari bawah ke atas guna untuk mengatur pola penimbunan dan untuk memperkecil rongga angin pada permukaan batubara. Bentuk timbunan batubara limas terpancung yaitu timbunan sesuai dengan arah penimbunannya yang memanjang.

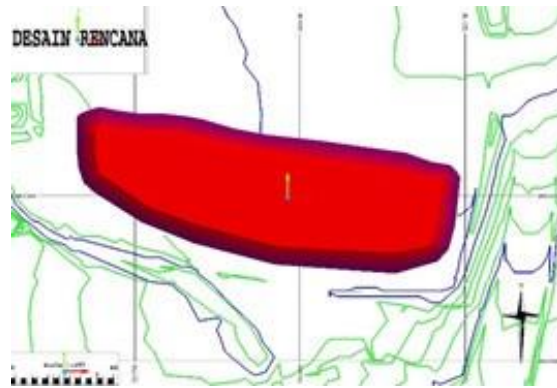
### 4.4 Penerimaan dan Pengiriman Batubara

Pada *stockpile* batubara PT Caritas Energi Indonesia *site* Batubara Jambi Lestari, penerimaan dan pengiriman batubara tidak selaras dikarenakan masih meninggalkan sisa pada area *stockpile* dan juga tidak sesuai dalam penerapan sistem *FIFO*, yang dimana pada PT Caritas Energi Indonesia *site* Batubara Jambi Lestari memiliki pengiriman batubara dalam sebulan sebanyak 3 kali atau sama dengan 10.000 MT dalam setiap 10 hari, akan tetapi pada saat penerimaan batubara di *stockpile* di 10 hari pertama peneliti melihat kondisi timbunan pada area *stockpile* melebihi 10.000 yang nantinya akan meninggalkan sisa timbunan batubara pada area *stockpile* yang bisa berdampak pada terganggunya manajemen penimbunan apabila tidak menerapkan sistem *FIFO* dan tidak sesuai dengan KEPMEN ESDM No. 1827.K/30/MEM/2018 tentang Penumpukan Mineral dan Batubara. Rekomendasi Desain dan Manajemen *stockpile* di PT Caritas Energi Indonesia *site* Batubara Jambi Lestari.

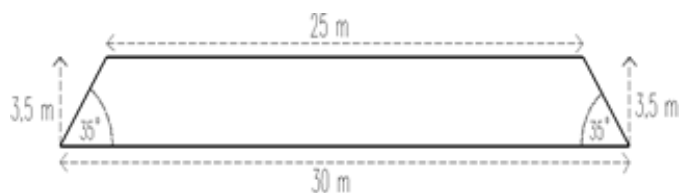
#### 4.5 Rekomendasi Desain dan Manajemen stockpile di PT Caritas Energi Indonesia site Batubara Jambi Lestari

Rekomendasi desain timbunan

Rekomendasi desain menerapkan sistem *FIFO (First In First Out)* yaitu proses batubara yang lebih dulu masuk harus dikeluarkan terlebih dahulu pada pemasaran. Untuk mencegah sistem *FIFO* yang tidak sesuai, usaha yang dapat dilakukan yaitu dengan cara mengubah mekanisme pembungkaran dan penimbunan timbunan batubara. Hal pertama yang harus dilaksanakan adalah dengan cara memberi ruang akses jalan alat muat dan alat angkut sehingga batubara yang ditimbun pertama bisa dibongkar terlebih dahulu. Kemudian usaha yang diterapkan adalah dengan membuat suatu pola penimbunan dan pembongkaran. Pola yang direkomendasikan pada perusahaan ini yaitu pola *Windrow* dengan penimbunan tumpukan ditempatkan dalam sejajar di sepanjang lebar *stockpile*. Penerapan rekomendasi pada timbunan area *stockpile* dirancang hanya memiliki satu timbunan dikarenakan disesuaikan dengan rancangan penerimaan dan pengiriman batubara yaitu 10.000 MT untuk 10 hari, pada rekomendasi pada desain *stockpile* memiliki kapasitas timbunan 15.584 MT dan memiliki ketinggian 3,5 meter dengan sudut *angle of repose* yaitu  $35^\circ$ .



