

Volume 13, Number 1, June 2025

PROMINE



Mining Journal
Exploration, Exploitation
Georesource Processing
and Mine Environmental

PROMINE	Volume 13	Number 1	Page 01 - 33	Balun Ijuk June 2025	ISSN 2354-7316 e-ISSN 2620-7737
---------	--------------	-------------	-----------------	-------------------------	------------------------------------

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

PROMINE
Jurusan Teknik Pertambangan
Universitas Bangka Belitung



Mining Journal
Exploration, Exploitation
Georesource Processing
and Mine Environmental

Ketua Penyunting (Editor In Chief)

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

Anggota Penyunting (Associate Editor)

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

Dewan Penyunting (Editorial Board)

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

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

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

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

RR. Yunita Bayu Ningsih, S.T., M.T. (Universitas Sriwijaya)

Fahrul Indrajaya, S.T., M.T. (Universitas Palangka Raya)

Ir. Alam Budiman Thamsi, S.T. M.T. (Universitas Muslim Indonesia)

Mitra Bestari (Reviewers)

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

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

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

Dr. Afikah Rahim (Universitas Teknologi Malaysia-Malaysia)

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

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

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

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

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

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

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

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

Administrasi

Dewi Astuti, S.Kom

Librarian

Arja Kusuma, S.IP., M.IP.

Redaksi Jurnal

Alamat : Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Sains dan Teknik
Kampus Terpadu Universitas Bangka Belitung, Desa Balun Ijuk,
Kabupaten Bangka, Propinsi Kepulauan Bangka Belitung

Telp. : (0717) 422145

E-mail : jurnalpromine@gmail.com

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

KATA PENGANTAR

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

Visi Penyelamatan dan Keberlanjutan Sumberdaya Bumi "*Save and Sustainability Geo Resources*" melalui penambangan yang berwawasan lingkungan menjadi misi utama yang diemban oleh PROMINE dalam mengkampanyekan kelestarian sumberdaya bumi. Melalui tulisan ilmiah yang dihasilkan, diharapkan mampu memberikan kontribusi positif bagi perkembangan ilmu pertambangan. Atas bantuan, kontribusi dan sumbangsih semua pihak hingga dapat terbitnya PROMINE Edisi June 2025, Vol. 13 (1), diucapkan terima kasih.

DAFTAR PUSTAKA (Contents)

Judul (Title)	Hal. (page)
Evaluasi Sinkronisasi Kerja Alat Muat Dan Alat Angkut Pada PT Modern Widyatehcnical Kampung Wiraskadistrik Wanggar Kabupaten Nabire-Papua Tengah Gidion Salek Wikirue Huby ^{1*} , Hans Yohanes Elixir Doirebo ² ^{1,2} Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Industri dan Kebumian, Universitas Sains dan Teknologi Jayapura	01 – 06
Analisis Faktor Penyebab Kecelakaan Kerja Pada Industri Pertambangan (Study Kasus Ledakan Tungku Smelter Pada PT ITSS Dalam PT IMIP) Naufal Alfaruqi Masyam ^{1*} , Enni Tri Mahyuni ² , Andi Ilham Samanlangi ³ , Moh. Khaidir Noor ⁴ , A. Al Faizah Ma'rief ⁵ , Hedianto ⁶ , Tri Utomo Taliding ⁷ , Aris Munandar ⁸ ^{1,2,3,4,5,6,7,8} Teknik Pertambangan, Universitas Bosowa	07 – 11
Analisis Balik Stabilitas Lereng Disposil IPD (In Pit Dump) Utama Seam C pada area Pit B Selatan PT. Mifa Bersaudara, Aceh Fikram Khaykal Lazuardi ^{1*} , Supandi Sujatono ² , Bayurohman Pangacella Putra ³ ^{1,2,3} Program Studi Teknik Pertambangan, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta	12 – 19
Analisis Manajemen Operasional Alat Pemecah Batu Pada Unit Pengolahan Batu Andesit di PT Calvary Abadi Klaten Jawa Tengah Oktavian Mokodompi ^{1*} , A. A. I. A Adnyano ² , B. Pangacella Putra ³ ^{1,2,3} Program Studi Teknik Pertambangan, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta	20 – 27
Analisis Geometri Jalan Angkut Tambang Pada Aktivitas Pertambangan Batubara di PT. Haswi Kencana Indah, Kabupaten Tebo, Provinsi Jambi Ilham Agung Sudrajad ^{1*} , Afwan Assidiqi ² , Raudhatul Jannah ³ , Bima Sakti ⁴ ^{1,2,3,4} Program Studi Teknik Pertambangan, Universitas Jambi	28 – 33

Evaluasi Sinkronisasi Kerja Alat Muat Dan Alat Angkut Pada PT Modern Widyatehnikal Kampung Wiraskadistrik Wanggar Kabupaten Nabire-Papua Tengah

*(Evaluation of Work Synchronization of Loading Equipment and Transport Equipment
at PT Modern Widyatehnikal Kampung Wiraskadistrict Wanggar Nabire Regency-
Central Papua Province)*

Gidion Salek Wikirue Huby^{1*}, Hans Yohanes Elrix Doirebo²

^{1,2}Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Industri dan Kebumihan,
Universitas Sains dan Teknologi Jayapura

* Korespondensi E-mail: ellrix0612@gmail.com

Abstrak

PT Modern Widya Tehnikal merupakan perusahaan konstruksi dibidang pertambangan yang bergerak dibidang pengangkutan material dari bahan galian industri. Alat mekanis berupa alat gali-muat dan alat angkut pada penambangannya. Permasalahan saat ini menunjukkan alat gali-muat excavator CAT 320 D sering menunggu alat angkut dump truck Mithsubishi HD125 PS untuk melakukan pemuatan. Metode penelitian dilakukan dengan melakukan pengamatan terhadap ritase alat gali-muat dan alat angkut yang di operasikan dan disesuaikan dengan target produksi. Hasil penelitian yang telah dilakukan perlu penambahan 1 unit alat angkut dump truck Mitsubishi HD 125 PS sehingga mendapatkan nilai efisiensi kerja alat gali-muat mengalami peningkatan efisiensi kerja alat gali-muat menjadi 11,08% dan alat angkut sebesar 3,57% sehingga berdampak pada sinkronisasi dari alat gali muat dan alat angkut yang mencapai berkisar 83-84% (efisiensi kerja) atau estimasi rasio efisiensi kerja alat gali muat dan alat angkut berkorelasi baik dengan nilai 0,08.

Kata kunci: Alat angkut, alat gali-muat, match factor, produksi.

Abstract

PT Modern Widya Tehnikal is a construction company in the mining sector engaged in material transportation materials from industrial excavation materials. Mechanical tools in the form of digging tools and transport tools on the reservoir. The current problem shows that the CAT 320 D excavator excavator often waits for the Mithsubishi HD125 PS dump truck to be loaded. The research method was carried out by observing the history of excavating equipment and transportation equipment that were operated and adjusted to the production target. The results of the research that have been carried out need to add 1 unit of Mitsubishi HD 125 PS dump truck transport equipment so that the work efficiency value of excavation and loading equipment has increased to 11.08% and transport equipment by 3.57% so that it has an impact on the synchronization of excavation and loading equipment and transport equipment which reaches the range of 83-84% (work efficiency) or the estimated work efficiency ratio of excavation and loading equipment and transport equipment is well correlated with a value of 0.08.

Keywords: Digging equipment, loading equipment, match factor, production.

1. Pendahuluan

PT Modern Widya Tehnikal merupakan perusahaan konstruksi dibidang pertambangan yang bergerak dibidang pengangkutan material. Dalam aktivitas pertambangan, pencapaian target produksi sesuai dengan jumlah yang telah direncanakan adalah salah satu hal yang paling penting. Target produksi dapat tercapai jika proses pengangkutan dilaksanakan dengan cara yang efektif dan efisien. Target produksi perlu dicapai oleh perusahaan agar perencanaan produksi yang berkaitan dengan pengangkutan yang dikenal dengan alat mekanis yang terdiri dari alat gali muat dan alat angkut.

Dalam proses pengangkutan, peralatan mekanis sangat dibutuhkan untuk mendukung kegiatan penambangan, baik sebagai alat utama maupun sebagai alat pendukung. Peralatan mekanis ini digunakan untuk mengangkut material hasil galian industri (Siwandi, dkk., 2022). Peralatan mekanis memainkan peran penting dalam menentukan hasil produksi penambangan. Ketika salah satu peralatan tidak berfungsi akibat kerusakan, produksi bisa berkurang atau terhenti, yang berpotensi merugikan perusahaan. Untuk menghindari hal ini, sinkronisasi armada atau *fleet matching* sangat diperlukan.

Fleet matching atau sinkronisasi armada adalah proses pengaturan untuk memantau kendaraan atau armada yang sedang beroperasi di suatu lokasi. Di area penambangan, *fleet matching* juga diperlukan, di mana kendaraan yang memiliki kesamaan tertentu beroperasi dalam satu pit untuk mencapai produksi maksimal dengan mempertimbangkan faktor-faktor yang memengaruhi (Santoso, dkk.,2023).

Proses pengangkutan material hasil galian adalah salah satu tahap yang memengaruhi pencapaian target produksi, karena hal ini berdampak pada aspek pembiayaan. Mengingat pentingnya proses pengangkutan, perlu untuk mengetahui seberapa efektif pengangkutan dilakukan dengan menggunakan alat gali-muat dan alat angkut yang ada, serta langkah-langkah yang dapat diambil untuk mengoptimalkan kegiatan tersebut (Assidiqi, dkk., 2022; Erwanda, dkk., 2022).

PT Modern Widya Tehnical selaku perusahaan pertambangan yang menambang dan mengelola bahan galian industri perlu memperhatikan faktor keserasian kerja, khususnya antara alat gali-muat dan alat angkut. Dalam penentuan jumlah alat angkut dan alat muat yang sesuai dengan target produksi, sinkronisasi memainkan peran yang sangat penting. Hasil observasi lapangan menunjukkan alat angkut lebih sibuk dibandingkan alat gali-muat. Kajian teknis terhadap retasi waktu operasional antara alat gali-muat dan alat angkut dapat mempengaruhi produktivitas terhadap target produksi. Hal inilah yang melatarbelakangi peneliti untuk melakukan kajian teknis terhadap sinkronisasi kerja alat gali-muat dan alat angkut pada proses penambangan di PT Modern Widya Tehnical.

2. Metode

Lokasi PT Modern Widya Tehnical terletak di kampung Wiraska, distrik Wangar, kabupaten Nabire provinsi Papua. Sedangkan secara geografis, PT Modern Widya Tehnical terletak diantara 3036'33" – 3033'24" (LS) sampai 135039'39" – 13504'17" (BT). Luas lokasi PT Modern Widya Tehnical sekitar ± 3 ha yang memiliki batas-batas lokasi sebagai berikut:

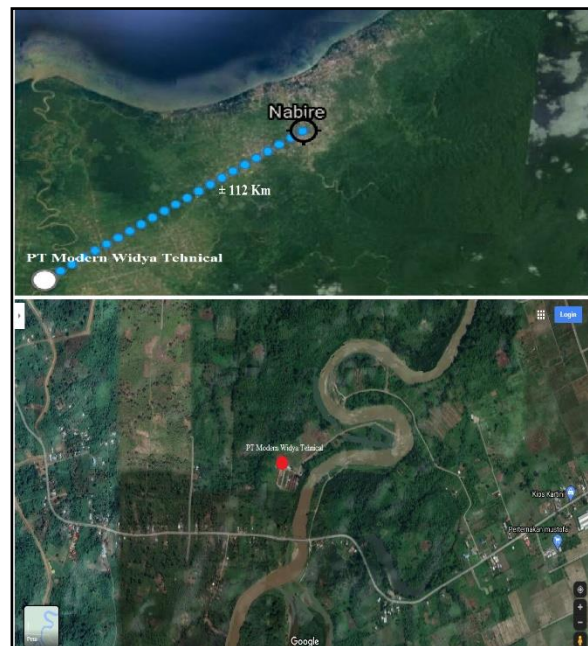
- Sebelah Selatan: Jalan Raya Wagar-Waroki
- Sebelah Utara: Perumahan Kampung Wiraska
- Sebelah Timur: Sungai Wangar
- Sebelah Barat: Perumahan Kampung Wiraska

Lokasi penelitian dapat ditempuh menggunakan kendaraan roda dua maupun roda empat dengan estimasi lamanya perjalanan dari pusat kota Nabire ± 3 jam, dan jarak tempuh ± 112 Km (Gambar 1).

Metode penelitian dilakukan dengan melakukan studi literatur dan pengambilan data primer sebagai penentu dalam melakukan

evaluasi terhadap kegiatan pengangkutan. Pengambilan data di lapangan berupa pengambilan data *cycle time* dan *match factor* terhadap alat gali-muat dan alat angkut.

Data yang diperlukan sudah diperoleh, kemudian dilakukan perhitungan nilai faktor keserasian kerja dapat dilakukan menggunakan Match Factor. Nilai faktor keserasian kerja yang diperoleh dari perhitungan tersebut kemudian dianalisis untuk mengetahui keserasian kerja antara alat gali muat dan alat angkut yang digunakan.



Sumber: google earth, 2024

Gambar 1. Lokasi dan Kesampaian PT Modern Widya Tehnical

Waktu Edar Alat Gali Muat dan Alat Angkut

Cycle time merupakan waktu yang diperlukan alat mekanis untuk melakukan satu siklus kegiatan produksi dari awal hingga akhir dan siap memulai kembali (Winarno, dkk., 2018). Waktu edar dihitung selama penyelesaian alat mekanis untuk menyelesaikan sekali putaran kerja, dari mulai kerja sampai dengan selesai dan bersiap untuk memulainya kembali.

Komponen dari *cycle time* alat gali muat dimulai dari *digging*, *swing* isi, *dumping* dan *swing* kosong, sedangkan *cycle time* alat angkut dimulai dari waktu tunggu kosong, waktu manuver kosong, waktu pengisian, waktu berjalan isi, waktu manuver area penimbunan, waktu *dumping*, waktu kembali kosong.

Waktu edar (*cycle time*) alat gali muat menggunakan persamaan sebagai berikut (Wijaya dan Mukiat, 2019; Agung, dkk.,2020; Molaei, dkk., 2023):

$$C_t = Tm_1 + Tm_2 + Tm_3 + Tm_4 \quad (1)$$

Keterangan :

C_t = Total waktu edar alat gali muat (detik)

Tm_1 = Waktu menggali (detik)

Tm_2 = Waktu swing bermuatan (detik)

Tm_3 = Waktu menumpahkan (detik)

Tm_4 = Waktu swing kosong (detik)

Sedangkan waktu edar (*cycle time*) alat angkut dapat menggunakan persamaan:

$$C_t = Ta_1 + Ta_2 + Ta_3 + Ta_4 + Ta_5 + Ta_6 \quad (2)$$

Keterangan :

C_t = Total waktu edar alat angkut (detik)

Ta_1 = Waktu mengatur posisi kosong (detik)

Ta_2 = Waktu diisi muatan (detik)

Ta_3 = Waktu mengangkut muatan (detik)

Ta_4 = Waktu mengatur posisi isi (detik)

Ta_5 = Waktu menumpahkan muatan (detik)

Ta_6 = Waktu kembali kosong (detik)

Efisiensi kerja akan mempengaruhi kemampuan produksi dari suatu alat. Waktu kerja yang efektif dapat dilakukan dengan cara memperkecil hambatan kerja. Hambatan kerja terdiri dari dua kategori: hambatan yang dapat dihindari dan hambatan yang tidak dapat dihindari. Waktu kerja efektif ditentukan berdasarkan hambatan-hambatan yang telah diidentifikasi di lapangan.

$$We = Wt - (Wtd + Whd) \quad (3)$$

Keterangan:

We = waktu kerja efektif (menit)

Wt = waktu kerja tersedia (menit)

Whd = waktu hambatan dapat dihindari (menit)

Wtd = waktu hambatan tidak dapat di hindari (menit)

Persamaan efisiensi kerja menggunakan rumus sebagai berikut (Ilham, dkk., 2020):

$$E_k = \frac{We}{Wt} \times 100\% \quad (3)$$

Keterangan :

E_k = Efisiensi kerja (%)

We = Waktu kerja efektif (Menit)

Wt = Waktu kerja tersedia (Menit)

Kemudian dilakukan perhitungan kemampuan produksi alat mekanis (alat gali muat dan alat

angkut). Perhitungan produktivitas aktual dengan nilai *cycle time* dan efisiensi kerja aktual menggunakan persamaan berikut (Indonesianto, 2014; Ilahi, dkk., 2014; Oemati, dkk., 2020):

Alat gali muat

$$Q = \frac{K_b \times S_f \times FF \times E_k}{C_{tm}} \quad (4)$$

Keterangan :

Q = Produktivitas alat muat (m^3 /jam)

K_b = Kapasitas *bucket* (m^3)

S_f = Swell factor (%)

FF = Bucket Fill Factor (%)

E_k = Efisiensi kerja alat gali muat (%)

C_{tm} = Waktu edar alat gali muat (jam)

Alat angkut

$$Q = \frac{K_v \times S_f \times FF \times E_k}{C_{ta}} \quad (5)$$

Keterangan :

Q = Produktivitas alat muat (Bcm/jam)

K_b = Kapasitas *bucket* (m^3)

S_f = Swell factor (%)

FF = Fill Factor (%)

E_k = Efisiensi kerja alat angkut (%)

C_{ta} = Waktu edar alat angkut (jam)

Faktor Keserasian Kerja Alat (Match Factor)

Faktor keserasian alat aktual umumnya digunakan untuk mengetahui jumlah alat angkut yang sesuai (serasi) untuk melayani satu unit alat gali muat.

$$MF = \frac{n \times N_h \times C_{tm}}{N_m \times C_{ta}} \quad (6)$$

Keterangan:

MF : Faktor keselarasan (*Match Factor*)

n : Jumlah pemuatan *bucket*

N_h : Jumlah alat angkut,

C_{tm} : Waktu alat gali-muat (detik)

N_m : Jumlah alat gali-muat

C_{ta} : Waktu edar alat angkut (detik)

Faktor keserasian kerja alat gali-muat dan alat angkut akan mencapai 100% apabila $MF = 1$, sedangkan $MF < 1$ maka alat gali muat bekerja <100%, sedangkan alat angkut bekerja 100%, sebaliknya bila $MF > 1$ alat gali-muat bekerja 100% dan alat angkut bekerja <100%.

