

TESIS

**ANALISIS FAKTOR CUACA TERHADAP KINERJA
SISTEM *SHOVEL TRUCK* DI LOKASI PIT E PT BUKIT
ASAM, Tbk ATAS PERTIMBANGAN FAKTOR
KESELAMATAN PENGANGKUTAN *OVERBURDEN***



**RIKA HARLIN
03042682226010**

**BKU PENGELOLAAN SUMBERDAYA BUMI
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK PERTAMBANGAN
PROGRAM PASCASARJANA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2024**

TESIS

**ANALISIS FAKTOR CUACA TERHADAP KINERJA
SISTEM *SHOVEL TRUCK* DI LOKASI PIT E PT BUKIT
ASAM, Tbk ATAS PERTIMBANGAN FAKTOR
KESELAMATAN PENGANGKUTAN *OVERBURDEN***

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Magister Teknik Pertambangan Pada Program Pascasarjana
Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**



Oleh :

**RIKA HARLIN
NIM. 03042682226010**

Dosen Pembimbing :

- 1. Prof. Dr. Ir. H. M. Taufik Toha, DEA.**
- 2. Prof. Dr. Eddy Ibrahim, M.S. CP., IPU. ASEAN.Eng**

**BKU PENGELOLAAN SUMBERDAYA BUMI
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK PERTAMBANGAN
PROGRAM PASCASARJANA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2024

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS FAKTOR CUACA TERHADAP KINERJA SISTEM
SHOVEL TRUCK DI LOKASI PIT E PT. BUKIT ASAM, Tbk ATAS
PERTIMBANGAN FAKTOR KESELAMATAN
PENGANGKUTAN *OVERBURDEN***

LAPORAN PROPOSAL TESIS

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Magister Teknik Pada Program Studi
Magister Teknik Pertambangan Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya**

Oleh:

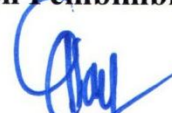
RIKA HARLIN

NIM : 03042682226010

Palembang, Juli 2024

Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing II



Prof. Dr. Ir. H. M. Taufik Toha, DEA.

Prof. Dr. Ir. Eddy Ibrahim, M.S.CP., IPU.

NIDK. 8864000016

NIP. 196211221991021001

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik



Prof. Dr. Eng. Ir. H. Joni Arliansyah, M.T.

NIP. 196706151995121002

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Laporan Tesis ini dengan judul “Analisis Faktor Cuaca Terhadap Kinerja Sistem *Shovel Truck* di Lokasi Pit E PT. Bukit Asam, Tbk Atas Pertimbangan Faktor Keselamatan Pengangkutan *Overburden*” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Sidang Hasil Tesis Fakultas Teknik, Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya pada Tanggal 02 Juli 2024.

Palembang, 02 Juli 2024

Ketua :

1. **Dr. Ir. H. Maulana Yusuf, MS., MT.**
NIP. 195909251988111001

Anggota :

1. **Prof. Dr. Ir. H. M. Taufik Toha, DEA.**
NIDK. 8864000016
2. **Prof. Dr. Ir. Eddy Ibrahim, M.S.CP., IPU, ASEAN, ENG**
NIP.196211221991021001
3. **Dr. Ir. H. Maulana Yusuf, MS., MT.**
NIP.195909251988111001
4. **Ir. H. Syamsul Komar, Ph.D.**
NIDK.9990087012

Mengetahui
Dekan Fakultas Teknik

Prof. Dr. Eng. Ir. H. Joni Arliasnyah, MT
NIP. 196706151995121002

Koordinator Program Studi
Magister Teknik Pertambangan

Dr. Ir. H. Maulana Yusuf, MS, MT.
NIP. 195909251988111001

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Rika Harlin
NIM : 03042682226010
Judul : ANALISIS FAKTOR CUACA TERHADAP KINERJA SISTEM
SHOVEL TRUCK DI LOKASI PIT E PT BUKIT ASAM, Tbk
ATAS PERTIMBANGAN FAKTOR KESELAMATAN
PENGANGKUTAN OVERBURDEN

Menyatakan bahwa laporan tesis saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan dalam laporan tesis ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari universitas sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari pihak manapun.

Palembang, 28 Juni 2024



Rika Harlin

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal tesis yang berjudul Analisis Faktor Cuaca Terhadap Kinerja Sistem *Shovel Truck* di Lokasi Pit E PT. Bukit Asam, Tbk Atas Pertimbangan Faktor Keselamatan Pengangkutan *Overburden*.