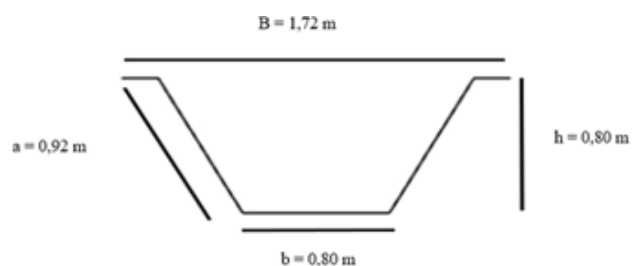
Gambar 2. Rekomendasi Desain Rencana



Gambar 3. Ilustrasi Desain Rencana

#### 4.5 Rekomendasi Dimensi Saluran Terbuka

Rencana pembuatan paritan (*open channel*) untuk mengoptimalkan sistem penyaliran pada area *stockpile* perlu dilakukan analisis-analisis seperti curah hujan rencana, intensitas curah hujan, *catchment area*, koefisien limpasan, dan debit rencana paritan.



Gambar 4. Rekomendasi Paritan

#### 4.5 Penanganan Swabakar

Penanganan swabakar diterapkan dengan digunakannya metode konvensional yaitu pemindahan pada batubara yang mengalami suatu pembakaran dengan cara menggunakan *excavator*. Penanganan swabakar yang dilakukan dengan metode konvensional ini dilakukan pada tahapan pertama yaitu dengan cara pembongkaran pada batubara yang mengalami pembakaran tetapi belum sepenuhnya terbakar. Pada proses selanjutnya dilakukannya pemisahan dengan dipindahkannya batubara yang telah mengalami pembakaran dengan batubara yang belum terkontaminasi. Hal ini bertujuan untuk mencegah terjadinya swabakar yang lebih besar lagi pada tumpukan batubara lain. Kemudian dilakukan pemadatan pada tumpukan.

#### 5. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kondisi aktual *stockpile* pada PT Caritas Energi Indonesia *site* Batubara Jambi Lestari belum dilakukan manajemen *stockpile* dengan optimal dan tidak memiliki SOP (Standar Operasional Prosedur) mengenai pengkajian manajemen *stockpile*, dari pengukuran di lapangan ditemukan tinggi *stockpile* 7 m dengan *angle of repose* lebih 35°. Secara aktual ditemukan beberapa kasus yang terdapat pada area *stockpile*. Tidak terdapatnya rancangan *stockpile*, lantai bawah tumpukan di *stockpile* tidak

dikaji ulang yang mengakibatkan terjadinya suatu genangan air pada *stockpile* dan terjadinya permasalahan terhadap paritan yang tidak berfungsi dengan baik.

2. Upaya penanganan swabakar pada PT Caritas Energi Indonesia *site* Batubara Jambi Lestari dengan menerapkan parameter yang disesuaikan dengan lamanya timbunan pada *stockpile*, ketinggian *stockpile* tidak melebihi 4 m, sudut timbunan tidak melebihi 35°, memadatkan permukaan yang menghadap ke arah angin, memonitoring temperatur *stockpile*, dan menerapkan sistem *FIFO* sehingga maksimal lama batubara di *stockpile* yaitu 14 hari.
3. Rekomendasi 1 terhadap desain *stockpile* memiliki 2 timbunan dengan kapasitas volume timbunan A yaitu 12.908 MT dan timbunan B yaitu 12.371 MT, dan sama-sama memiliki ketinggian 4 meter dengan sudut *angle of repose* yaitu 35°, sedangkan pada rekomendasi 2 hanya memiliki satu timbunan dengan kapasitas volume timbunan yaitu 15.584 MT dan memiliki ketinggian 3,5 meter dengan *sudut angle of repose* 35°. Pada rekomendasi paritan memiliki *catchment* area seluas 0,0128 km<sup>2</sup>, dari analisis data curah hujan didapatkan debit sebesar 0.541 m<sup>3</sup>/detik, dari debit tersebut selanjutnya diolah untuk mendapatkan dimensi paritan yang optimal sehingga didapatkan lebar permukaan

saluran 1,72 m, lebar dasar saluran 0,80 m, kemiringan dinding saluran 60°, kedalaman saluran 0,80 m, dan Panjang sisi miring saluran 0,92 m.

### **Saran**

Adapun saran yang dapat saya berikan atas permasalahan yang ada di PT Caritas Energi Indonesia *site* Batubara Jambi Lestari pusatnya di *stockpile* batubara yaitu:

1. Harus adanya SOP (Standar Operasional Prosedur) mengenai kegiatan manajemen *stockpile*.
2. Harus ada pengawas pada penumpukan dan pembongkaran batubara di *stockpile*.