3. Hasil dan Pembahasan

A. Sinkronisasi Alat Gali-Muat dan Alat Angkut

Penambangan material dilakukan dengan menggunakan kombinasi alat mekanis berupa alat gali-muat (Excavator CAT 320D) dan alat angkut (dump truck Mitsubishi HD 125 PS). Alat angkut dump truck Mitsubishi HD 125 PS memiliki kapasitas vessel sebesar 4,5m³ dengan panjang 5,715 m, lebar 2,295 meter dan tinggi 1,495 m. Jumlah alat angkut (dump truck Mitsubishi HD 125 PS) yang beroperasi di perusahaan sebanyak 2 unit, dan alat gali-muat (Excavator CAT 320D) sebanyak 1 unit, serta banyaknya pengisian tiap alat angkut sebesar 3 kali pengisian. Jadwal operasional (jam kerja) dilakukan dari hari Senin – Minggu dengan penerapan 1 shift kerja per hari dengan total waktu kerja 8 jam/ hari, sehingga waktu operasional dalam sehari yakni 7 jam/hari (Operasional-1 dan Operasional-2) yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Jam Kerja Perusahaan

Waktu	Jenis Kegiatan	Lama (Jam)
08.00-12.00	Operasional-1	4
12.00-13.00	Istirahat	1
13.00-16.00	Operasional-2	3
Total Jam Kerja		8

Proses aktivitas pemuatan material yang di lakukan di PT Modern Widya Tehnical ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Aktivitas Pemuatan Material.

Keserasian alat mekanis pada proses pengangkutan material bahan galian atau sinkronisasi alat gali muat dan alat angkut perlu dilakukan guna memperoleh efisiensi kerja dari kedua alat tersebut. Waktu edar dari alat gali muat dan alat angkut merupakan variabel penentu dalam mencari faktor keserasian terhadap hubungan dari kedua alat tersebut. Nilai waktu edar yang digunakan dari penelitian ini berupa

nilai rata-rata waktu edar alat gali muat sebesar 0,65 menit dan nilai rata-rata waktu edar dari alat angkut sebesar 5,88 menit dengan banyaknya proses pemuatan *bucket* yang dilakukan sebanyak 3 kali pengisian. Hasil perhitungan terhadap rata-rata dari waktu edar alat gali muat dan alat angkut yang merupakan data aktual diperoleh nilai faktor keserasian (*Match Factor*) sebesar 0,66 yang menunjukkan alat gali muat akan sering *standby*. Hal ini sesuai dengan observasi dilapangan bahwa alat gali muat sering menunggu alat angkut atau dikatakan jumlah alat angkut kurang, akibatnya alat gali muat menunggu sementara alat angkut sibuk dengan durasi waktu tunggu alat gali muat sebesar 2,29 menit.

Keserasian alat gali muat dan alat angkut setelah perbaikan dengan parameter nilai *Match Factor* (MF) aktual sebesar 0,66 dilakukan proses simulasi dengan penambahan dari alat gali muat dan atau alat angkut untuk menentukan keserasian dari alat gali muat dan alat angkut. Prose simulasi keserasian (sinkronisasi) pada alat gali muat dan alat angkut dilakukan sebanyak lima kali simulasi sehingga diperoleh simulasi-1 menunjukkan nilai MF sebesar 0,99 atau mendekati 1. Hasil simulasi tersebut dilakukan dengan menambahkan 1 unit alat angkut yang menjadi alternatif efektif untuk memaksimalkan kinerja alat mekanik dalam mendukung produktivitas pemindahan material pada PT Modern Widya Tehnical (Tabel 1).

B. Efisiensi Kerja Alat Gali-Muat dan Alat Angkut

Waktu kerja tersedia per hari sebesar 7 jam dan nilai rata-rata waktu hambatan yang diperoleh di lapangan untuk alat gali muat baik waktu hambatan dapat dihindari (Whd) dan waktu hambatan tidak dapat di hindari (Wtd) sebesar 1,92 jam sehingga diperoleh waktu kerja efektif alat gali muat sebesar 5,08 jam dengan nilai efisiensi kerja (Ek) sebesar 72,57 %. Sedangkan alat angkut memiliki nilai rata-rata waktu hambatan sebesar 1,4 jam dengan waktu kerja efektif alat angkut sebesar 5,6 jam dan nilai efisiensi kerja (Ek) sebesar 80 %. Nilai efisiensi kerja alat gali muat lebih rendah dari pada alat angkut seara aktual. Hal ini dikarenakan waktu hambatan yang dapat dihindari (Whd) dari alat gali muat yakni menunggu alat angkut (dump truck) yang rata-rata menghabiskan waktu 0,78 jam dalam sehari sehingga selisih waktu hambatan yang dapat di hindari sebesar 1,14 jam.

Nilai efisiensi kerja alat gali muat jika menggunakan waktu hambatan sebesar 1,14 jam diperoleh waktu efektif sebesar 5,86 jam dengan nilai efisiensi kerja dari alat gali muat sebesar

83,65% atau 84% (Tabel 2). Peningkatan nilai efisiensi kerja alat gali muat dapat dioptimalkan sebesar 11,08% jika waktu hambatan berupa menunggu alat angkut dapat dihindari dengan cara melakukan penambahan unit alat angkut,

walaupun penambahan alat angkut sering kali menjadi pertimbangan oleh pihak perusahaan karena berkaitan dengan biaya yang harus dikeluarkan.

Tabel 1. Simulasi Sinkronisasi Alat Gali Muat dan Alat Angkut

No	Simulasi	Nh (Unit)	Ctm (Menit)	Nm (Unit)	Cta (Menit)	Match Factor (MF)
1	Aktual	2	0,65	1	5,88	0,66
2	Simulasi-1 (Alat angkut ditambah 1 unit)	3	0,65	1	5,88	0,99
3	Simulasi-2 (Alat gali-muat ditambah 1 unit)	2	0,65	2	5,88	0,33
4	Simulasi-3 (Alat angkut dikurangi 1 unit dan alat gali muat ditambah 1 unit)	1	0,65	2	5,88	0,17
5	Simulasi-4 (Alat gali muat dan alat angkut masing-masing ditambah 1 unit)	3	0,65	2	5,88	0,5
6	Simulasi-5 (Alat alat angkut ditambah 2 unit)	4	0,65	1	5,88	1,33

Keterangan: Nh: Jumlah alat angkut; Ctm; Waktu edar alat gali muat; Nm: Jumlah alat gali muat; Cta: Waktu edar alat angkut

Efisiensi kerja alat angkut dengan adanya penambahan 1 unit alat angkut akan berdampak pada waktu kerja efektif dari alat angkut tersebut dan berhubungan juga dengan efisiensi kerja dari alat gali muat. Waktu hambatan aktual alat angkut sebesar 1,4 jam akan berkurang dengan penambahan 1 unit alat angkut (Match factor). Penambahan 1 unit alat angkut tidak dapat

memperkirakan secara akurat besaran waktu hambatan yang terjadi di lapangan terutama waktu hambatan yang tidak dapat dihindari sehingga untuk menentukan efisiensi kerja alat angkut setelah dilakukan penambahan dengan *margin error* yang digunakan sebesar 25% dari waktu hambatan aktual diperoleh waktu hambatan sebesar 1,15 jam.

Tabel 2. Nilai Efisiensi Kerja Alat Gali Muat dan Alat Angkut

No	Parameter	Alat Gali Muat		Alat Angkut	
		Sebelum (Aktual)	Setelah Efisiensi waktu	Sebelum	Setelah Efisiensi waktu
1	Wt (Jam)	7	7	7	7
2	Wtd+Whd (Jam)	1,92	1,14	1,4	1,15
3	We (Jam)	5,08	5,86	5,6	5,85
4	Ek (%)	72,57	83,65	80	83,57
Rasio Ek (%)		11,08		3,57	

Estimasi rasio efisiensi kerja dari alat gali muat dan alat angkut setelah dilakukan perhitungan waktu kerja efektif akan berkorelasi baik dengan nilai 0,08. Nilai tersebut

mengidentifikasi bahwa alat gali muat dan alat angkut berkerja dengan maksimal setelah dilakukan penambahan 1 unit alat angkut.

C. Produktivitas Alat Gali-Muat dan Alat Angkut

Alat gali muat (Excavator CAT 320D) memiliki kapasitas *bucket* sebesar 1,2 m³ dengan nilai Swell factor (Sw) yang digunakan sebesar 74% dengan fill factor sebesar 90% dan rata-rata waktu edar selama 39,6 detik atau 0,011 jam. Produktivitas alat gali muat yang dihitung berdasarkan dari nilai efisiensi kerja alat gali muat secara aktual sebesar 72,57% dan nilai efisiensi kerja yang telah mengalami perubahan terhadap

waktu hambatan yang dapat dihindari dari alat gali muat selama beroperasi dan bersinkronisasi dengan alat angkut sebesar 83,65%. Peningkatan nilai produktivitas alat gali muat sangat berpengaruh terhadap efisiensi kerja dari alat tersebut. Interval perubahan terhadap produktivitas alat gali muat sebesar 8,05 m³/jam sedangkan alat angkut sebesar 0,87m³/jam (Tabel 3).

Tabel 3. Produktivitas Alat Gali Muat dan Alat Angkut

Parameter	Sinkronisasi Produktivitas Alat			
	Alat Gali Muat		Alat Angkut	
	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah
Efisiensi kerja (%)	72,57	83,65	80	83,57
Produktivitas (m ³ /jam)	52,73	60,78	19,57	20,45
Rasio Produktivitas Alat (m ³ /jam)	8,05		0,87	

D. Kesimpulan

Hasil penelitian yang telah dilakukan perlu penambahan 1 unit alat angkut dump truck Mitsubishi HD 125 PS sehingga mendapatkan nilai efisiensi kerja alat gali-muat mengalami peningkatan efisiensi kerja alat gali-muat menjadi 11,08% dan alat angkut sebesar 3,57% sehingga berdampak pada sinkronisasi dari alat gali muat dan alat angkut yang mencapai berkisar 83-84% (efisiensi kerja) atau estimasi rasio efisiensi kerja alat gali muat dan alat angkut berkorelasi baik dengan nilai 0,08.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Industri dan Kebumihan, Universitas Sains dan Teknologi Jayapura dan PT Modern Widya Tehnical yang telah memfasilitasi dan mengizinkan penulis untuk melakukan penelitian serta seluruh pihak yang telah membantu sampai penelitian ini dapat diselesaikan.

Daftar Pustaka

Suwandi, Edy., Annisa, Annisa., & Putri, Karina Shella, 2022, Evaluasi produktivitas alat gali muat untuk material overburden di CV Gunung Sambung. *Jurnal Himasapta*, 7(2), 97, ISSN 2527-4619, Universitas Lambung Mangkurat.

Santoso, Eko, Sari, Nuri Pirnia, Putri, Karina Shella, & Mustofa, Adip, 2023, Aplikasi pendekatan metode probabilistik dalam menentukan match factor alat mekanis di PT Sinar Nirwana Sari, *Jurnal Himasapta*, vol. 8, No. 2, hal. 73, ISSN 2527-4619, Universitas Lambung Mangkurat.

Winarno E, Inmarlinianto, Suretno A., 2018, Kajian Teknis Produksi Alat Muat dan Alat Angkut pada Pengupasan Overburden Tambang Batubara di PT Mandiri Intiperkasa, Kalimantan Utara. *Jurnal Teknologi Pertambangan*, Vol. 4 No. 2, hal. 144–153.

Agung M, Wahab W, Firdaus F., 2021, Analisis Kebutuhan Alat Gali dan Angkut Pada Blok Ulin PT Indrabakti Mustika Kec. Langgikima

Kab. Konawe Utara. Geomining; Vol.1, No. 3, Hal. 79–88.

Wijaya AR, Mukiat D., 2019, Kinerja Alat Muat dan Angkut Pada Pengupasan Overburden PT Bumi Merapi Energi, *Jurnal Pertambangan*; Vol. 3, No. 4, Hal. 9–17.

Molaei, A, Kolu, A, Lahtinen, K and Geimer, M., 2023, Automatic estimation of excavator actual and relative cycle times in loading operations, *Automation in Construction*, Elsevier.

Ilham S, Rifandy A., 2020, Kajian Produksi Material Batuan Penutup (Overburden) Pada PT Kaltim Batumanunggal Kabupaten Kutai Kartanegara Kalimantan Timur, *Jurnal Geologi Pertambangan*, Vol. 26, No.2.

Indonesianto Y., 2014, Pemindahan Tanah Mekanis. Yogyakarta: Seri Tambang Umum, Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta.

Ilahi, RR, Ibrahim, E, & Swardi, FR, 2014, Kajian teknis produktivitas alat gali-muat (excavator) dan alat angkut (dump truck) pada pengupasan tanah penutup bulan September 2013 di pit 3 Banko Barat PT. Bukit Asam (Persero) TBK UPTE, *Jurnal Ilmu Teknik*, Vol. 2, No.3.

Oemati N, Revisdah R, Rahmawati R., 2020, Analisa Produktivitas Alat Gali Muat dan Alat Angkut Pada Pengupasan Lapisan Tanah Penutup (Overburden), *Bearing: Jurnal Penelitian dan Kajian Teknik Sipil*, UM-Palembang; Vol.6 No.3.



Analisis Faktor Penyebab Kecelakaan Kerja Pada Industri Pertambangan (Study Kasus Ledakan Tungku Smelter Pada PT ITSS Dalam PT IMIP)

Analysis of Factors Causing Work Accidents in the Mining Industry (Case Study of Smelter Furnace Explosion at PT ITSS in PT IMIP)

Naufal Alfaruqi Masyam^{1*}, Enni Tri Mahyuni², Andi Ilham Samanlangi³, Moh. Khaidir Noor⁴, A. Al Faizah Ma'rief⁵, Hedianto⁶, Tri Utomo Taliding⁷, Aris Munandar⁸
^{1,2,3,4,5,6,7,8} Teknik Pertambangan, Universitas Bosowa

*Korespondensi E-mail: naufalalfaruqimasyam@gmail.com

Abstrak

Pada saat itu peristiwa peleburan ini terjadi di PT Indonesia Thingshan Stainless Steel (ITSS) sekitar pukul 17.30 WITA, dengan melibatkan 18 orang, yang terdiri dari 10 orang karyawan Indonesia dan 8 orang karyawan asing. Dari ledakan ini, 33 karyawan lainnya juga mengalami pusing-pusing. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui faktor penyebab kecelakaan kerja pada industri pertambangan dalam kasus ini adalah menjabarkan kejadian yang terjadi di PT ITSS yang berkawasan di PT IMIP. Pada penelitian ini menggunakan metode literature review, dengan data dari Google Scholar menggunakan analisis HIRARC (Hazard Identification, Risk Assessment and Risk Control). Hasil penelitian menunjukkan bahwasanya dari kelima faktor tersebut yang paling mempengaruhi kecelakaan kerja yang terjadi di PT ITSS yang berkawasan di PT IMIP ini adalah faktor man dan faktor environment dimana terdapat kelalaian dalam menggunakan APD yang tidak sesuai standard sehingga mengalami beberapa orang tewas dan ditemukanya tenaga kerja asing yang tidak sesuai dengan kontrak dan tidak bisa berbahasa Indonesia sama sekali telah melanggar prosedur kerja kesulitan komunikasi, pelanggaran tersebut dapat mempersulit koordinasi kerja. Hal ini menyebabkan operasi tidak sesuai dengan protokol, yang berujung pada kecelakaan kerja.

Kata kunci: Faktor Kecelakaan Kerja, Pertambangan, PT ITSS, PT IMIP

Abstract

At that time the melting incident occurred at PT Indonesia Thingshan Stainless Steel (ITSS) at around 17.30 WITA, involving 18 people, consisting of 10 Indonesian employees and 8 foreign employees. From this explosion, 33 other employees also experienced dizziness. The purpose of this study was to determine the factors causing work accidents in the mining industry in this case is to describe the incident that occurred at PT ITSS which is located in PT IMIP. This study used the literature review method, with data from Google Scholar using HIRARC (Hazard Identification, Risk Assessment and Risk Control) analysis. The results of the study showed that of the five factors that most influenced the work accidents that occurred at PT ITSS which is located in PT IMIP were man factors and environmental factors where there was negligence in the use of PPE that did not meet standards so that several people died and foreign workers were found who did not comply with the contract and could not speak Indonesian at all had violated work procedures, communication difficulties, these violations can complicate work coordination. This causes operations not to comply with the protocol, which leads to work accidents.

Keywords: Work Accident Factors, Mining, PT ITSS, PT IMIP

1. Pendahuluan

Indonesia, salah satu negara penghasil nikel terbesar di dunia, diprediksi akan memiliki cadangan nikel tertinggi di dunia pada tahun 2022, yaitu sebesar 21 juta metrik ton. PT Indonesia Morowali Industrial Park (PT IMIP) yang berlokasi di Kecamatan Bahodopi, Kabupaten Morowali, Sulawesi Tengah, didirikan di Indonesia untuk mengelola nikel tersebut. PT IMIP adalah perusahaan yang membawahi sektor industri terpadu yang berpusat di sekitar nikel, stainless steel dan carbon steel sebagai produk utamanya. Pelabuhan dan bandara merupakan salah satu sektor yang menopangnya, bersama dengan

perusahaan-perusahaan yang memproduksi coal power plant, pabrik mangan, silicon, chrome, kapur, kokas, danlainnya. Selain itu, PT IMIP merupakan perusahaan nikel terbesar di Asia Tenggara, menyumbang hampir 50% dari total penjualan di Indonesia pada tahun 2018. Tercatat bahwa di dalam area PT IMIP, terdapat sekitar 40 perusahaan dengan jumlah karyawan yang mencapai lebih dari 46 miliar orang.

Dalam operasi pertambangan di Indonesia, yaitu di Morowali, Sulawesi Tengah, merupakan gambaran bagaimana sumber daya alam, seperti nikel, telah menarik minat komunitas

pertambangan dunia. PT IMIP, yang beroperasi di area seluas lebih dari 4.000 hektar, merupakan salah satu bisnis terbesar di daerah tersebut. Morowali merupakan sumber daya penting dalam industri alas kaki, tetapi aktivitas pertambangan ini juga berkontribusi terhadap degradasi lingkungan di lingkungannya (Delly et al., 2021). Hilangnya hutan primer dan lingkungan industri terkait dapat mengurangi kemampuan pohon untuk menyerap karbon dioksida dan menghasilkan rumput laut, sehingga meningkatkan risiko bencana alam yang sering terjadi di daerah ini. Ketika ada kerusakan terhadap lingkungan yang disebabkan oleh kegiatan pertambangan yang telah dilakukan di Morowali sudah masuk dalam operasi dengan tingkat yang berbahaya, dengan deforestasi dan degradasi ekosistem sehingga memperparah pada masalah banjir kedepannya. Pada saat sore hari, sinar matahari tidak lagi terhalang oleh pepohonan yang lapuk, menyebabkan udara dengan cepat bergerak ke permukaan dan menimbulkan malapetaka di wilayah sekitar. Mengancam sektor perikanan dan mengancam penduduk, banjir ini mempersulit para pencari rezeki termasuk juga nelayan. Menurut data yang dimiliki BNPB, Sulawesi Tengah mengalami 384 kasus kebutaan antara tahun 2002 dan April 2023. Tahun-tahun yang paling sering terjadi kebutaan adalah tahun 2020, 2021, dan 2022, dan pada tahun 2023, terdapat 11 kasus kebutaan di wilayah tersebut (Haryadi, 2023)

Setiap proyek konstruksi pasti mengharapkan “zero accident”, atau kecelakaan kerja yang tidak terjadi. Pemerintah memberikan penghargaan K3 kepada perusahaan konstruksi yang berhasil mencapai nihil kecelakaan kerja, yang dikenal dengan program Nihil Kecelakaan Kerja. Penghargaan ini diberikan dalam bentuk plakat dan piagam, yang diputuskan melalui surat keputusan yang dikeluarkan oleh Menteri Tenaga Kerja Republik Indonesia. Menerapkan atau mengimplementasikan HIRARC (Hazard Identification, Risk Assessment and Risk Control) yang telah dibuat dan ditetapkan oleh perusahaan pada proyek merupakan salah satu strategi pengendalian yang dapat dilakukan untuk mencapai Zero Accident.