Laporan Hasil Penelitian ini merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Magister Teknik di Program Studi Magister Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Penulis banyak menerima bantuan, arahan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Taufik Marwa, S.E., M.SI. Rektor Universitas Sriwijaya.
2. Prof. Dr.Eng. Ir. H. Joni Arliansyah, MT., Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
3. Prof. Dr. Ir.Eddy Ibrahim, M.S.CP.,IPU,ASEAN,Eng Ketua Jurusan Teknik Pertambangan dan Geologi Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
4. Dr. Ir. H. Maulana Yusuf, MS., MT, Koordinator Program Studi Magister Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
5. Prof. Dr. Ir. H. M. Taufik Toha, DEA. sebagai Pembimbing Pertama.
6. Prof. Dr. Eddy Ibrahim, M.S. CP., IPU. sebagai Pembimbing Kedua.
7. Dr. Ir. H. Maulana Yusuf, MS., MT. dan Ir. H. Syamsul Komar, Ph.D. sebagai Tim Penguji.
8. Bapak dan Ibu wakil dekan serta staf administrasi Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
9. Bapak dan Ibu staf pengajar Program Studi Magister Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
10. Kedua orang tua, suami serta keluarga penulis yang selalu memberikan semangat dan doa.

11. Rekan-rekan Mahasiswa Program Studi Magister Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya khususnya angkatan 2023 serta semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan proposal tesis ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulisan laporan hasil penelitian ini masih terdapat kekurangan yang belum penulis sadari. Kritik dan saran yang bersifat membangun penulis harapkan dari semua pihak untuk kesempurnaan proposal tesis ini. Akhir kata penulis berharap semoga proposal tesis ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca. Amin.

Palembang, 02 Juli 2024

Penulis.

RINGKASAN

ANALISIS FAKTOR CUACA TERHADAP KINERJA SISTEM *SHOVEL TRUCK* DI LOKASI PIT E PT. BUKIT ASAM, Tbk ATAS PERTIMBANGAN FAKTOR KESELAMATAN PENGANGKUTAN *OVERBURDEN*

Karya tulis ilmiah berupa Tesis, Mei 2024

Rika Harlin Pasek; dibimbing oleh Prof. Dr. Ir. H. M. Taufik Toha, DEA. Dan Prof. Dr. Eddy Ibrahim, M.S.CP., IPU.

Analysis Of Weather Factors On The Performance Of The Shovel Truck System At The Pit E Location Of Pt Bukit Asam, Tbk In Consideration Of The Safety Factor Of Overburden Trucking

xx + 336 halaman, 48 tabel, 44 gambar, 21 lampiran

RINGKASAN

PT. Bukit Asam merupakan perusahaan pertambangan batubara yang beroperasi di Indonesia, terletak di Kecamatan Tanjung Enim, Kabupaten Muara Enim, Sumatera Selatan. Luas area Izin Usaha Pertambangan (IUP) yang dimilikinya mencapai 93.000 hektar. Salah satu izin usaha penambangan yang dimiliki oleh PT. Bukit Asam adalah PIT E Bangko Tengah. Proses pengupasan lapisan tanah penutup, atau *overburden*, adalah bagian integral dari kegiatan penambangan dan dapat signifikan memengaruhi efisiensi dan efektivitas operasi. Rangkaian kerja menggunakan alat gali muat (*excavator*) dan alat angkut (*truck*) untuk memindahkan material dari front (titik pemuatan) ke tempat pembuangan (tempat disposal). Target pengupasan *overburden* pada tahun 2023 PT. Bukit Asam, Tbk telah ditetapkan sebesar 43.000.000 bcm, namun realisasi produksi pada triwulan 1 mencapai 8.847.817 bcm, atau sekitar 21% dari total target tersebut. Dengan demikian, pencapaian produksi pengupasan *overburden* di PIT E belum memenuhi target yang telah ditetapkan. Tidak tercapainya target pengupasan *overburden* dapat disebabkan beberapa faktor, seperti adanya pengaruh cuaca yang menyebabkan produktivitas *shovel-dumptruck* yaitu waktu kerja efektif dan *cycle time*.