3. Harus dilakukannya penerapan sistem *FIFO* agar batubara yang pertama kali masuk batubara itupun yang pertama kali keluar.

### **6. DAFTAR PUSTAKA**

- Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 1827. 2018. *Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik*.
- Mulyana, Hana. (2005). *Kualitas Batubara dan Stockpile Management*. PT. Geoservices, LTD, Yogyakarta.
- Sukandarrumidi. 2008. *Batubara dan Gambut*. Universitas Gajah Mada: Yogyakarta.



# Applied Geo-mining and Metallurgy

The Journal of Integrated Applied Geoscience, Mining, and Metallurgy



## Pedoman penulisan artikel/makalah dalam jurnal “Applied geo-mining and metallurgy”

Politeknik Energi dan Pertambangan Bandung, KESDM

<https://pepbandung.ac.id/>

- A. Jurnal “*Applied geo-mining and metallurgy*” merupakan jurnal dengan akses terbuka (*open acces journal*) menggunakan sistem penelaahan “*double blind review*”. Editor bertanggung jawab penuh atas keputusan final terkait diterima atau ditolaknya sebuah makalah/artikel. Keputusan editor bersifat final.
- B. Tujuan dari jurnal “*Applied geo-mining and mettallurgy*” adalah untuk menyediakan sarana publikasi bagi makalah-makalah yang menampilkan perkembangan terbaru dalam bidang geologi, pertambangan, pengolahan mineral, metalurgi ekstraktif dan bidang ilmu kebumihan lainnya.
- C. Makalah meliputi hasil penelitian dan praktis (operasi), ulas balik/tinjauan (*review*) yang belum pernah dipublikasikan pada jurnal lain,
- D. Cakupan jurnal meliputi energi, geologi eksplorasi, eksploitasi/teknik penambangan mineral dan non mineral, geologi teknik, hidrogeologi, *physical & chemical separation methods*, seperti *flotation concentration dan dewatering, bio-, hydro-, dan electro-metallurgy*, serta isu lingkungan dalam bidang geologi, pertambangan dan metalurgi.
- E. Makalah dapat ditulis dalam bahasa Indonesia atau bahasa Inggris
- F. Format penulisan
- Makalah ditulis dalam MS Word, A4, Spasi 2
  - Jenis huruf Times New Roman 12, dilengkapi “continuous line numbers”
  - Sub judul dan sub-sub judul harus diberi nomor 1 (kemudian 1.1 dst)

## G. Susunan makalah

format “APA 6<sup>th</sup> edition”

Makalah/artikel terdiri dari :

### (1) Judul/Tittle

- Judul makalah ditulis dalam 2 bahasa (Indonesia & Inggris).
- Pada bagian bawah judul dilengkapi dengannama penulis, afiliasi/institusi dan email.
- Dilengkapi kata kunci/keyword maksimal 5 kata

### (2) Abstrak/abstract

- Abstrak ditulis dalam 2 bahasa (Indonesia & Inggris), ditulis dalam 1 paragraf, terdiri dari 100-300 kata.

### (3) Pendahuluan/*Introduction*

### (4) Metodologi/*Method*

### (5) Hasil/*Results*

### (6) Pembahasan/*Discussion*

### (7) Kesimpulan/*Conclusion*

### (8) Daftar Pustaka/*References*

- Penulisan daftar pustaka menggunakan *reference manager software* dengan

## H. Format Gambar

- Disajikan/di *insert* menyatu dalam teks (tidak disimpan pada akhir makalah)
- Gambar/foto disajikan tanpa kompresi dalam format file TIFF, JPG dan sejenisnya dengan resolusi minimal 400 dpi.
- Caption/penjelasan gambar ditulis pada bagian bawah gambar

## I. Format Tabel

- Disajikan/di *insert* menyatu dalam teks (tidak disimpan pada akhir makalah)
- Tabel disajikan dalam bentuk *editable text* (bukan format jpg dan sejenisnya)
- Caption/penjelasan tabel ditulis pada bagian atas tabel.

J. Makalah/artikel dapat dikirim melalui email:  
jurnal\_pepbandung@yahoo.com





Politeknik Energi dan Pertambangan Bandung  
Jl. Jend. Sudirman No. 623 Bandung 40211,  
Telp: 0822-1999-5001  
Website: <https://pepbandung.ac.id>