Dalam hal ini PT IMIP Industry Group adalah perusahaan gabungan antara Bintang Delapan Group Indonesia dan Tsingshan Group yang berbasis di Tiongkok. Grup Thingsan adalah perusahaan terkemuka dalam industri pertambangan Nikel yang telah menggabungkan teknologi pertambangan yang canggih ke dalam teknologi yang ada saat ini dan yang paling mutakhir, dengan pengecualian Smelter. Smelter adalah sebuah mesin, yang juga disebut kiln atau gudang yang digunakan untuk mengeringkan dan menyinter biji pinang.

PT IMIP bekerja sama dengan PT Indonesia Thingsan Stainless (ITSS) untuk menggunakan teknologi dalam proses produksi; teknologi utama yang digunakan adalah Smelter. Pada tanggal 24 Desember 2023, terjadi kebakaran di smelter PT Indonesia Thingsan Stainless Stell (ITSS) sekitar pukul 17.30 WITA, dengan melibatkan 18 orang, yang terdiri dari 10 orang karyawan Indonesia dan 8 orang karyawan asing. Dari ledakan ini, tiga puluh tiga karyawan lainnya juga mengalami pusing-pusing. Adanya insiden tersebut menjadi hal yang menarik untuk dilakukan penelitian dengan menganalisis faktor penyebab kecelakaan kerja pada industri pertambangan khususnya kasus ledakan tungku smelter pada PT IMIP.

2. Metode

Penelitian ini menggunakan metodologi tinjauan literatur dan Google Scholar sebagai sumber datanya dan PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analysis). Studi literatur yang memenuhi kriteria inklusi terhadap lima referensi menjadi rujukan dalam menganalisis terjadinya tragedi kecelakaan kerja di PT IMIP.

Dalam identifikasi bahaya, penilaian risiko, dan pengendalian risiko, atau HIRARC, adalah sebuah proses yang dimulai dengan perencanaan dan bergerak melalui identifikasi bahaya. Pendekatan ini sangat membantu dalam memberikan panduan untuk menyelesaikan beberapa tugas K3 yang akan membantu mengatasi masalah yang dihadapi perusahaan (Ihsan et al., 2017). HIRARC terdiri dari beberapa prosedur untuk identifikasi bahaya, penilaian risiko, dan pengendalian. Mengklasifikasikan jenis pekerjaan, mendefinisikan jenis bahaya, penilaian risiko, dan menghasilkan peringkat risiko adalah empat fase yang membentuk HIRARC ini (Suhardi et al., 2018). Dalam OHSAS 18001:2007 menyatakan bahwa ada tiga tahap dalam HIRARC: mengidentifikasi bahaya, mengendalikan risiko, dan mengontrol risiko (Putri & Trifiananto, 2019).

Tabel 1. Risk Assessment Matrix

Probabil y/ likelihoo d of hazard	Severity of Hazard				
	Insignifica nt	Mino r	Moderat e	Majo r	Catastropi c
Rare	1	2	3	4	5
Unlikely	2	4	6	8	10
Possible	3	8	9	12	15
Likely	4	6	12	16	20
Almost Certain	5	10	15	20	25

Sumber : Ramli, 2010

Tabel 2. Indication of Risk Level

Risk Level	
1 - 2	Low
3 - 6	Medium
7 - 12	High
Lebih dari 12	Extreme

Sumber : Ramli, 2010

3. Hasil dan Pembahasan

PT IMIP memiliki komitmen yang teguh untuk memastikan bahwa PT ITSS mematuhi peraturan K3 (kesehatan dan keselamatan kerja). Beberapa peraturan perundang-undangan telah memodifikasi standar yang berkaitan dengan etika dan keselamatan kerja. Ini termasuk Undang-Undang No. 1 tahun 1970 tentang Etika Kerja, Undang-Undang No. 13 tahun 2003 tentang Keselamatan Kerja, dan berbagai Peraturan Wajib.

Dalam hal ini menunjukkan bahwa peraturan keselamatan dan kesehatan kerja berfungsi sebagai tolok ukur yang diperlukan untuk menjamin dan melindungi kesehatan dan keselamatan karyawan dengan mencegah penyakit dan kecelakaan di tempat kerja. Ada kemungkinan lebih sedikit kecelakaan kerja jika peraturan K3 ditegakkan secara efektif dan lengkap. Dengan mengikuti peraturan K3, para pekerja dapat menjamin hak mereka atas keamanan dan keselamatan saat menjalankan tugas mereka. Di sisi lain, PT IMIP lalai dalam hal ini, karena seharusnya menjamin bahwa peraturan K3 diterapkan dengan benar untuk melindungi hak-hak pekerja atas keamanan dan keselamatan. Situasi ini semakin diperparah dengan kecerobohan PT ITSS dalam menerapkan K3, yang berujung pada meledaknya

tungku peleburan dan kaburnya PT IMIP - padahal PT IMIP bertanggung jawab untuk mengawasi operasi ini. Unsur tanggung jawab tidak hanya dibebankan kepada PT ITSS. Selain itu, PT IMIP tidak memenuhi kewajibannya untuk menjamin bahwa PT ITSS, yang beroperasi di kawasan industrinya, secara legal dan akurat mengikuti peraturan K3. Dampaknya sistem keamanan dan keselamatan pada tempat kerja tidak optimal.

Sesuai dengan persyaratan Undang-Undang Ketenagakerjaan, Undang-Undang Keselamatan Kerja, dan Peraturan Menteri Tenaga Kerja No. PER.08/MEN/VII/2010 tentang Alat Pelindung Diri, semua pekerja dan pengunjung di tempat kerja harus memiliki akses ke APD yang diperlukan. APD yang disediakan untuk PT ITSS, sebuah industri di bidang yang berbahaya, juga harus berkualitas tinggi dan memenuhi standar untuk mengurangi kemungkinan terjadinya kecelakaan kerja, terutama bagi karyawan yang berada di dekat tungku peleburan.

Melihat dari jurnal kutipan di atas ada beberapa point dimana selain dari K3 dan APD yang kurang efektif ada beberapa faktor juga yakni:

1. Faktor Manusia dimana meliputi Tidak Menggunakan APD, Pekerja Merokok, Kurang Terampil dan Lalai dan Kelelahan Kerja;
2. Faktor Mesin dimana seperti Peralatan yang rusak;
3. Faktor Metode yang Tidak Dilakukan Pemeriksaan Alat;
4. Faktor Material seperti Lalai dalam Mencampurkan Material, dan;
5. Faktor Lingkungan seperti Lingkungan yang Tidak Aman bagi para pekerja.

Dari hal itu berikut adalah beberapa penelitian:

Tabel 3. Hasil beberapa Jurnal dalam Faktor Penyebab Terjadinya Risiko Kecelakaan Kerja

Penulis	Lokasi	Judul	Metode	Temuan
(Ramadhan, 2017)	Indonesia	Analisis Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) menggunakan metode Hazard Identification Risk Assessment and Risk Control (HIRARC)	Cross Sectional	Penggunaan APD, material
(Primasari et al., 2016)	Indonesia	Penerapan Hazard Identification Risk Assessment and Risk Control (Hirarc) Sebagai Pengendalian Potensi Kecelakaan Kerja Di Bagian Produksi Body Bus Pt. X Magelang	Purposive Sampling (kualitatif)	Pekerja lalai, tidak menggunakan APD
(Suhardi et al., 2018)	Indonesia	Analysis of potential work accidents using hazard identification, risk assessment and risk control (HIRARC)	Cross Sectional	Pekerja tidak menggunakan APD

method				
(Ihsan et al., 2017)	Indonesia	Analisis Risiko K3 Dengan Metode Hirarc Pada Area Produksi Pt Cahaya Murni Andalas Permai	Cross Sectional	Kemampuan yang tidak memadai, penggunaan APD yang buruk, kelelahan, bahan dan peralatan, lingkungan, dan pelatihan yang tidak memadai
(Ahmad et al., 2016)	Malaysia	Hazard Identification, Risk Assessment and Risk Control (HIRARC) Accidents at Power Plant	Cross Sectional	Tenaga kerja yang kurang terampil dan tidak ada pemeriksaan mesin

Sumber : Penelitian Terdahulu diolah pada 07-09-2024

Dalam hal ini bisa di katakan masalahnya hingga kejadian ledakan tungku peleburan, APD yang digunakan tidak mengalami perubahan. Pada saat kecelakaan kerja PT. IMIP, para karyawan tidak menggunakan APD yang sesuai saat bekerja di depan tungku peleburan. Para karyawan hanya terlihat di kamera pengawas CCTV (mengenakan pakaian kerja sehari-hari dari PT. IMIP). Banyak orang yang tewas akibat tidak memiliki perlindungan tubuh yang cukup. Selain itu, perusahaan tidak mengirimkan ambulans ke lokasi kejadian, yang menyebabkan para korban terlambat mendapatkan pertolongan pertama. Menurut rekaman yang menjadi viral di media sosial, para korban hanya diantar oleh kendaraan komersial (truk, pikap, dll). Sebelum mengeluarkan izin pertambangan, pemerintah daerah Sulawesi Barat harus mempertimbangkan keselamatan operasional perusahaan selain keselamatan karyawannya, khususnya di PT IMIP. Pemerintah daerah memiliki tanggung jawab untuk mengawasi dan memantau penggunaan alat pelindung diri (APD) dan alat-alat perusahaan selama proses operasional bisnis, terutama di area yang berisiko terhadap keselamatan pekerja, selain memberikan perhatian yang seksama pada saat penerbitan izin.

Selain masalah APD, PT ITSS juga menghadapi tantangan terkait penggunaan tenaga kerja asing. Dalam kasus ledakan di smelter ITSS, Kementerian Perindustrian menemukan bahwa tenaga kerja asing yang tidak sesuai dengan kontrak dan tidak bisa berbahasa Indonesia sama sekali telah melanggar prosedur kerja. Karena kesulitan komunikasi, pelanggaran tersebut dapat mempersulit koordinasi kerja. Hal ini menyebabkan operasi tidak sesuai dengan protokol, yang berujung pada kecelakaan kerja.

4. Kesimpulan

Faktor yang paling mempengaruhi kecelakaan kerja yang terjadi di PT IMIP berupa faktor *human error (man)* dan faktor *environment*. Indikasi kelalaian dalam penggunaan APD yang tidak sesuai standard mengakibatkan beberapa orang tewas akibat tidak memiliki perlindungan tubuh yang cukup. Hal ini menyebabkan operasi tidak sesuai dengan protokol, yang berujung pada kecelakaan kerja.

Ucapan Terimakasih

Pada kesempatan ini tidak lupa saya mengucapkan terimakasih yang sebesar besarnya kepada Universitas Bosowa khususnya Teknik Pertambangan, institusi-institusi yang telah membantu pelaksanaan penelitian ini. Penghargaan yang sebesar-besarnya saya berikan kepada mereka semua yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu begitu juga untuk keluarga saya.

Daftar Pustaka

- Ahmad, A. C., Zin, I. N. M., Othman, M. K., & Muhamad, N. H. (2016). Hazard Identification, Risk Assessment and Risk Control (HIRARC) Accidents at Power Plant. *MATEC Web of Conferences*, 66, 1–6. <https://doi.org/10.1051/mateconf/2016660105>
- Delly, J., Mizuno, K., Soesilo, T. E. B., & Gozan, M. (2021). The Seawater Heavy Metal Content of the Mining Port Close to the Residential Area in the Morowali District. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 940(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/940/1/012019>

- Haryadi. (2023). *Mengungkap Dampak Buruk Kerusakan Lingkungan di Balik Kekayaan Nikel Morowali*. Kompasiana. <https://doi.org/https://www.kompasiana.com/haryadiari6212/6486e04608a8b536240ca452/mengungk%20ap-dampak-buruk-kerusakan-lingkungan-di-balik-kekayaan-nikel%20morowali#:~:text=Kerusakan%20lingkungan%20yang%20disebabkan%20oleh,air%20dan%20mengatur%20aliran%20sungai>
- Ihsan, T., Edwin, T., & Octavianus Irawan, R. (2017). Analisis Risiko K3 Dengan Metode Hirarc Pada Area Produksi Pt Cahaya Murni Andalas Permai. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Andalas*, 10(2), 179–185. <https://doi.org/10.24893/jkma.v10i2.204>
- Primasari, D. A., Denny, M. H., & Ekawati. (2016). Penerapan Hazard Identification Risk Assessment and Risk Control (HIRARC) sebagai Pengendalian Potensi Kecelakaan Kerja di Bagian Produksi Body Bus PT. X Magelang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 4(1), 2356–3346. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jkm>
- Putri, R. N., & Trifiananto, M. (2019). Analisa Hazard Identification Risk Assessment and Risk Control (HIRARC) pada Perguruan Tinggi yang Berlokasi di Pabrik. *Digital Repository Universitas Jember*, September 2019, 2019–2022.
- Ramadhan, F. (2017). Analisis Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) menggunakan metode Hazard Identification Risk Assessment and Risk Control (HIRARC). *Seminar Nasional Riset Terapan*, November, 164–169.
- Ramli, S. (2010). *Pedoman praktis manajemen risiko dalam perspektif k3 OHS risk management* (M. Diani (ed.)). Jakarta: Dian Rakyat. <https://doi.org/https://elibrary.bsi.ac.id/readbook/204822/pedoman-praktis-manajemen-risiko-dalam-perspektif-k3-ohs-risk-management>
- Suhardi, B., Laksono, P. W., Ayu, V. E. A., Mohd.Rohani, J., & Ching, T. S. (2018). Analysis of the potential Hazard Identification and Risk Assessment (HIRA) and Hazard Operability Study (HAZOP): Case study. *International Journal of Engineering and Technology(UAE)*, 7(3), 1–7. <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i3.24.17290>
- Undang-Undang Republik Indonesia. (2003). *Tentang Ketenagakerjaan (No 13 Tahun 2003)*. Sekretariat Negara: Indonesia.
- Peraturan Menteri Ketenagakerjaan. (2010). *Tentang Alat Pelindung Diri (No PER.08/MEN/VII/2010)*. Sekretariat Negara: Indonesia.
- PT IMIP. (Online). *Tentang Indonesia Morowali Industrial Park*. Tersedia di <https://imip.co.id/page.php?slug=tentang-kami> diakses pada 08 September 2024.
- Media Nikel Indonesia. (Online). *IMIP Perusahaan Nikel Terbesar Nasional hingga Asia Tenggara*. Tersedia di <https://nikel.co.id/2024/01/10/imip-perusahaan-nikel-terbesar-nasional-hingga-asia-tenggara/#:~:text=NIKEL.CO.ID%2C%20JAKARTA,tahan%20karat%20dan%20baja%20karbon> diakses pada 08 September 2024.
- Mongabay. (Online). *Evaluasi Standar Keselamatan Kerja di Kawasan Industri IMIP*. Tersedia di <https://www.mongabay.co.id/2023/12/29/evaluasi-standar-keselamatan-kerja-di-kawasan-industri-pt-imip/> diakses pada 08 September 2024.
- Kompas id. (Online). *Menteri Perindustrian: Smelter Morowali Langgar Prosedur*. Tersedia di <https://www.kompas.id/baca/ekonomi/2024/01/03/kementerian-perindustrian-temukan-adanya-pelanggaran-prosedur-kerja-pada-kasus-ledakan-smelter-%20morowali> diakses pada 08 September 2024

Analisis Balik Stabilitas Lereng *Disposal* IPD (In Pit Dump) Utama *Seam C* pada area *Pit B* Selatan PT. Mifa Bersaudara, Aceh

(*Back Analysis of Slope Stability Disposal's IPD (In Pit Dump) Utama Seam C in the South Pit B area PT. Mifa Bersaudara, Aceh*)

Fikram Khaykal Lazuardi^{1*}, Supandi Sujatono², Bayurohman Pangacella Putra³
^{1,2,3}Program Studi Teknik Pertambangan, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

* Korespondensi E-mail: fikramkhaykal@gmail.com

Abstrak

Pada lereng IPD Utama *Seam C* hasil data yang telah tervalidasi melalui pendekatan metode SPT menunjukkan hasil $FK = 4.388$, hal ini belum memenuhi syarat analisis balik. Hasil data analisis balik menunjukkan nilai $FK = 0.968$ dengan perubahan sifat material timbunan seperti *unit weight*, *friction angle*, dan *cohesion* yang sangat signifikan, hal ini memberikan pengaruh besar terhadap faktor keamanan lereng, perubahan terbesar terdapat pada perubahan *cohesion*. Hasil data evaluasi didasari dengan memasukkan parameter hasil analisis balik menggunakan geometri setelah longsor, dan menunjukkan nilai $FK = 1.018$.

Kata kunci: *Disposal*, Analisis Balik, Stabilitas Lereng, Observasi Lapangan, Standard Penetration Test.

Abstract

On the slopes of IPD Utama Seam C, the results of the data that have been validated through the SPT method approach show the results of $FK = 4,388$, this does not meet the requirements for back analysis. The results of the back analysis data show that the value of $FK = 0.968$ with changes in embankment material properties such as unit weight, friction angle, and cohesion which are very significant, this has a big influence on the slope safety factor, the biggest change is in the change in cohesion. The results of the evaluation data are based on entering the parameters of the back analysis using geometry after the landslide, and show the FK value = 1.018.

Keywords: *Embankment, Back Analysis, Slope Stability, Field Observations, Standard Penetration Test Method.*

1. Pendahuluan

Permasalahan yang harus dihadapi oleh PT. Mifa Bersaudara, yaitu telah mengalami kelongsoran pada lereng tersebut sehingga mengakibatkan penurunan terhadap lereng dengan tingkat radius tertinggi, yaitu RL 40 sampai RL 25. Kelongsoran ini terjadi pada tanggal 16 maret 2021 yang sebelumnya telah mengalami hujan yang cukup lebat sampai sehabian penuh. Hal ini menjadikan indikasi bahwa salah satu faktor utama, yaitu karena disebabkan oleh tingkat kejenuhan yang sangat tinggi pada lereng tersebut. Terdapat beberapa faktor lainnya, yaitu adanya bidang yang lemah pada dasar timbunan (Andiliani, 2018).

Dalam menangani kelongsoran yang terjadi, maka akan dilakukan analisis balik pada lereng *disposal* yang telah mengalami kelongsoran dalam mengatasi kelongsoran yang terjadi di PT. Mifa Bersaudara.