Pengangkutan material dalam penambangan batubara tambang terbuka dengan menggunakan sistem *shovel-dump truck* di PT. Bukit Asam merupakan aspek krusial dalam mencapai target produksi. Perencanaan kebutuhan alat angkut melibatkan analisis data *cycle time* yang diperoleh dari pengamatan lapangan serta perhitungan teoritis berdasarkan rimpull dump truck. Namun, produktivitas aktual sistem *shovel-dump truck* sering kali tidak konsisten dengan perkiraan teoritisnya, yang disebabkan oleh kompleksitas multivariabel yang memengaruhi waktu kerja efektif dan *cycle time*. Untuk memperkirakan *cycle time* secara teoritis, metode AHP (*Analytical*

Hierarchy Process) digunakan melalui kuisioner dominasi antar variabel guna mengidentifikasi faktor-faktor dominan yang mempengaruhi waktu kerja efektif dan *cycle time*.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dampak faktor cuaca terhadap kinerja sistem *shovel truck* di lokasi Pit E Banko Tengah PT. Bukit Asam, Tbk, dengan memprioritaskan keselamatan operasional penambangan batubara sebagai faktor utama. Lokasi penelitian dipilih karena Pit E Banko Tengah memiliki tingkat produksi batubara yang mencapai 7 juta ton per tahun, didukung oleh metode penggalian satu lapisan dan penggunaan peralatan *big digger* yang efisien. Dalam upaya meningkatkan produktivitas pengupasan *overburden*, analisis menyeluruh perlu dilakukan, dengan mempertimbangkan faktor keselamatan untuk mengurangi kerugian akibat *lost opportunity* (LO) di area penambangan. Penelitian ini fokus pada identifikasi faktor koreksi yang mempengaruhi waktu kerja efektif dan *cycle time* menggunakan metode AHP (*Analytical Hierarchy Process*). Variabel yang dianalisis meliputi waktu yang tidak produktif akibat cuaca, seperti persiapan kerja, pemanasan mesin, perjalanan dari dan ke area parkir, menunggu pembersihan area kerja, pengisian bahan bakar, istirahat makan, pergantian shift, perbaikan, dan perawatan alat. Analisis ini diharapkan dapat memberikan pemahaman mendalam tentang bagaimana kondisi cuaca, baik hujan maupun kemarau, mempengaruhi efisiensi operasional sistem *shovel truck*, serta memberikan dasar untuk pengembangan strategi mitigasi risiko dan peningkatan produktivitas secara keseluruhan.

Hasil analisis menunjukkan bahwa produktivitas aktual sistem *shovel dump truck* cenderung lebih rendah, yaitu 0,30 pada curah hujan tinggi dan 0,11 pada curah hujan rendah, dibandingkan dengan perkiraan teoritisnya. Pengamatan menunjukkan bahwa waktu kerja efektif aktual sebesar 67,79%, sedangkan hasil pemodelan menunjukkan waktu kerja efektif sebesar 51,52%. Sementara itu, waktu kerja efektif realisasi rata-rata tahunan adalah 47,08%. *Cycle time* aktual bulan Februari (musim hujan) mencapai 22,03 menit, *cycle time* aktual bulan Juni (musim kemarau) sebesar 13,57 menit, sedangkan *cycle time* teoritis adalah 17,72 menit (musim hujan) dan 10,03 menit (musim kemarau), kemudian *cycle time* pemodelan adalah 21,79 menit. Dalam pendekatan teoritis, kecepatan maksimum aktual alat dipertimbangkan sebesar 17,65 km/jam. Pengaruh multivariabel dominan pada waktu kerja efektif meliputi faktor disiplin kerja (47,30%), cuaca (25,60%), maintenance dan repair (16,40%), isi bahan bakar (5,30%), dan luas area di front dan disposal (5,30%). Sedangkan pada *cycle time*, faktor-faktor dominannya adalah topografi (43,50%), *slippery* (30,40%), kepadatan jalan (14,70%), jarak pandang (6,00%), dan penyiraman jalan (5,30%). Meskipun demikian, nilai Mechanical Availability (MA), Physical Availability (PA), dan Used Availability (UA) selama enam bulan terakhir mengalami variasi, dengan nilai Effective Utilization (EU) cenderung rendah, umumnya di bawah 50%. Dalam manajemen risiko K3 operasi pengangkutan, penting untuk mengidentifikasi potensi bahaya selama kegiatan penggalian, pengangkutan, penimbunan, dan pemadatan.