2. Metode

Lokasi penelitian (Gambar 1) ini berada di daerah Peunaga Cut Ujong, Meureubo, Kabupaten Aceh Barat, tepatnya di PT Mifa

Bersaudara Unit Pertambangan Meulaboh, Aceh pada bulan Maret 2021 sampai bulan Juni 2021. Kegiatan penelitian ini dapat dilakukan melalui pengamatan secara langsung di lapangan dan pengumpulan informasi dari para ahli/praktisi pertambangan yang bekerja pada lokasi penelitian, selain itu penelitian ini juga menggunakan beberapa literatur, baik berupa buku maupun jurnal penelitian terdahulu yang berkaitan dengan judul penelitian. Berikut merupakan klasifikasi data-data yang akan dimasukan kedalam penelitian berdasarkan data primer dan data sekunder:

1. Data Primer

Berikut merupakan data-data primer yang akan didapatkan baik secara melakukan pengujian, wawancara dan observasi ataupun pengamatan langsung di lapangan:

- Bench Mapping Information*
- Investigation Information*
- Pengujian Standard Penetration Test
- Foto Lapangan

2. Data Sekunder

3. Mempersiapkan data geometri lereng dari peta sayatan sebelum untuk analisis sebelum analisis balik dan analisis pada saat analisis balik dan sesudah terjadinya longsor untuk mengevaluasi pasca-longsor.
4. Masukan sayatan a-a' sebelum terjadinya kelongsoran dan litologi penyusun lereng serta *material properties* awal sudah divalidasi menggunakan uji SPT (dapat dilihat pada (Tabel 2)), kedalam *software slide 6.0*.
5. *Add distributed load* atau beban eksternal pada lereng tersebut.

Dalam menambahkan *distributed load* didasari dari perhitungan beban alat (Arif, 2016), yang beraktivitas pada lereng yang telah mengalami kelongsoran, aktivitas tersebut berada pada RL 25 dan RL 40. Nilai beban alat yang beraktivitas di lereng *disposal* adalah 131.0038 kN/m²

6. *Groundwater Modeling and Analysis*

3. Hasil dan Pembahasan

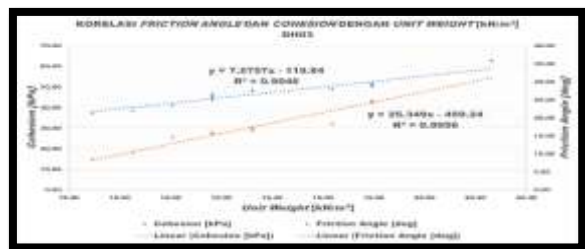
Dari data kegiatan observasi di lapangan mulai dari lereng yang telah mengalami kelongsoran pada RL 40 sampai RL0 akan diketahui terlebih dahulu penyelidikan dilapangan sebelum melakukan analisis balik (Burns, 2015). Dalam melakukan analisis balik, maka dilakukan suatu kegiatan di lapangan dalam mendukung tahap proses analisis balik (sakurai, 2017). Pada (Gambar 3) merupakan peta batasan lokasi longsor berupa data informasi kegiatan *bench mapping* yang terhimpun pada peta yang menjelaskan terkait kondisi aktual pasca kelongsoran terjadi. Informasi yang diberikan pada peta tersebut adalah terkait *sebaran crack* (garis warna merah), arah dari *crack* (garis tegas warna cyan), pola kelongsoran (garis melengkung warna kuning), zona kelongsoran (garis tegas warna hijau), dan mahkota *crack* pada zona lereng *disposal* (garis melingkar warna ungu). Pada lereng *disposal* IPD Utama *seam C* zona kelongsoran yang memiliki tingkat keparahan yang fatal terdapat pada lokasi RL 40 dan RL 25. Pada lereng *disposal* IPD utama yang telah mengalami kelongsoran rata-rata mengarah ke arah Timur-Tenggara. Pada lereng *disposal*/RL 40 memiliki arah *crack* rata-rata yaitu searah dengan pergerakan lereng sedangkan pada RL 25 memiliki arah berlawanan dengan lereng, hal ini dapat diindikasikan bahwa pada saat terjadinya longsor di lokasi IPD Utama *seam C* telah terjadi perlawanan antara gaya dorong yang berasal dari RL 40 dengan gaya penahan yang berasal dari RL 25 (Liong, 2012), akan tetapi karena kuatnya gaya dan energi yang diberikan dari atas dan lemahnya gaya penahan pada RL 25 yang merupakan *hauling road* bagi aktivitas jalan tambang, hal ini

Hasil permodelan *Ground Water Modeling* dibantu dengan menggunakan metode *steady state groundwater* (Supandi Sujatono, 2021).

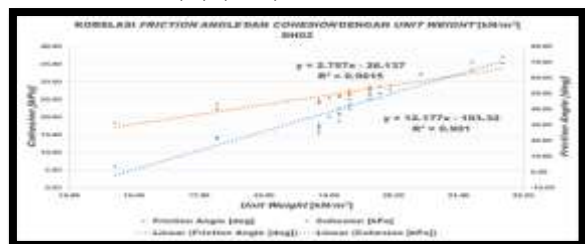
7. Menentukan area lokasi yang akan di analisis pada Lereng *Disposal* yang telah mengalami kelongsoran.
8. Menganalisa Lereng Sebelum Analisis Balik terhadap geometri sebelum terjadinya longsor
9. Mengubah Material Properties Seperti *Unit weight, Cohesi, dan Friction Angle* dan menganalisa Lereng Pada Proses Analisis Balik terhadap geometri sebelum terjadinya longsor sampai $FK < 1$
10. Melakukan Perbandingan Parameter Geoteknik Awal Tervalidasi dengan Parameter Geoteknik Hasil Analisis Balik
11. Memastikan dan Mengevaluasi Parameter Hasil Analisis Balik Kedalam Geometri Pada Sayatan Setelah Terjadinya Longsor Sampai Memenuhi Persyaratan

menjadikan sebagai dasar dari titik radius untuk melakukan analisis balik berdasarkan *slip surface* terhadap *displacement* lereng pada titik radius bawah yang berlokasi pada RL 15 sedangkan untuk titik radius atas berada pada lokasi RL 40.

Dari hasil perhitungan nilai korelasi N-SPT berupa *Unit Weight* (γ) (kN/m³), *Friction Angle* (ϕ) (°) *Cohesion* (c) (kPa) tersebut akan digunakan sebagai nilai *material properties* awal yang telah tervalidasi dalam melakukan analisis balik terhadap lereng yang telah mengalami kelongsoran. Berikut merupakan diagram *scatter* terkait hubungan antara 3 variabel tersebut yang dapat dilihat pada (Gambar 4) dan (Gambar 5).



Gambar 4. Hubungan Antara *Unit Weight* (γ) (kN/m³) Dengan *Friction Angle* (ϕ) (°) Dan *Cohesion* (C) (kPa) Pada Titik Bor DH03



Gambar 5. Hubungan Antara *Unit Weight* (γ) (kN/m³) Dengan *Friction Angle* (ϕ) (°) Dan *Cohesion* (C) (kPa) Pada Titik Bor DH02

Pada Diagram *Scatter* dalam analisis *Regression Statistics* diatas menunjukkan bahwa hubungan nilai *material properties* titik bor DH03 dan DH02 memiliki nilai koefisien determinasi yang dapat diterangkan oleh variasi *Unit Weight* (γ) (kN/m^3) atau dapat diartikan bahwa dari *Friction Angle* (ϕ) ($^\circ$) dan *Cohesion* (c) (kPa)

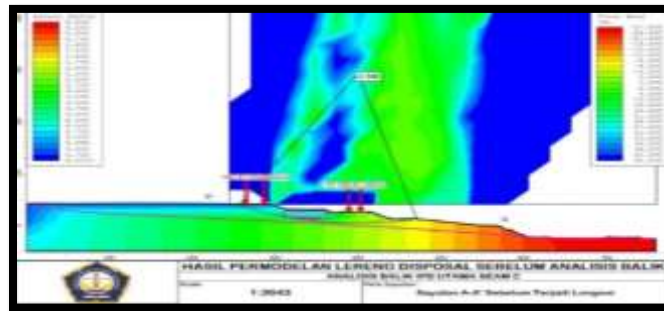
dipengaruhi oleh *Unit Weight* (γ) (kN/m^3). Langkah selanjutnya adalah mengkorelasikan stratigrafi dan membuat rata-rata nilai *material properties* terhadap kedua titik bor tersebut. yang dapat dilihat pada (Tabel 1).

Tabel 1. Korelasi Data Nilai *Material Properties* Antara Lokasi DH03 dan DH02

No	Input Material Properties Tervalidasi				
	DH02	DH03	Kesimpulan		
	N-SPT Terkoreksi	N-SPT Terkoreksi	<i>Unit Weight</i> [kN/m^3]	<i>Cohesion</i> [kPa]	<i>Friction Angle</i> [deg]
Lapisan 1	21	15	20.7	66.6	34.6
Lapisan 2	1		15.7	10.2	18.4
Lapisan 3	8	8	19.2	32.7	26.7
Lapisan 4	23		21.7	84.8	35.3
Lapisan 5	10		19.6	46.4	28.6
Lapisan 6	8 6	5 4	18.9	25	23.5
Lapisan 7	12 10	11 11	19.8	46.8	29
Lapisan 8	4		17.3	22.3	23.7
Lapisan 9	18 9		20.4	62.1	32.3
Lapisan 10		7 7 7	19.2	30.7	26.1
Lapisan 11	4 4		17.3	21.2	22.3
Lapisan 12	8 6		19	28.9	24.8
Lapisan 13	11 9 7	10 11 11	19.5	39.3	27.6
Lapisan 14	9 6 6	8	19	29.3	25.5
Lapisan 15	10	11	19.7	46.4	28.6
Lapisan 16	8	7 7	19.2	31.8	26.4

Tabel 2. Parameter *Material Properties* Awal Pada Lereng *Disposal* Setelah Validasi Data

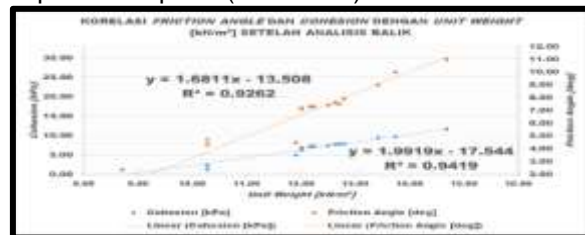
Property	Color	Strength Type	<i>Unit Weight</i> [kN/m^3]	<i>Cohesion</i> [kPa]	<i>Friction Angle</i> [deg]	Water Surface
Lapisan 1		<i>Mohr-Coulomb</i>	20.74	66.55	34.6	<i>Steady State</i>
Lapisan 2		<i>Mohr-Coulomb</i>	15.71	10.22	18.4	<i>Steady State</i>
Lapisan 3		<i>Mohr-Coulomb</i>	19.24	32.7	26.72	<i>Steady State</i>
Lapisan 4		<i>Mohr-Coulomb</i>	21.68	84.8	35.3	<i>Steady State</i>
Lapisan 5		<i>Mohr-Coulomb</i>	19.64	46.4	28.6	<i>Steady State</i>
Lapisan 6		<i>Mohr-Coulomb</i>	18.91	25.03	23.48	<i>Steady State</i>
Lapisan 7		<i>Mohr-Coulomb</i>	19.79	46.8	28.95	<i>Steady State</i>
Lapisan 8		<i>Mohr-Coulomb</i>	17.28	22.3	23.7	<i>Steady State</i>
Lapisan 9		<i>Mohr-Coulomb</i>	20.42	62.1	32.3	<i>Steady State</i>
Lapisan 10		<i>Mohr-Coulomb</i>	19.2	30.67	26.08	<i>Steady State</i>
Lapisan 11		<i>Mohr-Coulomb</i>	17.28	21.24	22.3	<i>Steady State</i>
Lapisan 12		<i>Mohr-Coulomb</i>	19.01	28.85	24.8	<i>Steady State</i>
Lapisan 13		<i>Mohr-Coulomb</i>	19.52	39.3	27.57	<i>Steady State</i>
Lapisan 14		<i>Mohr-Coulomb</i>	19.01	29.3	25.5	<i>Steady State</i>
Lapisan 15		<i>Mohr-Coulomb</i>	19.71	46.4	28.55	<i>Steady State</i>
Lapisan 16		<i>Mohr-Coulomb</i>	19.16	31.8	26.4	<i>Steady State</i>



Gambar 6. Hasil Permodelan Lereng Disposasi Sebelum Analisis Balik

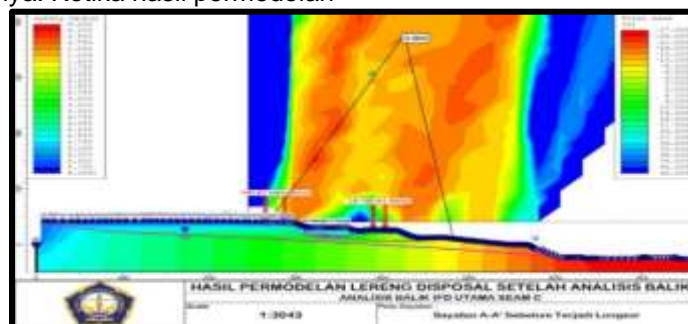
Pada tahap analisa lereng sebelum analisis balik akan dilakukan dengan menggunakan *software slide 6.0* menggunakan *limit equilibrium method* dengan model tanah yang dipilih yaitu model Mohr-Coulomb (Hardiyatmo, H. C, 2012). Hasil Permodelan dan hasil FK sebelum analisis balik dapat dilihat pada (Gambar 6). Hasil ini menunjukkan kondisi aman dari penilaian sebelumnya dan stabilitas yang terlalu tinggi atau sangat besar pada hasil ini yang mempunyai $FK=4.388$. Berdasarkan penggambaran di lapangan hal ini memberikan suatu gambaran pada kondisi lapangan dimana lereng dalam keadaan stabil, Seharusnya pada kondisi lereng sebelum longsor menggambarkan kondisi lereng dalam keadaan kritis untuk beberapa waktu sebelum longsor terjadi, sementara bidang *slip* selalu melebihi titik lepas terhadap kondisi kegagalan lereng di lapangan, maka dari itu nilai *material properties* yang lebih sesuai untuk material tersebut diperoleh dengan menggunakan proses analisis balik yang diamati mewakili situasi selama longsor berdasarkan ketidakstabilan lereng untuk menyesuaikan dengan keadaan dan kondisi lapangan, jika $FK > 1$ maka ubah ketiga *material properties* (*Unit Weight*, *Friction Angle*, *Cohesion*) sampai $FK < 1$ (Sakurai, 2017). Dalam melakukan perubahan *material properties*, diawali dengan mengukur sudut berdasarkan *radius* terhadap *slip surface* yang sudah ditentukan berdasarkan *circle* di titik bawah sampai titik atas yang dapat dilihat pada (Gambar 2). ketika sudah mendapatkan sudut antara titik radius pada *circle* di titik atas dan bawah, kemudian ubah *Friction Angle* menyesuaikan sudut titik radius *circle* yang telah diukur sebelumnya. Ketika hasil permodelan

$FK > 1$ (dapat dilihat pada (Gambar 6), ada kemungkinan harus mengubah parameter selanjutnya dengan mengubah nilai *Cohesion* dan *Unit Weight* menggunakan metode *sensitivity analysis* untuk membantu mempertimbangkan perubahan nilai parameter tersebut. Perubahan FK menyesuaikan dengan hasil analisis di lapangan sampai $FK < 1$. Berikut merupakan hasil analisa penyesuaian 3 parameter *material properties* menggunakan model *chart scatter* yang dapat dilihat pada (Gambar 7).



Gambar 7. Hubungan Antara *Unit Weight* (γ) (kN/m^3) Dengan *Friction Angle* (ϕ) ($^\circ$) Dan *Cohesion* (C) (kPa) Pada Hasil Material Properties Analisis Balik.

Ketika $FK < 1$ maka hasil analisis balik sudah di dapatkan dengan *output* parameter geoteknik yang baru berupa nilai (*Unit Weight*, *Friction Angle*, *Cohesion*). Berikut merupakan hasil permodelan dan hasil FK sesudah analisis balik yang dapat dilihat pada (Gambar 8), yang menunjukkan konsistensi kemiringan setelah proses analisis balik (Sakurai, 2017)., sedangkan faktor stabilitas lereng ditemukan sebesar $FK=0.968$ pada saat terjadinya longsor. Hasil parameter geoteknik analisis balik dapat dilihat pada (Tabel 3).



Gambar 8. Hasil Analisa Balik Permodelan Lereng Disposasi.

Tabel 3. Parameter *Material Properties* Analisis Balik Pada Lereng Disposal

Property	Color	Strength Type	Unit Weight [kN/m ³]	Cohesion [kPa]	Friction Angle [deg]	Water Surface
Lapisan 1		Mohr-Coulomb	13.74	9.74	10	Steady State
Lapisan 2		Mohr-Coulomb	8.71	1.22	0.4	Steady State
Lapisan 3		Mohr-Coulomb	12.24	7.24	7.3	Steady State
Lapisan 4		Mohr-Coulomb	14.68	11.68	11	Steady State
Lapisan 5		Mohr-Coulomb	12.64	7.74	7.6	Steady State
Lapisan 6		Mohr-Coulomb	11.91	5.03	4.48	Steady State
Lapisan 7		Mohr-Coulomb	12.79	7.89	7.9	Steady State
Lapisan 8		Mohr-Coulomb	10.28	2.3	4.7	Steady State
Lapisan 9		Mohr-Coulomb	13.42	9.42	9	Steady State
Lapisan 10		Mohr-Coulomb	12.2	7.2	7.3	Steady State
Lapisan 11		Mohr-Coulomb	10.28	1.24	4.3	Steady State
Lapisan 12		Mohr-Coulomb	12.01	6.85	7.1	Steady State
Lapisan 13		Mohr-Coulomb	12.5	7.5	7.4	Steady State
Lapisan 14		Mohr-Coulomb	12.01	6.3	7.2	Steady State
Lapisan 15		Mohr-Coulomb	12.71	7.8	7.5	Steady State
Lapisan 16		Mohr-Coulomb	12.16	7.16	7.3	Steady State

Setelah mengetahui faktor keamanan dan *material properties* antara nilai hasil sebelum analisis balik dengan nilai hasil setelah analisis balik, langkah selanjutnya yaitu membandingkan nilai parameter *material properties* antara keduanya, yang dapat dilihat pada Tabel 4.

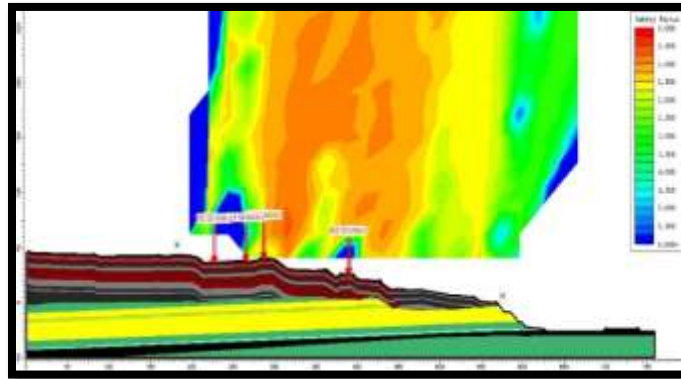
Tabel 4. Perbandingan *Material Properties* Sebelum dan Sesudah Analisis Balik

Property	Color	γ [kN/m ³] Sebelum	γ [kN/m ³] Sesudah	C [kPa] Sebelum	C [kPa] Sesudah	ϕ (°) Sebelum	ϕ (°) Sesudah
Lapisan 1		20.74	13.74	66.55	9.74	34.6	10
Lapisan 2		15.71	8.71	10.22	1.22	18.4	0.4
Lapisan 3		19.24	12.24	32.7	7.24	26.72	7.3
Lapisan 4		21.68	14.68	84.8	11.68	35.3	11
Lapisan 5		19.64	12.64	46.4	7.74	28.6	7.6
Lapisan 6		18.91	11.91	25.03	5.03	23.48	4.48
Lapisan 7		19.79	12.79	46.8	7.89	28.95	7.9
Lapisan 8		17.28	10.28	22.3	2.3	23.7	4.7
Lapisan 9		20.42	13.42	62.1	9.42	32.3	9
Lapisan 10		19.2	12.2	30.67	7.2	26.08	7.3
Lapisan 11		17.28	10.28	21.24	1.24	22.3	4.3
Lapisan 12		19.01	12.01	28.85	6.85	24.8	7.1
Lapisan 13		19.52	12.5	39.3	7.5	27.57	7.4
Lapisan 14		19.01	12.01	29.3	6.3	25.5	7.2
Lapisan 15		19.71	12.71	46.4	7.8	28.55	7.5
Lapisan 16		19.16	12.16	31.8	7.16	26.4	7.3
Rata-Rata		19.14	12.14	39.03	6.64	27.08	6.91
Presentase Perubahan		0.37 atau 37%		0.83 atau 83 %		0.74 atau 74%	

Kestabilan tanah longsor dan kemungkinan terjadinya tanah longsor dipastikan untuk mengikuti kriteria peraturan yang berlaku seperti yang ditetapkan oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia (Kementerian ESDM, 2018) terpenuhi. Dari hasil perbandingan dalam proses analisis balik pengaruh besar perubahan untuk $FK < 1$ terletak pada parameter *Cohesion* sekitar 83%. Ketika memasukan nilai parameter tervalidasi di awal sebelum analisis balik dimulai, menghasilkan nilai parameter yang lebih tinggi daripada hasil analisis balik yang menyebabkan faktor stabilitas menjadi lebih tinggi artinya *overestimated* dari syarat

terjadinya longsor. Hal ini menyebabkan nilai parameter yang dimasukan tidak valid dalam kasus kegagalan lereng dan hal ini menjadikan bahwa perlu adanya evaluasi lebih lanjut yang diperlukan untuk tujuan analisis. Pada tahap proses evaluasi lereng *disposal* pasca-longsor *material properties* yang digunakan yaitu berasal dari *material properties* hasil analisis balik yang dapat dilihat pada (Tabel 3). Sebelum melakukan evaluasi, tahap awal yang dilakukan yaitu memasukkan geometri lereng pasca-longsor, model litologi, penempatan distribusi beban dan nilai parameter geoteknik dari hasil analisis balik yang dapat dilihat pada (Tabel 3) kedalam

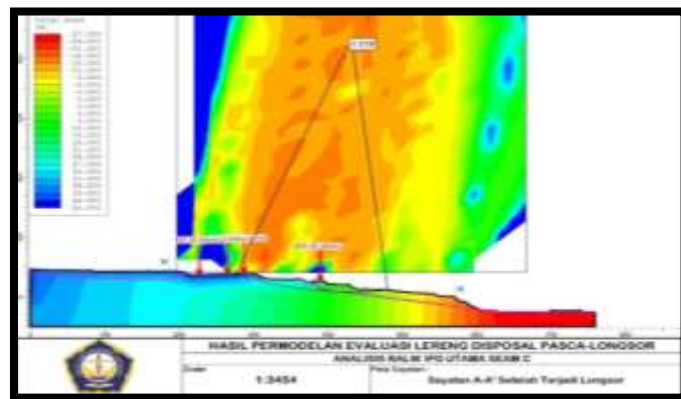
geometri hasil dari sayatan topografi pasca-longsor. Berikut merupakan hasilnya yang dapat dilihat pada (Gambar 9).



Gambar 9. Model Litologi, Geometri Serta Penempatan Distribusi Beban Pada Lereng Disposal Pada Sayatan Pasca-Longsor

Langkah selanjutnya yaitu memasukan model muka airtanah kedalam analisis. Dalam analisis lereng tahapannya hampir sama seperti sebelumnya, sehingga dalam evaluasi terhadap

kondisi pasca-longsor didapatkan faktor keamanan lereng sebesar (FK=1.018) untuk permodelan hasil akhirnya dapat dilihat pada (Gambar 10).



Gambar 10. Hasil Evaluasi Permodelan Lereng Disposal Pasca-Longsor

Evaluasi stabilitas dengan standar yang dihasilkan dari analisis balik dianggap sesuai untuk mewakili kondisi tanah longsor yang sebenarnya. Hal ini didasarkan pada identifikasi lapangan, riwayat longsor, dan konfirmasi dari analisis *material properties* yang dilakukan untuk menentukan kesesuaian pola distribusi regangan geser, serta perpindahan, dan bidang *slip* yang diamati pada proses analisis balik sehubungan dengan kondisi yang ada (Munoz dan Tokiya, 2019). Perhitungan analisis balik menggunakan nilai *material properties* yang efektif untuk memperkirakan sifat-sifat material yang sebanding dengan longsor, sedangkan data geoteknik awal dievaluasi dengan mempertimbangkan faktor penyebab longsor, selain itu nilai kohesi aktual di asumsikan tidak beroperasi dan berkurang pada saat kejadian, begitu juga dengan sudut gesek dalam yang mengalami penurunan pada bidang lereng.

Nilai *material properties* yang diperoleh dari hasil analisis balik akan digunakan dalam melakukan evaluasi pada kondisi lereng pasca-longsor yang dapat dilihat pada (Tabel 4). Kemiringan keseluruhan pada saat ini diperlihatkan lebih landai daripada sebelum terjadinya longsor dan juga dianggap sebagai bentuk stabilisasi geometris alami. Faktor stabilitas diamati meningkat. Variabel ini meningkat secara substansial dari 0.968 yang tercatat sebelum longsor menjadi FK=1.018 setelah longsor yang dapat dilihat pada (Gambar 10), akan tetapi peraturan yang berlaku menunjukkan bahwa lereng dengan risiko keselamatan dan keamanan kerja yang tinggi memerlukan nilai stabilitas keseluruhan minimum 1.3, oleh karena itu stabilisasi tetap menjadi persyaratan geometri lereng pasca-longsor untuk memenuhi persyaratan peraturan yang berlaku. Evaluasi lebih lanjut direkomendasikan dalam penelitian selanjutnya melalui penerapan hasil

dalam analisis balik ini dan tanah longsor serupa yang diantisipasi dengan tingkat kepercayaan yang lebih besar. Pengamatan dan identifikasi melalui observasi atau pemetaan lereng berguna untuk memperoleh rincian tambahan setelah melakukan stabilisasi lereng dan validasi analisis juga berlaku dengan data dan informasi yang relevan (Supandi Sujatono, 2021).

4. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan pada penelitian ini, maka kesimpulan yang didapat dari penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Pada tanggal 16 Maret 2021, lereng IPD Utama Seam C telah mengalami kelongsoran, Data awal rekomendasi geoteknik yang berasal dari *final report geotechnical and hydrogeological study for MBD coal mine* tahun 2014 belum relevan dengan kondisi aktual di lapangan dan data yang terlampir tidak berada di tepat lokasi terjadi kelongsoran dan harus divalidasi ulang melalui beberapa pendekatan untuk mendapatkan stratigrafi penyusun timbunan dan nilai *material properties* yang bertepatan pada lokasi terjadinya longsor. Hasil data yang telah tervalidasi dari data sebelumnya melalui pendekatan metode SPT berdasarkan sumber ASTM menunjukkan sebuah perubahan nilai *material properties* dan stratigrafi terhadap tanah penyusun timbunan, akan tetapi hasil FK mempunyai nilai 4.388, hal ini belum memenuhi syarat analisis balik.
2. Hasil data analisis balik menunjukkan nilai FK yaitu 0.968 dengan perubahan *material properties* seperti *unit weight*, *friction angle*, dan *cohesion* yang sangat signifikan, hal ini memberikan pengaruh besar terhadap faktor keamanan lereng
3. Hasil presentasi perbandingan dalam perubahan *material properties* yaitu nilai *cohesion* mengalami perubahan mencapai 83 % dan *friction angle* mencapai 74 % sedangkan untuk *unit weight* hanya mengalami perubahan yang tidak terlalu besar yaitu 37%, hal ini dapat disimpulkan bahwa perubahan terbesar pada *material properties* penyusun lereng timbunan terdapat pada perubahan *cohesion*.
4. Hasil data evaluasi didasari dengan memasukan parameter hasil analisis balik menggunakan geometri setelah longsor, dan menunjukkan nilai FK yaitu 1.018.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Kiagus Farobi Balyani, S.T., Selaku Department *Geologist, Geotech & Qc Planing and Engineering* dan rekan-rekan PT. Mifa

Bersaudara yang telah memberikan kesempatan dalam melakukan penelitian dan memberikan suatu ide serta gagasan dalam penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Arif, I., 2016, *Mewujudkan Tambang Yang Berkelanjutan Dengan Menjaga Kestabilan Lereng*, Geoteknik Tambang, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Andiliani, Novia., dan Kasim, Tamrin., 2018, Evaluasi Mine Dewatering System Untuk Menunjang Pencapaian Target Produksi 5.000 Ton/Shift Pada Penambangan Batubara Pit B Area Selatan PT. Mifa Bersaudara, Peunaga Cut Ujong, Meurebo, Kabupaten Aceh Barat, Provinsi Aceh, *Jurnal Bina Tambang*, ISSN: 302-3333, Padang Vol.3, No. 3, pp. 1056-1068.
- Burns, David., Farquhar, Geoffrey., Mills, Mandy., and Williams, Ann., 2015, *Field Description of Soil and Rock*, New Zealand Geotechnical Society Inc, New Zealand.
- Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral., 2018, *Nilai Faktor Keamanan dan Probabilitas Longsor serta Lereng Tambang serta kriteria keparahan longsor*, Keputusan Menteri Energi Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. Nomor 1827 K/ 30/ MEM/ 2018, Jakarta.
- Gouw, Tjie Liong., dan Herman, Dave Juven George., 2012, *Analisa Stabilitas Lereng Limit Equilibrium vs Finite Element Method*, HATTI-PIT-XVI, Jakarta.
- Hardiyatmo, H. C., 2012, *Mekanika Tanah 2*, 4th Ed. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Munoz, H., Kiyota, T., 2020, Deformation and localisation behaviours of reinforced gravelly backfill using shaking table tests, *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, Japan, Vol. 12, No. 1, pp. 102–111.
- Sakurai, S., 2017, *Back Analysis in Rock Engineering*, Kobe University, first ed. CRC Press, London.
- Sujatono, Supandi., 2021, The Determination of Mine Waste Dump Material Properties Through Back Analysis, *Journal of King Saud University, Elsevier B.V. ScienceDirect*, Amsterdam, pp. 1-9.
- Sujatono, Supandi., 2021. Integrated Slope Stability Analysis (Ssa) With Transient Groundwater Finite Element Method For Embankment Analysis, 83:5, 9–17.

Analisis Manajemen Operasional Alat Pemecah Batu Pada Unit Pengolahan Batu Andesit di PT Calvary Abadi Klaten Jawa Tengah

(Analysis of Operational Management of Stone Crusher at the Andesite Stone Processing Unit at PT Calvary Abadi Klaten, Central Java)

Oktavian Mokodompis^{1*}, A. A. I. A Adnyano², B. Pangacella Putra³
^{1,2,3}Program Studi Teknik Pertambangan, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

* Korespondensi E-mail: oktavianmokodompis773@gmail.com

Abstrak

PT. Calvary Abadi berlokasi di Desa Somopuro, Kecamatan Jogonalan, Kabupaten Klaten. Kegiatan peremukan pada unit peremuk batu andesit terdiri dari tiga tahap, yaitu primary crushing (jaw crusher I), secondary crushing (jaw crusher II) dan tertiary crushing (jaw crusher III). Saat ini pabrik peremuk hanya mampu memproduksi batu andesit pecah sebesar 166,939 ton/hari dengan ukuran (10-20) mm sebesar 54,243 ton/hari, (20-30) mm sebesar 7,924 ton/hari dan (5-10) mm sebesar 34,771 ton/hari. Dan perhitungan produksi pada bulan september 2018 rata-rata produksi yang dihasilkan hanya sebesar 1.335,504 ton/bulan. Berdasarkan penjadwalan produksi, target produksi yang ditetapkan yaitu sebesar 250 ton/hari atau 2500 ton/bulan dengan ukuran material yang diinginkan yaitu, (20-30) mm sebesar 85,0 ton/hari, (5-10) mm sebesar 85,0 ton/hari dan (5-10) mm sebesar 80,0 ton/hari. Untuk mencapai target produksi yang diinginkan perlu adanya manajemen pemeliharaan alat yang baik dan benar dengan selalu mengoptimalkan setiap sistematika pemeliharaan yang sudah terjadwalkan. Sistematika pemeliharaan alat yang pertama adalah pemeliharaan pencegahan (preventive maintenance). Pemeliharaan PT. Calvary Abadi dilakukan dengan menerapkan tiga tata cara sistematika pemeliharaan yaitu pra-pemeliharaan, pemeliharaan harian dan pemeliharaan berkala dan pemeliharaan darurat (emergency maintenance). Tinjauan sistematika pemeliharaan pada pencegahan berdasarkan perhitungan metode analitis pemeliharaan preventif inspeksi yang tidak terselesaikan adalah sebesar 7,14 %, sehingga masih dikategorikan dalam keadaan aman karena kurang dari 10% maksimum inspeksi yang tidak terselesaikan. Dan pemeliharaan korektif berdasarkan analisis perhitungan dikatakan stabil karena lebih dari 80%, yaitu persentase kemampuan sebesar 89,3%.

Kata kunci: penjadwalan produksi, sistematika pemeliharaan, efektifitas alat.

Abstract

PT. Calvary Abadi is located in Somopuro Village, Jogonalan District, Klaten Regency. Crushing activity in andesite stone crusher units consists of three stages, namely primary crushing (jaw crusher I), secondary crushing (jaw crusher II) and tertiary crushing (jaw crusher III). Currently the crushing plant is only capable of producing broken andesite stones of 166,939 tons / day with a size (10-20) mm of 54,243 tons / day, (20-30) mm of 7,924 tons / day and (5-10) mm of 34,771 ton / day. And the calculation of production in April and May 2016 resulted in an average production of only 1,335.504 tons / month. Based on production scheduling, the production target set is 250 tons / day or 2500 tons / month with the desired material size, namely (10-20) mm of 85.0 tons / day, (20-30) mm of 85, 0 tons / day and (5-10) mm by 80.0 tons / day. To achieve the desired production target, it is necessary to have a good and correct tool maintenance management by always optimizing every scheduled maintenance systematics. Systematics maintenance of the first tool is preventive maintenance. PT. Calvary Abadi is carried out by applying three systematic procedures for maintenance, namely pre-maintenance, daily maintenance and periodic maintenance and emergency maintenance. The systematic review of maintenance on prevention based on the calculation of the unresolved preventive maintenance analytical method is 7.14%, so that it is still categorized as safe because less than 10% of the maximum inspection is not resolved. And corrective maintenance based on calculation analysis is said to be stable because it is more than 80%, ie the percentage of capability is 89.3%.

Keywords: production scheduling, maintenance systematics, tool effectiveness.

1. Pendahuluan

Daerah Istimewa Yogyakarta terdapat beberapa jenis batuan andesit yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan utama pengeras jalan dan pembangunan infrastruktur seperti

jembatan, gedung, lapangan terbang, terminal, perumahan dan lain-lain. Dan batuan andesit tersebut diusahakan oleh di PT. Calvary Abadi Indonesia dapat diolah lagi sehingga dapat meningkatkan pendapatan asli daerah yang dapat

mendorong kesejahteraan masyarakat di sekitarnya. Untuk dapat memanfaatkan batuan andesit yang ada, dibutuhkan operasi pengolahan. Dan untuk mendapatkan hasil pengolahan yang memadai, pengolahan harus dilakukan sesuai dengan karakteristik dari batuan andesit tersebut. Sebagai perusahaan yang bergerak dibidang konstruksi bangunan dan jalan, PT. Calvary Abadi Indonesia membangun pabrik pemecah batu di Kecamatan Jogonalan, Kabupaten Klaten, Provinsi Jawa Tengah. Pabrik Peremuk batuan yang pada operasinya merupakan suatu usaha untuk menghasilkan produk batu pecah yang hasilnya dipergunakan oleh konsumen dalam pembuatan jalan dan konstruksi bangunan di daerah Jogonalan dan daerah lainnya.

PT. Calvary Abadi Indonesia melakukan kegiatan peremukan andesit pada 2 (dua) unit peremuk (*stone crusher*), dimana material diolah dengan cara peremukan menggunakan *jaw crusher* sebagai peremuk pertama, kedua dan peremuk ketiga setelah itu dilakukan pengayakan (*screening*) sehingga batuan dapat dikelompokkan sesuai dengan ukurannya. Maka pentingnya bisa menerapkan suatu sistem manajemen yang benar dan tepat pada unit peremukan batuan (*stone crusher*) guna mencapai target produksi yang telah direncanakan. Selain mengetahui peralatan pelengkap apa saja yang digunakan untuk proses produksi pemecah batu, sistem manajemen yang baik dan tepat ini juga mengatur kombinasi peralatan agar bekerja secara efektif, efisiensi dan terkontrol dengan baik. Penerapan sistem manajemen yang akan ditinjau pertama-tama adalah penentuan penjadwalan kerja, yang selanjutnya setelah melalui proses operasional produksi akan diadakannya suatu kegiatan pemeliharaan atau perawatan komponen alat-alat dari unit *stone crusher* secara berkelanjutan guna menghindari gangguan-gangguan atau kerusakan pada alat yang menyebabkan kegiatan operasional produksi yang sewaktu-waktu dapat berhenti serta dapat menekan biaya operasional dan biaya pemeliharaan yang berlebihan.

Untuk mengetahui sistem manajemen operasional unit peremukan batuan (*stone crusher*) di PT. Calvary Abadi Klaten dengan melakukan analisis pada data-data yang telah diperoleh.