Analisis tersebut mengungkapkan dampak signifikan dari faktor cuaca terhadap produktivitas sistem *shovel truck*. Dalam kondisi curah hujan tinggi, produktivitas aktual cenderung lebih rendah dibandingkan dengan perkiraan teoritis, dengan nilai

penurunan efisiensi kerja sebesar 0.30. implikasinya, cuaca yang buruk membatasi waktu kerja efektif yang dapat dilihat melalui perbandingan antara waktu kerja efektif rencana dan hasil pemodelan dengan waktu kerja efektif realisasi yang lebih rendah. Demikian pula cycle time aktual juga mengalami peningkatan, menandakan penurunan efisiensi operasional. Faktor cuaca menunjukkan peran dominan dalam mempengaruhi waktu kerja efektif, dengan kontribusi signifikan sebesar 25,60% dalam pengaruh multivariabel dominan. Dampak lain dari faktor cuaca terlihat pada cycle time, dimana kondisi topografi, tingkat sippery, dan kondisi jalan secara langsung mempengaruhi performa operasional. Walaupun demikian, nilai Mechanical Availability (MA), Physical Availability (PA), dan Used Availability (UA) mengalami variasi selama enam bulan terakhir, dengan nilai Effective Utilization (EU) cenderung rendah, menunjukkan perlunya peningkatan pengidentifikasi potensi bahaya selama kegiatan penggalian, pengangkutan, penimbunan, dan pemadatan dalam konteks meningkatkan efisiensi dan keamanan operasional.

Pengaruh cuaca, seperti jalan berdebu selama musim kemarau, dapat mengurangi kecepatan dump truck dan meningkatkan risiko kecelakaan. Penyiraman jalan dapat menjadi solusi untuk mengurangi debu dan risiko tergelincirnya dump truck.

Kata kunci : *overburden*, metode AHP, waktu kerja efektif, *cycle time*, sistem *shovel dump-truck*.

SUMMARY

ANALYSIS OF WEATHER FACTORS ON THE PERFORMANCE OF THE SHOVEL TRUCK SYSTEM AT THE PIT E LOCATION OF PT BUKIT ASAM, Tbk IN CONSIDERATION OF THE SAFETY FACTOR OF OVERBURDEN TRUCKING

Scientific Paper in the form of Thesis, Juli 2024

Rika Harlin Pasek; supervised by Prof. Dr. Ir. H. M. Taufik Toha, DEA. and Prof. Dr. Eddy Ibrahim, M.S.CP., IPU, ASEAN, Eng

Analisis Faktor Cuaca Terhadap Kinerja Sistem Shovel Truck Di Lokasi Pit E Pt. Bukit Asam, Tbk Atas Pertimbangan Faktor Keselamatan Pengangkutan Overburden.

xx + 330 pages, 45 table, 44 pictures, 21 attachment

SUMMARY

PT Bukit Asam is a coal mining company in Indonesia, located in Tanjung Enim District, Muara Enim Regency, South Sumatra. The area of its Mining Business Licence (IUP) reaches 93,000 hectares. One of the mining business licenses PT Bukit Asam owns is PIT E Bangko Tengah. The process of stripping overburden is an integral part of mining activities and can significantly affect the efficiency and effectiveness of operations. The work sequence uses excavators and trucks to move material from the front (loading point) to the disposal site. PT Bukit Asam Tbk's overburden stripping target for 2023 has been set at 43,000,000 Bcm, but the production realization in the first quarter only reached 8,847,817 Bcm or about 21 % of the target. Thus, the achievement of overburden stripping production in PIT E still needs to meet the set target. The non-achievement of the overburden stripping target can be caused by several factors, such as the influence of weather that causes shovel-dump truck productivity, namely adequate working time and cycle time.

Transporting materials in open pit coal mining using a shovel-dump truck system at PT Bukit Asam is crucial to achieving production targets. The planning of hauling equipment requirements involves analyzing cycle time data obtained from field observations and theoretical calculations based on dump truck rim pulls. However, the actual productivity of the shovel-dump truck system is often inconsistent with its theoretical estimates due to the multivariable complexities that affect adequate working time and cycle time. To estimate the theoretical cycle time, the AHP (Analytical Hierarchy Process) method is used through a dominance questionnaire between variables to identify the dominant factors affecting adequate working time and cycle time.