2. Metode

Dalam pelaksanaan penelitian ini didapatkan data baik secara langsung melalui pengamatan lapangan maupun data yang sudah ada pada perusahaan. Adapun tahapan pekerjaan

penelitian yaitu sebagai berikut :

a. Studi literatur

Dalam hal ini dilakukan dengan menggabungkan antara teori dengan data-data lapangan, adapun bahan-bahan penelitian ini diperoleh dari perpustakaan kampus dan daerah.

b. Pengumpulan Data

Data-data yang dikumpulkan penulis berupa :

a. Data Primer

Penelitian ini dilakukan di PT. Calvary Abadi meliputi data primer antara lain penjadwalan kerja, penjadwalan produksi, penjadwalan pemeliharaan alat, pengukuran setting alat peremuk, pengambilan sampel material, mulai dari umpan dan produk hasil peremuk, serta hasil ayakan, jumlah waktu kerja yang tersedia, gangguan teknis dan gangguan non teknis dan pendataan kecepatan ban berjalan.

b. Data Sekunder

Data sekunder yang diambil meliputi peta lokasi dan kesampaian daerah, data curah hujan, komponen

stone crusher, spesifikasi *stone crusher* dan efektivitas *stone crusher*

c. Pengolahan Data

Data-data yang telah diperoleh akan diolah, sehingga masalah yang ada dalam hal ini manajemen *stone crusher* dapat selalu terkontrol dengan baik, dimana data-data diolah dengan melakukan perhitungan-perhitungan terhadap alternatif pemecahan masalah sehingga dapat menyelesaikan permasalahan yang dibahas.

d. Analisa Data

Data-data yang telah diperoleh kemudian dianalisis berdasarkan literatur-literatur yang berhubungan dengan masalah tersebut, ialah sebagai berikut.

a. Penjadwalan jam kerja ditentukan dengan meninjau jumlah *shift* kerja dalam 1 hari yaitu, jumlah *shift* per hari adalah 1 *shift*, jumlah jam kerja per hari adalah 9 jam dan jumlah jam istirahat adalah 1 jam.

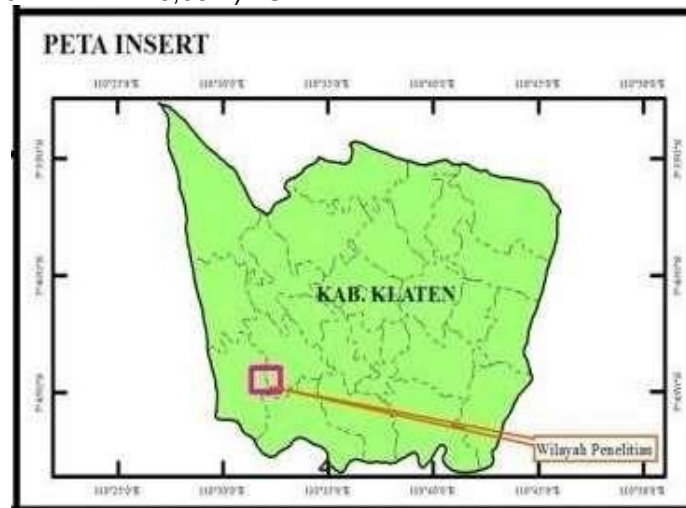
b. Menghitung gangguan atau hambatan-hambatan waktu kerja yang terjadi ketika proses produksi sementara berlangsung, sehingga mengakibatkan waktu kerja efektif menjadi berkurang.

c. Menghitung Produksi dan Material *Balance*.

d. Menghitung Jumlah waktu Pemeliharaan Korektif.

- e. Pabrik peremukan batuan andesit PT. Calvary Abadi secara administratif terletak di Kecamatan Jogonalan, Kabupaten Klaten, Provinsi Jawa Tengah. Secara astronomis letak PT. Calvary Abadi Klaten terletak pada ($110^{\circ} 31' 57,673''$ BT - $110^{\circ} 32' 4,908''$) BT dan ($7^{\circ} 44' 18,601''$ - $7^{\circ} 44' 25,087''$) LS. PT.

Calvary Abadi Indonesia yang berada di Jalan Lingkar (*ring road*) timur memudahkan kesampaian lokasi, sehingga dapat ditempuh menggunakan kendaraan bermotor \pm 30 menit dari Babarsari.



Gambar 1. Peta Lokasi IUP PT. Mifa Bersaudara.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian dalam penelitian mengenai sistem management operasional pada unit peremuk batuandesit di PT Calvary Abadi dengan melakukan analisis pada data-data yang telah diperoleh, dapat disajikan pada hasil penelitian sebagai berikut:

a. Penjadwalan Jam Kerja

Penjadwalan jam kerja ditentukan dengan meninjau jumlah *shift* kerja dalam 1 hari yaitu, jumlah *shift* per hari adalah 1 *shift*, jumlah jam kerja per hari adalah 10 jam dan jumlah jam istirahat adalah 1 jam. Adapun gangguan atau hambatan-hambatan waktu kerja yang terjadi ketika proses produksi sementara berlangsung, sehingga mengakibatkan waktu kerja efektif menjadi berkurang dan tentunya produksi juga menurun. Di PT. Calvary Abadi Klaten terjadi beberapa hambatan dalam waktu kerja sebesar 104,7 menit sehingga menyebabkan waktu kerja efektif dalam satu hari hanya sebesar 405.3 menit atau 55,47 jam. Adapun perincian hari kerja bulanan meliputi: waktu yang tersedia dalam satu hari adalah:

1. Banyaknya shift dalam satu hari yaitu satu shift dengan rincian yaitu:
 - a. Jam kerja I: mulai jam 07:00 sd jam 12.00 WIB = 5 jam
 - b. Jam kerja II: mulai jam 12:00 sd jam 17.00 WIB = 5 jam

- Jadi waktu kerja dalam satu hari sebesar = 10 jam/hari
2. Kehilangan waktu yang direncanakan dalam satu hari untuk satu shift dari jam 07:00 – 17:00 WIB :
 - a. Istirahat Makan = 1jam/hari
 - b. Waktu Persiapan = 0,5 jam/hari
 - c. Pengisian bahan bakar = 0.35 jam/hari
 1. Kehilangan waktu yang diperoleh dari satu shift adalah = 1,85 jam/hari.
 2. Sisa waktu perhari = 10jam/hari - 1,85 jam/hari = 8.15 jam/hari
 3. Jadi waktu kerja yang tersedia dalam satu (1) bulan : 8.15 jam/hari \times 30 hari = 244,5 jam/bulan.
 3. Kehilangan waktu yang direncanakan dalam satu bulan:
 - a. Perbaikan ringan : 0,27 jam/hari \times 8 hari/bulan = 2,16 jam/bulan
 - b. Shalat jum'at : 0,5 jam/hari \times 4 hari/bulan = 2 jam/bulan
 - c. Liburan pengganti shift : 6 jam/hari \times 4 hari/bulan = 24 jam/bulan Jumlah = 28,16 jam/bulan

Total waktu yang tersedia : 244,5 jam/bulan - 28,16 jam/bulan = 216.34 jam/bulan.
 4. Kehilangan waktu yang direncanakan per bulan.

- a. Un specified time = $4\% \times 216.34$ 207,69 jam/bulan
jam/bulan = 8.65 jam/bulan 30 hari/bulan
- b. Waktu yang tersisa : 216.34 jam/bulan -
8.65 jam/bulan = 207,69 jam/bulan = 6.923 jam/hari
- c. Waktu yang tersedia Per hari :

Tabe 1. Hari kerja

Hari	Waktu Kerja 1 Shift		
	Jam Kerja	Jam kerja	Durasi (Menit)
	I	II	
Senin	07.00-12.00	13.00-17.00	510
Selasa	07.00-12.00	13.00-17.00	510
Rabu	07.00-12.00	13.00-17.00	510
Kamis	07.00-12.00	13.00-17.00	510
Jumat	07.00-11.30	13.00-17.00	480
Sabtu	07.00-12.00	13.00-17.00	510
Minggu	07.00-12.00	13.00-14.00	330
Total	56 jam		3.360 Menit

Tabel 2. Waktu hambatan kerja

No	Waktu Hambatan	Waktu (Menit)
1	Waktu Persiapan awal	16,5
2	Waktu gangguan / perbaikan / perawatan alat peremuk I	19,6
3	Waktu gangguan / perbaikan / perawatan alat peremuk II	17,25
4	Waktu gangguan / perbaikan / perawatan alat peremuk III	20,7
5	Waktu gangguan / perbaikan / perawatan <i>screen</i>	6,55
6	Waktu gangguan / perbaikan / perawatan Ban berjalan	8,95
7	Waktu gangguan / perbaikan / perawatan <i>feeder</i>	7,5
8	Waktu menunggu <i>wheel loader</i>	6,1
9	Waktu hujan	10,1
	Jumlah	104,7

b. Penjadwalan Produksi

Target produksi perusahaan perhari sesuai dengan spesifikasi ukuran yang sudah ditentukan adalah 250 ton/hari dan 2.500 ton/bulan, maka untuk memenuhi target tersebut perusahaan PT. Calvary Abadi menyusun penjadwalan dengan menetapkan target produksi perusahaan yang harus dicapai dalam satu hari untuk setiap

spesifikasi ukuran butir yang diinginkan (lihat Tabel 3. Namun setelah melalui proses peremukan pada unit peremukan *stone crusher* maka produksi yang dihasilkan adalah sebesar 166,938 ton/hari dengan spesifikasi ukuran masing-masing butir batuan dihitung dalam ton/jam.

Tabel 3 Tabulasi Penjadwalan Produksi pada Tahun 2018

No	Ukuran Produk	PRODUKSI MATERIAL TAHUN		
		Produksi (ton/jam)	Produksi (ton/hari)	2018 September 8 hari efektif (ton / bulan)
1	20 -30	8,672	54,243	433,944
2	10 -20	12,458	77,924	623,392
3	5-10	5,559	34,771	278,168
4	Total	26,689	166,938	1.335,504
	Rata-rata			<u>1.335,504</u>

c. Kegiatan Peremukan dan Peralatan Peremukan

Kegiatan yang dilakukan oleh PT. Calvary Abadi dalam melaksanakan kegiatan peremuk batu andesit adalah sebagai berikut:

1. Pengumpanan

Pengumpanan dilakukan dengan cara mengangkat material yang berasal dari *stockyard* dengan menggunakan *whell loader* yang kemudian ditumpahkan ke *hopper* dan dari *hopper* menuju ke *feeder* sebagai pengumpan yang mengatur aliran material menuju *hopper*. *Hopper* yang digunakan sebagai alat tampung ini memiliki bentuk limas terpancung dengan volume sebesar 10,005 m³.

2. Peremukan

Setelah dari proses pengumpanan material yang berupa batu andesit selanjutnya akan direduksi oleh *jaw crusher*. Unit peremuk yang terdapat di PT Calvary Abadi Klaten ini menggunakan 3 buah *jaw crusher* yang melakukan tiga tahap peremukan.

3. Pengayakan

Proses pengayakan pada unit peremuk ini dilakukan pada material hasil dari proses peremukan oleh *jaw crusher*. *Screen* yang digunakan adalah jenis *triple deck vibrating screen* (TDVS) dengan masing-masing ukuran lubang bukaan yaitu 20 mm, 10 mm dan 5 mm. Untuk material yang tidak lolos pada lubang bukaan 320 mm akan menjadi material *oversize*. *Oversize* dari TDVS tersebut kemudian dilakukan proses peremukan oleh *tertiary crusher*. Hasil dari proses *tertiary crusher* tersebut kemudian dialirkan menuju *belt conveyor* IV dan diteruskan menuju ke *screen* (*return*). Pada material *undersize* hasil pengayakan pada lubang bukaan ukuran 20, 10 dan 5 akan menjadi produk dengan ukuran (20 - 30, (10-20) dan (5-10) yang dialirkan ke *stockpile* masing-masing.

4. Pengangkutan

Didalam proses peremukan batu andesit, PT. Calvary Abadi menggunakan *belt conveyor* sebagai sarana pengangkutan material.

5. Produksi dan Material Balance

Produksi dan material balance yang dihasilkan oleh unit Peremuk adalah sebagai berikut :

d. Kapasitas dan Efektivitas Alat

Kapasitas dan Efektivitas Alat terbagi atas beberapa bagian antara lain:

1. Kapasitas dan Efektifitas pengumpan (*Feeder*): mempunyai kapasitas desain 60 ton/jam dan kapasitas nyata 30,259 ton/jam, sehingga efektifitas *feeder* adalah 50,431 %.
2. Kapasitas dan Efektifitas Alat Peremuk I (*Jaw Crusher I*) adalah 132,89 ton/jam dan kapasitas nyata sebesar 30,259 ton/jam, efektifitasnya sebesar 22,769%.
3. Kapasitas dan Efektifitas Alat Peremuk II (*Jaw Crusher II*) adalah 60,970 ton/jam dan kapasitas nyata 28,939 sebesar ton/jam, efektifitasnya sebesar 47,465%.
4. Kapasitas dan Efektifitas Alat Peremuk III (*Jaw Crusher III*) adalah 39,77 ton/jam dan kapasitas nyata sebesar 10,903 ton/jam, efektifitasnya sebesar 21,41 %.
5. Kapasitas dan Efektifitas Ayakan Getar (*Screen*).
6. Kapasitas teoritis *deck I* sebesar 143,61 ton/jam, kapasitas nyata *deck I* sebesar 8,672 ton/jam, kapasitas teoritis *deck II* sebesar 69,507 ton/jam, kapasitas nyata *deck II* sebesar 12,458 ton/jam, kapasitas teoritis *deck III* sebesar 108,78 ton/jam, kapasitas nyata *deck III* sebesar 5,559 ton/jam, sehingga efektifitas *deck I* 6,03 % , efektifitas *deck II* 17,92 % , dan efektifitas *deck III* 5,11 %.
7. Kapasitas Ban Berjalan (*Belt Conveyor*).

No	Ban Berjalan	Kapasitas Teoritis (ton/jam)	Kapasitas Nyata (ton/jam)	Efektifitas (%)
1	Ban BerjalanI	112,197	28,939	25,793
2	Ban BerjalanII	241,767	28,028	11,592
3	Ban BerjalanIII	65,324	12,206	18,685
4	Ban BerjalanIV	36,892	10,807	29,293
5	Ban BerjalanV	187,245	8,672	4,631
6	Ban BerjalanVI	164,557	12,458	7,570
7	Ban BerjalanVII	99,731	5,559	5,573

e. **Produksi** Unit Peremuk **Stone** Crusher Produksi yang dihasilkan oleh unit Peremuk adalah sebagai berikut :

1. Produk Ukuran 20-30 sebesar 8,672 ton/jam.

Produk Ukuran 20-30 sebesar 8,672 ton/jam, sementara waktu kerja efektif adalah 6,255 ton/jam. Dengan demikian produksi perharinya adalah : kapasitas produk = 8,672 x 6,255 = 54,243 ton/hari

2. Produk Ukuran 10-20 sebesar 12,458 ton/jam.

Produk Ukuran 10-20 sebesar 12,458 ton/jam, sementara waktu kerja efektif adalah 6,255 ton/jam. Dengan demikian produksi perharinya adalah : kapasitas produk = 12,458 x 6,255 = 77,924 ton/hari

3. Produk Ukuran 5-10 sebesar 5,559 ton/jam.

Produk Ukuran 5-10 sebesar 5,559 ton/jam, sementara waktu kerja efektif adalah 6,255 ton/jam. Dengan demikian produksi perharinya adalah : kapasitas produk = 5,559 x 6,255 = 34,771 ton/hari.

Dimana Input : $Q_{in} = \frac{WRQ}{MDP}$
 $31,25 \text{ ton/jam} = \frac{WRQ}{MDP}$
 $WRQ = 31,25 \times MDP$
 $WRQ = 26,688 \text{ ton/jam}$

Jadi Efisiensi $Screen = \frac{\text{Material w.l.} \phi \text{ m.j.m.q}}{Q_{rcp} \phi \text{ j.} \phi \text{ c.f.} \text{ p.s.q.l.j.w.j.m.q}}$

$\left[\frac{26 \text{ á} < r \text{ m.l.h.}_k}{7 \text{ 56} 9: r \text{ m.l.h.}_k} \right]$

Maka $looses = \frac{D \text{ WDX} \text{ KLODQJQ} \setminus D \text{ VHEHV} \text{ D} \text{ H}}{WRQ \text{ MDP} \text{ UJHW}}$

$3 \text{ HUXVDKDDQ} \left[\frac{WRQ}{MDP} \right]$

f. Tinjauan Sistematis Pemeliharaan Tinjauan Sistematis Pemeliharaan terdiri dari:

- ketentuan dari Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Bina Marga mengenai Petunjuk Pemeriksaan Alat Peremuk Batuan (*stone crusher*) banyaknya inspeksi yang tidak terselesaikan maksimum hanya sebesar 10 % dari inspeksi yang telah dijadwalkan. Inspeksi pemeliharaan preventif merupakan kegiatan mengidentifikasi risiko dan peluang perbaikan pada alat. Inspeksi dibagi menjadi dua bagian yaitu:
 - Inspeksi rutin merupakan kegiatan pemeliharaan periodik untuk memeriksa kondisi komponen peralatan produksi.
 - Inspeksi kepatuhan merupakan inspeksi yang dirancang untuk memenuhi persyaratan peraturan.
- Pra Pemeliharaan Pada pra-pemeliharaan ini semua inspeksi pemeliharaan yang dijadwalkan dapat terselesaikan, karena semua inspeksi diselesaikan secara teratur dan baik, maka 0 % inspeksi yang tidak diselesaikan.
- Pemeliharaan Harian Pada pemeliharaan harian ini semua inspeksi pemeliharaan yang dijadwalkan dapat terselesaikan, karena semua inspeksi diselesaikan secara teratur dan baik, maka 0 % inspeksi yang tidak diselesaikan.
- Pemeliharaan Berkala Pada pemeliharaan berkala ini hanya terdapat satu inspeksi yang tidak diselesaikan, yaitu ; penggantian suku cadang, dimana dua tahun sekali harus dilakukan penggantian pada setiap komponen alat peremuk, hal ini terbukti dengan terjadinya kerusakan pada komponen alat *belt conveyor*, tepatnya pada *belt* atau ban yang terputus pada saat produksi berlangsung. Berikut ini adalah

tabel penyajian inspeksi yang terselesaikan dan tidak terselesaikan sesuai dengan jadwal pemeliharaan yang ditetapkan.

5. Analitis Pemeliharaan Preventif

Metode yang efektif dalam mengevaluasi perawatan preventif adalah dengan pendekatan secara analitis. Total inspeksi pemeliharaan 14 dan inspeksi yang tidak terselesaikan 1, maka berdasarkan perhitungan metode analitis pemeliharaan preventif inspeksi yang tidak terselesaikan adalah sebesar 7,14 %, sehingga masih dikategorikan dalam keadaan aman.

$$\frac{\text{Inspeksi yang tidak terselesaikan}}{\text{Inspeksi yang dilaksanakan}} = \frac{1}{14} = 7,14\%$$

g. Pemeliharaan Korektif (*corrective maintenance*)

Pemeliharaan korektif (*corrective maintenance*) merupakan pemeliharaan yang dilakukan apabila terjadi gangguan untuk

mengembalikan mesin/peralatan pada kondisi semula, namun perawatan korektif juga tidak dapat menghilangkan semua kerusakan, karena bagaimanapun juga suatu alat atau mesin yang dipakai lambat laun akan rusak. Karena itu adanya tindakan perbaikan yang memadai dapat membatasi terjadinya kerusakan dan untuk melakukan tindakan perbaikan perlu dilakukannya analisis perhitungan untuk mengetahui kecenderungan pada pemeliharaan korektif. Hasil analisis perbandingan antara total waktu yang diperkirakan/diramalkan dengan total waktu pelaksanaan dikatakan stabil bila di atas 80%. Berdasarkan analisis perhitungan pada pemeliharaan korektif di PT. Calvary Abadi yang hanya meliputi perbaikan ringan (*light repairing*) maka persentase kemampuan sebesar 89,3% dengan perbaikan yang diramalkan/diperkirakan hanya menghabiskan waktu 72 menit dengan masing-masing alat, yaitu 6 (enam) alat menghabiskan waktu perbaikan sebesar 12 menit, namun pada pelaksanaannya total waktu perbaikan pada keseluruhan alat yang dihabiskan sebesar 80,55 menit

Tabel 6. Jumlah waktu Pemeliharaan Korektif

Alat yang diperbaiki	Waktu (menit)
Alat Peremuk	19,6
Alat Peremuk II	17,25
Alat Peremuk III	20,7
Ayakan Getar	6,55
Ban berjalan	8,95
Pengumpan (<i>feeder</i>)	7,5
Total	80,55

$$\frac{\text{Total waktu perbaikan}}{\text{Waktu yang diramalkan}} \times 100\% = \frac{72}{80,55} \times 100\% = 89,3\%$$

h. Hasil Pemeriksaan Alat

Pemeriksaan dan perawatan alat secara menyeluruh dan terperinci dilakukan setiap dua hari sekali guna memantau secara berkisinambungan setiap komponen unit *stone crusher* tetap dalam keadaan stabil, sehingga kegiatan operasional produksi pada unit *stone crusher* tidak terganggu. Pemeriksaan biasanya dilakukan oleh Kepala mekanik *crusher* sebagai pemeriksa inti dan dibantu oleh anggota mekanik lain sebagai pemeriksa pembantu. Dari hasil pemeriksaan alat yang dilakukan setelah melalui proses analisis perbaikan pada kerusakan *belt conveyor* yang putus, hanya terdapat satu bagian alat dari *tertiary jaw crusher* yang dalam keadaan buruk, yaitu *seal bearing*, namun tidak memberikan dampak yang buruk terhadap proses peremuk maupun proses produksi

4. Kesimpulan

Berdasarkan uraian pada bab-bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Produksi yang diperoleh

Produksi yang diperoleh rata-rata sebesar 26,687 ton/jam, 166,938 ton/hari, 1.335,504 ton/bulan terhadap target produksi perusahaan sebesar 31,25 Ton/Jam atau 250 Ton/hari atau 2.500 ton/bulan, berdasarkan dalam pekerjaan pengolahan material dengan *looses* atau hilangnya material terhadap target penjadwalan perusahaan sebesar 14,6% atau 4,562 ton/jam, hal tersebut belum optimal dikarenakan terdapat permasalahan pada waktu kerja efektif semua komponen alat dan hilangnya material pada proses pengolahan.

2. Berdasarkan pengamatan di lapangan, maka faktor-faktor yang mempengaruhi tidak tercapainya target produksi adalah sebagai berikut :

a. Banyaknya hambatan waktu yang terjadi

b. THUGDSDW SHUPDVDODKDQ H NLQHUMD DODW VHFDUD NHVHOX

- c. Tidak terlaksananya manajemen pemeliharaan yang optimal pada pemeliharaan berkala seperti penggantian suku cadang, sehingga menyebabkan waktu kerja yang hilang sebesar 80 menit/hari untuk tindakan perbaikan *belt conveyor* yang rusak
- d. pada pemeliharaan yang dilakukan setiap dua hari sekali sehingga menyebabkan waktu kerja yang hilang pada pemeliharaan korektif rata-rata sebesar 80,55 menit/hari.
- e. Manajemen pemeliharaan yang tidak optimal menyebabkan kepastian dan efektifitas produksi menurun.
- f. Hilangnya material pada proses pengolahan

5. Saran

Berdasarkan hasil pengamatan dan pengolahan data yang dilakukan, maka dapat diberikan saran sebagai berikut:

1. Inspeksi pemeliharaan rutin dan kepatuhan yang diterapkan dalam pemeliharaan preventif mampu mengontrol semua pemeliharaan agar tetap memenuhi persyaratan peraturan yang telah dijadwalkan atau ditetapkan dan analisa perbaikan yang tepat pada alat yang rusak mampu meningkatkan kembali kerja efektif semua komponen alat.
2. Perlu adanya penjadwalan dan pembukuan pemeliharaan alat untuk selalu meninjau dan mengontrol pemeliharaan alat secara benar dan berkesinambungan dan perlu diadakannya suatu pelatihan tentang pemeliharaan alat terhadap para mekanik *crusher* serta Perlu ditinjau umur alat dan dilakukannya penggantian suku cadang pada alat yang telah melewati batas umur ditentukan atau telah lama digunakan

Ucapan Terimakasih

Penelitian ini berjudul Hubungan Antara Diagenesa Terhadap Nilai Porositas Di Daerah Krakitan Kecamatan bayat, Kabupaten klaten Provinsi Jawa Tengah, Ucapan Terima Kasih ini ditujukan kepada penuliskedua dalam membantu melancar penulisan paper hingga selesai.

Daftar Pustaka

- Arif, I., 2016, *Mewujudkan Tambang Yang Berkelanjutan Dengan Menjaga Kestabilan Lereng*, Geoteknik Tambang, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Currie John J,1973.*Unit Operation in Mineral Processing*, Burnaby.British Columbia.
- Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Bina Marga, *Petunjuk Pemeriksaan*

- Peralatan Pemecah Batu (Stone Crusher)*, Peralatan No. 031/T/BM/1996
- Haryanto D,1983.*Diktat I Pengolahan Bahan Galian*.Universitas Pembangunan Nasional "Veteran". Yogyakarta. Higgins, LR., PE. And LC. Morrow. *Maintenance Engineering Handbook*, rdedition. Mc. GrawHill Book Company.
- Kelly E,1982.*Introduction to Mineral Processing*,John Willey and sons.Canada.
- Taggart AF, 1953. "*Handbook Of Mineral Dressing* ",John Willey and Son, Inc, New York.London and Sidney.
- Supandi, 1977. *Manajemen Perawatan Industri*.Ganeca Exact Bandung.
- Winanto A.P.H. 2008, *Diktat Pratikum Pengolahan Bahan Galian*, Laboratorium Jurusan Teknik Pertambangan UPN "Veteran" Yogyakarta.
- _____,2016, Data dari perusahaan PT. Calvary Abadi Desa Somopuro Kecamatan Jogonalan Kabupaten Klaten Provinsi Jawa Tengah

Analisis Geometri Jalan Angkut Tambang Pada Aktivitas Pertambangan Batubara di PT. Haswi Kencana Indah, Kabupaten Tebo, Provinsi Jambi.

(Analysis Geometry Of Mine Transportation On Coal Mining Activitie In PT. Haswi Kencana Indah, Tebo Regency, Jambi Province.)

Ilham Agung Sudrajad^{1*}, Afwan Assidiqi², Raudhatul Jannah³, Bima Sakti⁴
^{1,2,3,4}Program Studi Teknik Pertambangan, Universitas Jambi

*E-mail: ilhamagung2498@gmail.com

Abstrak

Proses pengangkutan batubara dilakukan dari *site* penambangan sampai *stockpile* sejauh ± 40 km sehingga jalan angkut batubara memiliki peranan penting dalam menunjang produktivitas kegiatan pengangkutan batubara pada PT Haswi Kencana Indah. Rencana produksi pengangkutan batubara sebesar 32.929,0833 ton/bulan, tetapi kondisi aktual pengangkutan batubara sebesar 25.000 ton/bulan sehingga target produksi tidak tercapai. Tujuan dari penelitian ini untuk memperbaiki geometri jalan angkut PT Haswi Kencana Indah. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengamatan dan analisis data dengan perhitungan. Kondisi lebar jalan yang kurang memenuhi standar adalah lebar jalan lurus aktual untuk segmen D-E, F-G, I-J dan K-L, sedangkan lebar jalan tikungan yaitu segmen C-D, E-F dan H-I. Perbaikan yang dilakukan adalah perubahan lebar jalan lurus menjadi 8,75 meter, pada tikungan 15,706 m, pembuatan cross slope sebesar 35 cm, pembuatan superelevasi dengan beda tinggi antara sisi kanan dan kiri jalan sebesar 21 cm sampai 97,6 cm serta melakukan perawatan jalan sehingga produktivitas batubara meningkat.

Kata kunci: Geometri Jalan, Produktivitas, Cross Slope, Superelevasi

Abstract

The coal transportation process is carried out from the mining site to the stockpile as far as ± 40 km so that the coal haul road has an important role in supporting the productivity of coal transportation activities at PT Haswi Kencana Indah. The coal transportation production plan is 32,929.0833 tons / month, but the actual condition of coal transportation is 25,000 tons / month so that the production target is not achieved. The purpose of this research is to improve the geometry of the haul roads of PT Haswi Kencana Indah. The method used in this research is observation and data analysis with calculations. The road width conditions that do not meet the standards are the actual straight road widths for the D-E, F-G, I-J and K-L segments, while the curved road widths are the C-D, E-F and H-I segments. The improvements made were changes in the width of the straight road to 8.75 meters, at a bend of 15.706 m, making a cross slope of 35 cm, making a super elevation with a height difference between the right and left sides of the road by 21 cm to 97.6 cm and carrying out road maintenance so that coal productivity increases.

Keywords: Road Geometry, Productivity, Cross Slope, Superelevation

1. Pendahuluan

PT. Haswi Kencana Indah merupakan suatu perusahaan tambang batubara yang berada di desa Muaro Sekalo, Kecamatan Sumay, Kabupaten Tebo, Provinsi Jambi. Pada perusahaan ini metode penambangan yang digunakan adalah tambang terbuka (*open pit mining*) dengan sistem penambangan *back filling*.

Dalam kegiatan produksi penambangan batubara kondisi jalan harus baik, terutama akses jalan antara lokasi penambangan dengan *stockpile*, geometri jalan harus sesuai standar KEPMEN ESDM NOMOR 1827. karena alat-alat berat beroperasi secara massal dan berkelanjutan setiap harinya. Kondisi jalan yang tidak sesuai dan cenderung dipaksakan akan mempengaruhi tidak nyamannya operator alat untuk melintasi jalan,

produktivitas menurun, umur alat menurun, dan berpotensi menimbulkan kecelakaan tambang.

Pada saat penelitian, peneliti mengamati Geometri jalan angkut, yaitu: lebar jalan angkut, jari-jari tikungan superelevasi, kemiringan jalan, dan *cross slope*. Alat angkut umumnya memiliki dimensi yang lebar dan panjang serta lebih berat. Oleh sebab itu, geometri jalan harus sesuai dengan dimensi alat angkut yang digunakan agar alat angkut tersebut dapat bergerak leluasa pada kecepatan normal dan aman (Rifandy and Hefni, 2016).

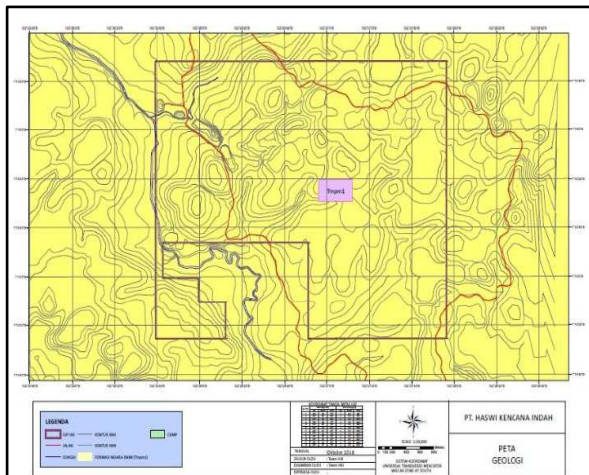
Rencana produksi pengangkutan batubara Pit 5 PT. Haswi Kencana Indah sebesar 32.929,0833 ton/bulan, tetapi kondisi aktual pengangkutan batubara sebesar 25.000 ton/bulan sehingga target produksi tidak tercapai. Salah satu penyebab tidak tercapainya target produksi

adalah kondisi jalan angkut, geometri yang tidak sesuai dengan standar, dan tidak adanya perawatan jalan. oleh karena itu perlunya evaluasi perbaikan mengenai perawatan jalan dan geometri jalan. Adapun geometri jalan tersebut adalah, lebar jalan, Kemiringan jalan (*grade*), kemiringan melintang jalan (*cross slope*) dan superelevasi.

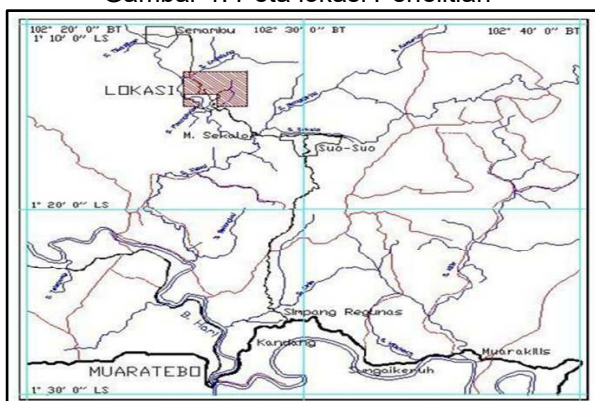
Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan geometri jalan yang dibuat sesuai dengan standarisasi, untuk mendapatkan lebar jalan lurus, beda tinggi antara sisi kanan dan kiri jalan, *Cross Slope*, *Superelevasi* yang sesuai standar dan untuk mengetahui cara perawatan jalan tersebut.

2. Metode

Pengambilan data dan penelitian dilakukan di Pit 5 PT Haswi Kencana Indah yang secara administratif berlokasi di Desa Semambu, Kecamatan Sumay, Kabupaten Tebo, Provinsi Jambi. Secara geografis terletak diantara 00°52'32" - 01°54'50" Lintang Selatan dan diantara 101°48' 57" - 102° 49' 17" BT.



Gambar 1. Peta lokasi Penelitian



Gambar 2. Peta Kesampaian Daerah

Perjalanan bisa dicapai melalui jalan darat selama ± 4 jam dari Jambi, dapat di tempuh dengan menggunakan kendaraan roda empat melalui jalan aspal sampai ke Kabupaten Tebo, tepatnya di simpang kandang sejauh ± 198 km.

kemudian dilanjutkan dari simpang kandang mengikuti jalan tanah dan batu sejauh ± 40 km.

Daerah lokasi penelitian termasuk dalam Formasi Muara Enim. Formasi ini memiliki umur Miosen Akhir – Pliosen Awal yang terbentuk pada cekungan Sumatera Selatan pada lingkungan pengendapan limnic – telmatic (rawa-rawa). Tersusun atas sedimen berupa batulempung, dengan ketebalan hingga 43 meter. Serta batubara dengan ketebalan mencapai 7,5 meter. Batuan penyusun yang terdapat pada daerah penelitian merupakan anggota M3 dari Formasi Muara Enim. Anggota M3 Merupakan satuan batuan yang terdiri atas batupasir, batulanau, batulempung, dan batubara. Batu pasir berwarna abu-abu, berbutir halus, terpilah baik, mineral kuarsa dominan (Shell, 1978).

Jalan angkut batubara PT Haswi Kencana Indah yang menghubungkan front penambangan dengan *stockpile* adalah jalan dengan dua jalur dengan panjang ± 40 km, adapun yang peneliti amati adalah, keadaan jalan angkut dari mess menuju lokasi penambangan, kondisi jalan angkut dari lokasi pengambilan batubara menuju *Stockpile* dan melakukan pengukuran geometri jalan angkut.

Berdasarkan hasil pengamatan, apabila alat angkut melintasi jalan dengan dua lajur secara berpapasan maka salah satu alat angkut membutuhkan waktu tambahan untuk menunggu alat angkut lainnya melintas, dikarenakan jalan angkut belum memiliki geometri yang ideal. Dengan demikian jalan angkut aktual akan dilakukan perbaikan sesuai geometri jalan angkut ideal sehingga kegiatan pengangkutan dapat berjalan dengan baik.

Geometri jalan angkut diukur menggunakan meteran, GPS, selanjutnya diolah menggunakan software Autocad 2007 untuk membagi jalan menjadi beberapa segmen agar pengukuran dapat dilakukan dengan mudah. Pembagian segmen jalan angkut bertujuan agar perhitungan dan perbaikan geometri jalan angkut menjadi lebih teliti dan efisien. Segmen jalan angkut merupakan bagian dari jalan angkut yang memiliki ukuran geometri tersendiri. Pembagian segmen jalan angkut didasarkan pada kondisi jalan angkut (jalan lurus, tikungan dan perubahan grade).

Jalan angkut dalam penelitian ini dibagi menjadi 11 segmen, 6 segmen termasuk kedalam kondisi lurus dan 5 segmen kondisi tikungan. Segmen jalan angkut A-B hingga K-L merupakan jalan angkut menuju *stockpile*. Hasil pengukuran geometri aktual selanjutnya dianalisis sesuai dengan persamaan terkait dan dilakukan perbaikan. Dalam melakukan perbaikan perlu diperhatikan dimensi alat terbesar yang melewati jalan angkut yang dikaji. PT HKI menggunakan alat angkut Hino 500 Fm 260 dalam pengangkutan batubara dan alat tersebut

merupakan alat dengan dimensi terbesar yang melewati jalan yang dikaji.

Lebar Jalan

Seandainya lebar kendaraan dan jumlah lajur yang direncanakan masing- masing adalah W_t dan n , maka lebar jalan angkut pada jalan lurus dapat dihitung dengan Rumus 1 (Indonesianto, 2007).

$$L = n.W_t + (n+1) \left(\frac{1}{2}.W_t\right) \tag{1}$$

Keterangan :

L = Lebar jalan angkut minimum (m)

N = Jumlah jalur

W_t = lebar alat angkut (m)

Perhitungan besarnya lebar jalan minimal pada tikungan dapat dihitung mrnggunakan rumus 2 dan 3 dibawah ini.

$$C = Z = (U + Fa + Fb) / 2 \tag{2}$$

$$W = n (U + Fa + Fb + Z) + C \tag{3}$$

Keterangan:

W = Lebar jalan angkut pada tikungan (m)

n = Jumlah lajur

U = Jarak jejak roda kendaraan(m)

Fa = Lebar jantai depan (meter) dikoreksi dengan sinus sudut belok roda depan

Fb = Lebar jantai belakang (meter) dikoreksi dengan sinus sudut belok roda depan

Z = Jarak sisi luar truck ke tepi jalan (meter)

C = Jarak antara dua truck yang akan bersimpangan (meter)

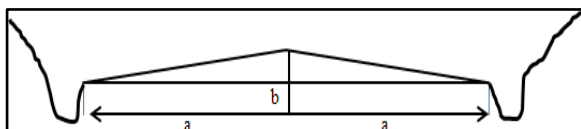
Kemiringan Jalan (Grade)

Berdasarkan KEPMEN ESDM No 1827 kemiringan (*grade*) jalan tambang/produksi dibuat tidak boleh lebih 12% (dua belas persen). semakin besar *grade* maka akan semakin kecil muatan yang dapat dibawa oleh kendaraan, hal ini disebabkan karena kendaraan akan membutuhkan rimpull yang besar agar bisa melewati *grade resistance* sehinga waktu tempuh kendaraan kecil yang mengakibatkan *cycle time* menjadi besar dan menurunkan produktivitas. Pada pengolahan data kemiringan memanjang yang di ukur menggunakan rumus berdasarkan (Indonesianto, 2007)

$$\text{Grade (\%)} = \frac{\text{Beda Tinggi}}{\text{Jarak}} \times 100 \% \tag{4}$$

Kemiringan Melintang Jalan (Cross Slope)

Angka *cross slope* dinyatakan dalam perbandingan jarak vertikal (b) dan horizontal (a) dengan satuan mm/m atau m/m. Jalan angkut yang baik memiliki *cross slope* 40 mm/m.