This study aims to analyze the impact of weather factors on the performance of the shovel truck system at the Central Banko Pit E location of PT Bukit Asam Tbk, taking into account the safety of coal mining operations as a crucial factor. The research location was chosen due to the Pit E Banko Tengah mining site's annual production rate of 7 million tonnes. This is attributed to the excavation method, which involves only one layer, and the utilization of efficient big digger equipment in the process. In order to increase overburden production while considering safety factors against lost opportunity (LO) at the mining site, a comprehensive analysis is necessary. Therefore, this research also focuses on identifying corrective factors that influence adequate working time and cycle time using the Analytical Hierarchy Process (AHP) method approach to various variables affecting adequate working time and cycle time. This includes unproductive time, such as work preparation, engine warm-up, travel to and from the parking area to the work site, waiting for the work area to be cleaned, refueling, meal breaks, shift changes, tool repairs, and tool maintenance

The analysis results show that the actual productivity of the shovel dump truck system tends to be lower, 0.30 in high rainfall and 0.11 in low rainfall, compared to its theoretical estimate. Observations show that the planned adequate working time is 67.79%, while the modeling results show an adequate working time of 51.52%. Meanwhile, the annual average realized adequate working time was 47.08%. The actual cycle time in February (wet season) was 22.03 minutes, the actual cycle time in June (dry season) was 13.57 minutes, while the theoretical cycle time was 17.72 minutes (wet season) and 10.03 minutes (dry season), and the modeling cycle time was 21.79 minutes. In the theoretical approach, the actual maximum speed of the equipment is considered to be 17.65 km/h. The dominant multivariable influences on adequate work time include work discipline (47.30%), weather (25.60%), maintenance and repair (16.40%), refueling (5.30%), and front and disposal area (5.30%). As for cycle time, the dominant factors are topography (43.50%), slippery (30.40%), road density (14.70%), visibility (6.00%), and road watering (5.30%). Despite this, the Mechanical Availability (MA), Physical Availability (PA), and Used Availability (UA) values over the past six months have varied, with Effective Utilisation (EU) values tend to be low, generally below 50%. In OHS risk management of haulage operations, it is essential to identify potential hazards during excavation, transport, stockpiling, and compaction activities. Weather influences, such as dusty roads during the dry season, can reduce the speed of dump trucks and increase the risk of accidents. Road watering can be a solution to reduce dust and the risk of dump truck derailment.

The analysis revealed a significant impact of factors on the productivity of the shovel truck system. Under high rainfall conditions, actual productivity tends to be lower than the theoretical estimate, resulting in a decrease in work efficiency of 0.30. This implies that poor weather limits effective working time, as evidenced by the comparison between planned and modeled effective working time, which was lower. Similarly, actual cycle time increased, indicating a decrease in operational efficiency. Weather factors were dominant in influencing effective working time, contributing significantly by 25.60% to the dominant multivariable influence. Another impact of weather factors is observed in cycle time, where topography, slippery conditions, and

road conditions directly affect operational performance. However, Mechanical Availability (MA), Physical Availability (PA), and Used Availability (UA) values have varied over the past six months, with Effective Utilization (EU) values tend to be low, indicating the need for increased identification of potential hazards during excavation, transport, stockpiling, and compaction activities to improve operational efficiency and safety.

Weather influences, such as dusty roads during the dry season, can reduce the speed of dump trucks and increase the risk of accidents. Road watering can be a solution to reduce dust and the risk of dump truck derailment.

Keywords: overburden, AHP method, effective working time, cycle time, shovel dump-truck system.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
KATA PENGANTAR	v
RINGKASAN	vii
SUMMARY	x
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR ISTILAH	xvi
DAFTAR TABEL	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Manfaat Penelitian	5
1.5. Ruang Lingkup Penelitian.....	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Pengertian Pertambangan.....	6
2.1.1. Penetapan Wilayah Pertambangan	7
2.1.2. Penetapan Wilayah Pertambangan dan Zona Pertambangan	8
2.2. Pertambangan.....	9
2.3. Izin Usaha Perusahaan (IUP) PIT E Banko Tengah.....	12
2.4. Produksi dan Produktivitas	15
2.5. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Produktivitas	16
2.6. Produktivitas Alat Gali Muat dan Alat Angkut	22
2.5.1. ProduktivitasAlatGali-Muat.....	23
2.5.2. Produktivitas Alat Angkut (<i>Dump Truck</i>)	24
2.7. Waktu Edar (<i>Cycle Time</i>)	26
2.8. Teori Antrian	28
2.9. Geometri Jalan Tambang.....	32
2.9.1. Lebar Jalan	32
2.9.2. Kemiringan Melintang (<i>Cross Slope</i>)	34

2.9.3. Kemiringan Jalan (<i>Grade</i>)	34
2.9.4. Jari-Jari dan <i>Superelevasi</i> (Kemiringan jalan pada tikungan)	35
2.10. Faktor Cuaca.....	36
2.11. Kesehatan dan Keselamatan Kerja	40
2.12. Manajemen Risiko	42
2.13. Analisis Regresi Linier Berganda	47
2.14. Kerangka Konseptual.....	49
2.15. <i>State of The Art</i> dan Penelitian Terdahulu	51
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	53
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian.....	53
3.2. Jenis dan Desain Penelitian.....	53
3.3. Data dan Informasi.....	53
3.3.1. Variabel Penelitian	53
3.3.2. Jenis dan Sumber Data.....	54
3.4. Teknik Pengumpulan Data	55
3.5. Populasi dan Sampel	55
3.6. Instrumen Penelitian	56
3.7. Prosedur Kerja	56
3.8. Teknik Pengolahan Data	57
3.9. Tahapan penelitian	58
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	68
4.1. Pengaruh Cuaca Terhadap Produktivitas	68
4.1.1. Pengaruh Kecepatan Terhadap Produktivitas dan Pencapaian Produksi.	68
4.1.2. Pengaruh Topografi Terhadap Produktivitas dan Pencapaian Produksi	70
4.1.3. Pengaruh Efisiensi Kerja.....	76
4.1.4. <i>Cycle Time</i>	79
4.1.5. Produktivitas Shovel-Truck	82
4.2. Pengaruh Faktor Cuaca terhadap Kinerja Peralatan Mekanis mekanis Pada Kegiatan Pengupasan Overburden di PIT E Banko Tengah	87

4.2.1. Parameter Dasar Perhitungan Nilai Mechanical Availability (MA), Physical Availability (PA) ,Used Availability(UA) dan Effective Utilization (EU)	87
4.2.2. Tingkat Ketersediaan Alat dari Beberapa Alat yang diamati	88
4.2.3. Analisis Linier Berganda.....	92
4.3. Manajemen Risiko Pada Kegiatan Pengupasan Overburden di Pit.E Banko Tengah.....	111
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	122
5.1. Kesimpulan	122
5.2. Saran	125
DAFTAR PUSTAKA.....	126
LAMPIRAN	

DAFTAR ISTILAH

Breakdown	: Kerusakan
Cross Slope	: Kemiringan melintang
Cycle time	: Waktu edar
Effective Utilization	: Pemanfaatan yang Efektif
Grade	: Kemiringan jalan
Hours meter	: Pengukur alat
Idle hours	: Jam kosong
Land Clearing	: Pembersihan Lahan
Maintance	: Memelihara
Mechanical Availability	: Ketersediaan Mekanik
Moisture	: Kelembaban
Overburden	: Lapisan penutup
Performance	: Peforma
Physical Availability	: Ketersediaan Fisik
Repair	: Perbaikan
Ripping and Dozing	: Penggauran dan Perataan
Slippery Time	: Waktu licin
Top Soil Removal	: Pengupasan Tanah Pucuk
Used Availability	: Ketersediaan yang Digunakan