Gambar 3. Penampang melintang jalan angkut

Untuk menciptakan *cross slope* yang sesuai dengan standar maka dilakukan perhitungan menggunakan rumus berikut (Umar, 2008)

$$\text{Beda tinggi} = \text{Lebar jalan lurus} \times 40 \text{ mm/m} \tag{5}$$

Superelevasi

Superelevasi bertujuan membantu kendaraan dalam mengatasi tikungan agar alat angkut tidak tergelincir yang diakibatkan oleh gaya sentrifugal yang dialami selama melewati tikungan. Selain itu superelevasi juga membantu kendaraan melewati tikungan dengan kecepatan maksimum yang diperbolehkan. (Sukirman, 1994)

Kecepatan yang digunakan adalah berdasarkan grade per section. Sedangkan koefisien gesekan secara matematis dapat dihitung sebagai berikut :

Untuk $V < 80$ km/jam
 $f_{maks} = -0,00065 \times V + 0,192 \tag{6}$

Untuk $V > 80$ km/jam
 $f_{maks} = -0,00125 \times V + 0,24 \tag{7}$

Untuk menghitung superelevasi digunakan rumus:

$$e = \frac{D}{D_{maks}} \times e_{maks} \text{ Kecepatan rencana} \tag{8}$$

Keterangan :

e = Angka Superelevasi

D = Derajat Superelevasi

$$D_{maks} = \frac{191.913,53 \times (e_{maks} + f_{maks})}{V^2} \tag{9}$$

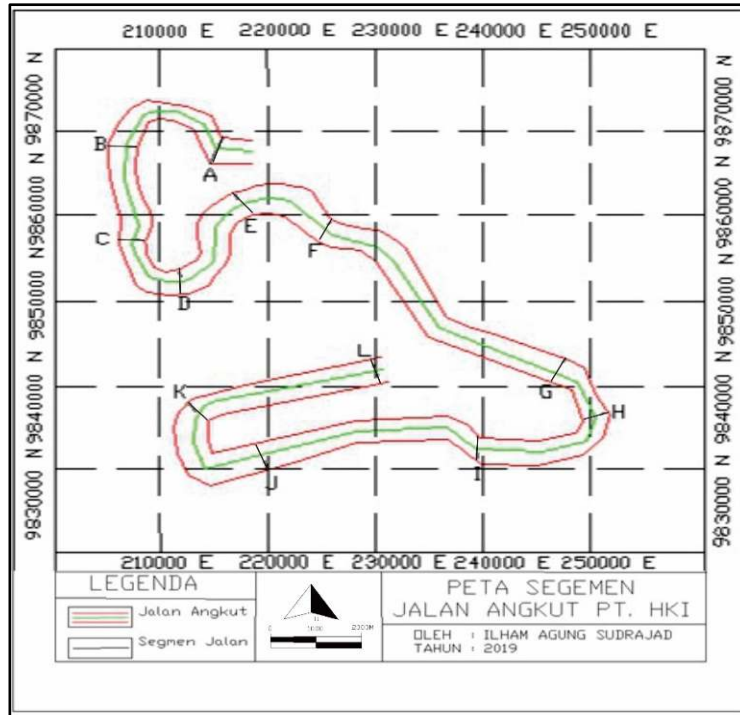
$$D = \frac{1.432,39}{\text{Jari-jari tikungan (R)}} \tag{10}$$

3. Hasil dan Pembahasan

Geometri jalan tambang yang ada di PT Haswi Kencana Indah dari pit 5 ke area *stockpile* diketahui tidak sesuai standar, sehingga mempengaruhi laju produktivitas alat angkut. karena alat-alat berat beroperasi secara massal dan berkelanjutan setiap harinya. Kondisi jalan yang tidak sesuai dan cenderung dipaksakan akan mempengaruhi tidak nyamannya operator alat untuk melintasi jalan, produktivitas menurun, umur alat menurun, dan berpotensi menimbulkan kecelakaan tambang.

Tidak sesuaiya geometri jalan tambang disebabkan *grade jalan* yang tidak optimal, lebar jalan lurus dan tikungan tidak memenuhi standar, tidak adanya *cross slope* dan tidak adanya *superelevasi*. Kondisi aktual jalan menunjukkan drainase jalan tidak berfungsi dengan optimal dan material jalan merupakan material *ekspansif*.

Untuk mengatasi masalah geometri jalan tersebut penulis membagi jalan menjadi beberapa segmen jalan, diantaranya segmen A-B, B-C, C-D, D-E, E-F, F-G, G-H, H-I, I-J, J-K, dan K-L. Pembagian segmen jalan ini berdasarkan kondisi jalan aktual seperti lurus, tikungan, tanjakan dan turunan.



Gambar 4. Peta pembagian segmen jalan

Evaluasi Geometri Jalan Angkut Tambang

1) Lebar jalan angkut tambang

Berdasarkan KEPMEN ESDM NO. 1827, lebar jalan tambang/produksi mempertimbangkan alat angkut terbesar yang melintasi jalan tersebut paling kurang tiga setengah kali lebar alat angkut terbesar, untuk jalan tambang dua arah. Jalan yang digunakan pada PT Haswi Kencana Indah adalah jalan tambang dua arah. Alat angkut yang digunakan adalah *dumptruck* Hino 500 FM260TI dengan lebar 2,5 m. Berdasarkan perhitungan didapatkan lebar jalan lurus standar 8.75 m dan tikungan 15.706. hasil evaluasi lebar jalan angkut tambang dapat dilihat pada table 1 berikut ini :

Tabel 1 evaluasi lebar jalan angkut

Segmen	Lebar aktual (m)	Keterangan	Penambahan lebar (m)
A-B	17	Tikungan	0
B-C	10,5	Lurus	0
C-D	15	Tikungan	0,7
D-E	8	Lurus	0,75
E-F	14,5	Tikungan	1,2
F-G	7,5	Lurus	1,25
G-H	11	Lurus	0
H-I	15	Tikungan	0,7
I-J	8	Lurus	0,75
J-K	16	Tikungan	0
K-L	7,5	Lurus	1,25
Rata rata	8,75	Lurus	0,67
	15,5	Tikungan	0,52

Berdasarkan hasil pengamatan bahwa ada beberapa segmen jalan yang memiliki lebar tidak sesuai standar, sehingga harus dilakukan penambahan lebar jalan menggunakan alat mekanis yang ada dengan lebar sesuai pada tabel 1 agar sesuai dengan KEPMEN ESDM NO. 1827.

2) Kemiringan jalan (*grade*)

Berdasarkan KEPMEN ESDM No 1827 kemiringan (*grade*) jalan tambang/produksi dibuat tidak boleh lebih 12% (dua belas persen). hasil evaluasi *grade* jalan angkut tambang berdasarkan perhitungan dapat dilihat pada tabel 2 berikut :

Tabel 2 kemiringan jalan angkut (*grade*)

Segmen	Grade (%)	Keterangan
A-B	3	Baik
B-C	-2	Baik
C-D	2	Baik
D-E	-4	Baik
E-F	3	Baik
F-G	1	Baik
G-H	7	Baik
H-I	-3	Baik
I-J	4	Baik
J-K	-4	Baik
K-L	1	Baik

Berdasarkan hasil perhitungan penulis mengenai kemiringan jalan angkut didapatkan bahwa kemiringan jalan (*grade*) aktual di setiap segmen paling besar adalah 7%. *Grade* jalan angkut sudah bagus karena kurang dari *grade* maksimum yang ditentukan. Jika terdapat *grade*

jalan tidak sesuai standar, alat angkut akan bekerja tidak optimal dan berkaitan terhadap isi *vesse*, bahan bakar dan waktu pengangkutan

3) **Superelevasi**

Superelevasi dibutuhkan agar dapat menyeimbangkan gaya *sentrifugal* yang ditimbulkan akibat kendaraan berbelok pada tikungan.

Berdasarkan pengamatan di lapangan terdapat 5 tikungan pada jalan angkut batubara dan pada jalan angkut batubara belum terdapat *superelevasi*, karena jalan relatif datar atau beda tinggi antara bagian kiri dan kanan jalan kecil. Untuk menghitung besarnya *superelevasi* standar setiap tikungan terlebih dahulu menghitung besarnya jari-jari tiap tikungan. Besarnya jari-jari aktual pada masing-masing tikungan berkisar antara 88 m sampai 397 m.

Dengan adanya jari-jari tikungan yang cukup besar maka kecepatan kendaraan dapat diperbesar menjadi 50 km/jam jika pada tikungan jalan dibuat *superelevasi* standar sehingga ketika alat angkut melewati tikungan dengan kecepatan tinggi maka alat angkut tidak akan tergelincir akibat gaya *sentrifugal* dan tidak akan mengganggu kendaraan lain ketika berpapasan di tikungan sehingga memperkecil waktu tempuh dari site penambangan sampai jalan raya.

Dari data tersebut menunjukkan jari-jari tikungan yang cukup besar sehingga dapat menggunakan kecepatan yang lebih besar dari kecepatan rata-rata yang biasa digunakan operator alat angkut yaitu 30 - 40 km/jam.

Berdasarkan perhitungan, Dengan kecepatan alat angkut 50 km/jam didapatkan *superelevasi* standar untuk setiap tikungan pada tabel berikut :

Tabel 3 *superelevasi* standar dari setiap tikungan

Segmen	Jari jari (m)	Superelevasi standar (m/m)	Lebar jalan aktual (m)	Beda tinggi (m)
A-B	395	0,014	17	0,24
C-D	187	0,029	15,7	0,455
E-F	247	0,022	15,7	0,345
H-I	397	0,014	15,7	0,21
J-K	88	0,061	17	0,976

Untuk menghasilkan *superelevasi* yang sesuai dengan standar pada setiap tikungan maka harus dibuat beda tinggi antara sisi kiri dan kanan jalan sesuai dengan lebar jalan aktual pada tikungan. Besarnya beda tinggi yang harus dibuat agar menghasilkan *superelevasi* standar adalah berkisar antara 0,21 m (21 cm) sampai 0,976 m.

4) **Cross Slope**

Pengamatan *cross slope* secara langsung dilapangan menunjukkan bahwa seluruh jalan tambang dimulai dari *pit 5* sampai ke *stockpile* tidak memiliki *cross slope*. Hal ini menyebabkan

kondisi jalan tidak optimal dikarenakan air hujan tidak mengalir ke area drainase jalan dan menyebabkan kondisi jalan relatif basah. Hal ini menyebabkan operasi dari alat angkut menjadi kurang optimal.

Jalan angkut yang baik memiliki *cross slope* optimal sebesar 40 mm/m. Berdasarkan perhitungan didapatkan nilai *cross slope* standar untuk setiap jalan lurus pada tabel berikut ini :

Tabel 4 *cross slope* standar dari jalan lurus

Segmen	Lebar (m)	Cross Slope (m)
B-C	10,5	0.42
D-E	8,75	0.35
F-G	8,75	0.35
G-H	11	0.44
I-J	8,75	0.35
K-L	8,75	0.35

5) **Drainase Jalan**

Pada jalan angkut batubara di PT Haswi Kencana Indah masih ada drainase jalan yang kurang berfungsi dengan baik seperti drainase yang tertimbun tanah dan jalan yang masih belum terdapat saluran drainase.

Drainase pada jalan berfungsi untuk mengalirkan air hujan yang masuk agar jalan tidak tergenang air sehingga dapat menjaga kekuatan material dan membuat jalan tidak becek. Solusi yang dapat diterapkan adalah dengan membersihkan drainase yang tertutup material jalan dengan alat mekanis sehingga aliran air akan menjadi lancar.

6) **Material jalan merupakan tanah *ekspansif***

Material jalan termasuk jenis tanah *ekspansif* yaitu tanah yang kandungan lempungnya memiliki potensi kembang-susut akibat perubahan kadar air. Deformasi oleh akibat pengembangan tanah umumnya menghasilkan permukaan yang tidak beraturan di sepanjang jalan sehingga memberikan rasa tidak nyaman bagi pengemudi dan akan membuat pengemudi mengurangi kecepatan ketika melintas akibatnya waktu tempuh yang dibutuhkan akan tinggi. Solusi yang dapat diterapkan untuk mengatasi permasalahan tanah *ekspansif* ini adalah:

- a) Stabilitas tanah, dapat dilakukan dengan cara mencampur material tanah dengan kapur yang kemudian dilakukan pemadatan yang baik.
- b) Manajemen air, Upaya yang dapat dilakukan adalah dengan membuat *cross slope* dan drainase di samping kiri kanan jalan sehingga ketika turun hujan air akan mengalir ke samping jalan dan tidak menggenang di permukaan jalan.
- 7) Kondisi jalan tidak rata

Banyak terdapat lobang pada jalan yang mengakibatkan kendaraan akan menurunkan kecepatan ketika melintas. Lobang ini akan

menimbulkan terbentuknya kantong air yang akan tergenang air ketika hujan yang akan mengakibatkan menurunnya daya dukung tanah terhadap beban yang melintas.

Solusi untuk perawatan jalan dapat dilakukan dengan cara mengeruk material lumpur pada lobang dan sekitarnya untuk kemudian diganti dengan material lain yang lebih keras misalnya batu koral atau batu pecah yang kemudian dipadatkan sehingga tidak akan terbentuk kantongair.

Perbaikan Jalan Tambang Terhadap Laju Produksi

Perbaikan yang dapat dilakukan untuk meningkatkan produktivitas dump truck adalah dengan menambah lebar jalan sesuai lebar jalan standar agar ketika kendaraan berpapasan tidak harus menurunkan kecepatan yang mengakibatkan *cycle time* menjadi meningkat. Selain menambah lebar jalan ada beberapa perbaikan seperti pembuatan *cross slope*, *superelevasi*, perbaikan drainase agar kualitas material jalan terjaga, dan perbaikan lubang jalan. Produktivitas *dumptruck* dapat mengalami peningkatan dikarenakan dengan adanya beberapa perbaikan geometri dan perawatan jalan mengakibatkan kondisi jalan menjadi standar dan kualitas material jalan dapat bertahan sehingga alat angkut tidak mengalami kesulitan saat mengangkut batubara dari site penambangan sampai ke *stockpile*.

4. Kesimpulan

Produksi aktual batubara hanya 25.000 ton/bulan dengan total *cycle time* sebesar 127,95 menit dimana produksi ini belum memenuhi target produksi yaitu sebesar 32.929,0833 ton/bulan. Adapun indikasi penyebabnya dikarekan geometri jalan yang tidak sesuai standar. Perbaikan geometri jalan berdasarkan KEPMEN ESDM NOMOR 1827. Diketahui jumlah lajur jalan dua jalur, setelah di lakukan perhitungan untuk lebar minimal pada jalan lurus adalah 8.75 m dan lebar minimal pada jalan tikungan adalah 15.706 m. Pada kondisi jalan aktual belum terdapat *superelevasi*, setelah dilakukan perhitungan didapatkan nilai *superelevasi* standar 0,014-0,061 m/m dengan beda tinggi 0,21-0,976 m. Pada kondisi jalan aktual terdapat beberapa segmen yang tidak memiliki *cross slope*. Setelah dilakukan perhitungan didapatkan nilai *cross slope* 0,35-0,44 m.

Ucapan Terimakasih

Terimakasih diucapkan penulis kepada PT Haswi Kencana Indah yang sudah memberikan tempat untuk melakukan penelitian, kepada bapak/ibu dosen Teknik pertambangan Universitas Jambi yang sudah membimbing penulis sehingga karya tulis ini dapat diselesaikan,

dan kepada semua pihak yang sudah membantu dalam penulisan ini.

Daftar Pustaka

- Aldiyansyah., 2016. Analisis Geometri Jalan di Tambang Utara Pada PT. Ifishdeco Kecamatan Tinanggea Kabupaten Konawe Selatan Provinsi Sulawesi Tenggara. *Jurnal Geomine*, 4 (1), 39-43.
- Doirebo, HYE., 2018. Evaluasi Geometri Jalan Angkut Tambang pada PT Adikarya Tanrisau Kampung Dosay Distrik Sentani Barat Kabupaten Jayapura Provinsi Papua. *Portal Sipil*, 7 (2), 1-8.
- Indonesianto, Y., (2007). *Pemindahan Tanah Mekanis*. UPN, Yogyakarta.
- Jenius, and Rauf, A., 2018. Evaluasi Geometri Jalan Angkut dari Pit ke Disposol di PT Awokgading Sarira Nusantara Kabupaten Luwu Timur Provinsi Sulawesi Selatan, *Prosiding Nasional Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi XIII*. 100-107
- Lambung, TY., Saismana, U., Hakim, RN., Fakhturozi, M., 2016. Evaluasi Jalan Tambang Untuk Meningkatkan Produktivitas Alat Angkut pada Aktivitas Pemindahan *Overburden*. *Jurnal Geosapta*, 2 (2), 108-112.
- Multriwahyuni, A., 2017. Evaluasi Geometri Jalan Tambang Menggunakan Teori AASHTO Untuk Peningkatan Produktivitas Alat Angkut Dalam Proses Pengupasan *Overburden* di PIT Timur PT. Artamulia Tatapatama Desa Tanjung Belit, Kecamatan Jujuhan, Kabupaten Bungo, Provinsi Jambi. *Jurnal Bina Tambang*, 3 (4), 1513-1522.
- Rifandy, A. and Hefni., 2016. Kajian Teknis Geometri Jalan Hauling pada PT Guruh Putra Bersama Site Desa Gunung Sari Kecamatan Tabang Kabupaten Kutai Kartanegara. *Jurnal Geologi Pertambangan*, (1), 12–35.
- Sefrizmi, A. and Kasim, T., 2018. Analisis Kebutuhan Alat Gali Muat dan Alat Angkut Menggunakan Simulasi Teori Antrian Pada Produksi *Overburden* di PT. Haswi Kencana Indah Kecamatan Sumay, Kabupaten Tebo Provinsi Jambi. *Jurnal Bina Tambang*, 4 (3), 260-270.
- Silalahi, JR., 2019. Kajian Teknis Geometri Jalan Tambang Front 242 Untuk Pencapaian Produktivitas Aalat Angkut di PT Semen Padang. *Mine Journal*, 3 (2), 1-10.
- Suwandhi, A., 2004. Perencanaan Jalan Tambang, Diktat Perencanaan Tambang, Jurusan Teknik Pertambangan UNISBA, Bandung.



p-ISSN : 2354-7316



e-ISSN : 2620-773