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Rencana Dan Realisasi Produksi <i>Overburden</i> di Sisi Utara Pit.E Periode Januari – Juni 2023	13
Tabel 3.1. Variabel Penelitian.....	66
Tabel 3.2. Penentuan faktor x_1 disiplin kerja.....	74
Tabel 3.3. Penentuan faktor x_2 maintenance & repair	74
Tabel 3.4. Penentuan faktor x_2 maintenance & repair	75
Tabel 3.5. Penentuan Faktor X_4 Durasi Hujan.....	75
Tabel 3.6. Penentuan faktor x_5 area Pit dan disposal.....	75
Tabel 3.7. Penentuan faktor z_1 Topografi/grade Jalan	77
Tabel 3.8. Penentuan faktor z_2 <i>slippery</i>	77
Tabel 3.9. Penentuan faktor z_3 kepadatan jalan	69
Tabel 3.10. Penentuan faktor z_4 Jarak Pandang Vs Kecepatan (Modifikasi)	78
Tabel 3.12. Penentuan faktor z_5 Jalan Disiram.....	78
Tabel 3.13. Jadwal Rencana Kegiatan Penelitian.....	80
Tabel 4.2. Kepadatan Jalan Angkut.....	73
Tabel 4.3. Jenis dan Jumlah Alat Mekanis	73
Tabel 4.4. Matriks Perbandingan Berpasangan.....	76
Tabel 4.5. Normalisasi Matriks Perbandingan	77
Tabel 4.6. Rekapitulasi Waktu Kerja Efektif.....	78
Tabel 4.7. Matriks Perbandingan Berpasangan.....	80
Tabel 4.8. Normalisasi Matriks Perbandingan	80
Tabel 4.9. Rekapitulasi <i>Cycle Time</i>	82
Tabel 4.10. Produktivity Excavator dan Truck Aktual Pada Musim Hujan dan Musim Kemarau	83
Tabel 4.11. Hasil Rekapitulasi Produktivity.....	85
Tabel 4.12. Perbandingan Aktual, Teoritis dan Baseline Produktivity Selama 1 Bulan	85
Tabel 4.13. Pengaruh Produktivitas Musim Hujan dan Kemarau	86

Tabel 4.14. Hasil Analisis Nilai <i>Cycle Time</i> , Kecepatan dan Frekuensi Penyiraman <i>Water Truck</i>	92
Tabel 4.15. Hasil Uji Multikorelasi <i>Cycle Time</i> , Kecepatan <i>Water Truck</i> Dan Frekuensi Penyiraman.....	93
Tabel 4.16. Hasil Uji Autokorelasi Koefisien Determinasi <i>Cycle Time</i> , Kecepatan <i>Water Truck</i> Dan Frekuensi Penyiraman.....	95
Tabel 4.17. Hasil Uji ANOVA <i>Cycle Time</i> , Kecepatan <i>Water Truck</i> Dan Frekuensi Penyiraman.....	96
Tabel 4.18. Hasil Uji t <i>Cycle Time</i> , Kecepatan <i>Water Truck</i> Dan Frekuensi Penyiraman.....	97
Tabel 4.19. Hasil Penyiraman Jalan Terhadap Produksi	98
Tabel 4.20. Hasil Uji Multikorelasi Pengaruh Penyiraman Jalan Terhadap Produksi	98
Tabel 4.21. Hasil Koefisien Determinasi (R^2) Durasi Penyiraman Availability Alat Terhadap Produksi.....	101
Tabel 4.22. Hasil Uji ANOVA Pengaruh Penyiraman Jalan dan <i>Availability</i> Alat Terhadap Produksi <i>Overburden</i>	102
Tabel 4.23. Hasil Uji t Pengaruh Penyiraman Jalan dan <i>Availability</i> Alat Terhadap Produksi <i>Overburden</i>	103
Tabel 4.24. Nilai Faktor Cuaca Terhadap Produksi	104
Tabel 4.25. Hasil Uji Multikorelasi Faktor Cuaca Terhadap Produksi	104
Tabel 4.26. Hasil Uji Autokorelasi Faktor Cuaca Terhadap Produksi	107
Tabel 4.27. Hasil Uji ANOVA Faktor Cuaca Terhadap Produksi	108
Tabel 4.28. Hasil Uji t Faktor Cuaca Terhadap Produksi.....	109
Tabel 4.29. Pengaruh Kinerja Peralatan Mekanis	110
Tabel 4.30. Kemungkinan (<i>Likelihood</i>)	111
Tabel 4.31. Tabel Konsekuensi (<i>Saverity</i>).....	112
Tabel 4.32. Paparan (<i>Exposure</i>)	112
Tabel 4.33. Tingkat Risiko Berdasarkan Australian Standard (AS) Dan New Zealand Standard (Nzs)	113
Tabel 4.34. Tingkat Risiko	119

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1. Kegiatan Penambangan	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.2. Peta Rencana Penambangan Pit E Periode Januari (Musim Hujan) Tahun 2023	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.3. Peta Rencana Penambangan Pit E Periode Februari (Musim Hujan) Tahun 2023	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.4. Peta Rencana Penambangan Pit E Periode Maret (Musim Hujan) Tahun 2023	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.5. Peta Rencana Penambangan Pit E Periode April (Musim Kemarau) Tahun 2023	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.6. Peta Rencana Penambangan Pit E Periode Mei (Musim Kemarau) Tahun 2023	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.7. Peta Rencana Penambangan Pit E Periode Juni (Musim Kemarau) Tahun 2023	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.8. Pola Pemuatan <i>Top</i> dan <i>Bottom loading</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.9. Keadaan Material	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.10. Pergerakan Penggalian Konfigurasi (a) <i>Backhoe</i> dan (b) <i>Power Shovel</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.11. (a) <i>Rigid dump truck</i> (HD785) dan (b) <i>Articulated dump truck</i> ...	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.12. Waktu Siklus <i>Dump Truck</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.13. <i>Single channel single phase</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.14. <i>Single channel multiple phase</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.15. <i>Multiple channel single phase</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.16. <i>Multipe channel multiple phase</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.17. Sistem Antrian <i>Dump Truck</i> dan <i>Loader Excavator</i> .	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.18. Lebar Jalan Angkut Pada Kondisi Lurus.....	Error! Bookmark not defined.

Gambar 2.19. Lebar Jalan Angkut Pada Tikungan Untuk 2 Jalur....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.20. <i>Cross slope</i> jalan angkut.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.21. Kemiringan jalan angkut	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.22. <i>Superelevasi</i> jalan (Sukirman, 1999)...	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.23. Hakekat Keselamatan Kerja (Buku Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja)	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.24. Kerangka Konseptual	51
Gambar 3.1. Lokasi Wilayah Pertambangan Batubara PIT E PT. Bukit Asam, Tbk	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.1. Peta Segmen Jalan PIT E PT. Bukit Asam	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.2. Tingkat Ketersediaan Peralatan Mekanis Bulan Januari (Musim Hujan)	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.3. Tingkat Ketersediaan Peralatan Mekanis Bulan Februari (Musim hujan)	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.4. Tingkat Ketersediaan Peralatan Mekanis Bulan Maret (Musim hujan)	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.5. Tingkat Ketersediaan Peralatan Mekanis Bulan April (Musim Kemarau)	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.6. Tingkat Ketersediaan Peralatan Mekanis Bulan Mei (Musim Kemarau)	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.7. Tingkat Ketersediaan Peralatan Mekanis Bulan Juni (Musim Kemarau)	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.8. Probability Variabel <i>Cycle Time</i>	94
Gambar 4.9. Probability Variabel Produksi.....	100
Gambar 4.10. Probability Variabel Produksi.....	106

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Batubara merupakan mineral organik yang terbentuk dari sisa-sisa tumbuhan yang mengendap dan berubah bentuk yang disebabkan oleh proses fisika dan kimia yang berlangsung jutaan tahun (Rafieizonooz, 2017). Pada tahun 2022, Indonesia merupakan negara penghasil batubara terbesar ketiga di dunia, setelah Tiongkok dan India. Menurut Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia tahun 2018, Indonesia memiliki sekitar 140,48 miliar ton batubara, dengan 29,91 miliar ton diklasifikasikan sebagai cadangan batubara. Berdasarkan BP *Statistical Review of World Energy* (2022), produksi batubara Indonesia mencapai 687 juta ton, naik 12% dari produksi tahun 2021 yang tercatat sebesar 641 juta ton. Peningkatan produksi batubara dipicu karena adanya permintaan konsumsi batubara dalam negeri yang mencapai 193 juta ton atau 116% atau meningkat 45%. Salah satu faktor utama yang menyebabkan peningkatan produksi batubara di Indonesia adalah tingginya permintaan (*demand*) konsumsi batubara di dalam negeri.

PT Bukit Asam, Tbk, juga dikenal sebagai PT BA, adalah salah satu perusahaan pertambangan batubara terbesar yang beroperasi di wilayah Tanjung Enim, Sumatera Selatan, Indonesia. PT Bukit Asam, Tbk memiliki 5 izin usaha penambangan (IUP) yang mencakup IUP Tambang Air Laya (TAL), IUP Muara Tiga Besar (MTB), IUP Banko Barat, IUP Bangko Tengah Blok A, dan IUP Bangko Tengah Blok B. Perusahaan ini menggunakan sistem tambang terbuka (*surface mining*) dengan dua pendekatan metode penambangan yang berbeda, yaitu *continous mining* dan *conventional mining*. Metode *continous mining* mengandalkan penggunaan *Bucket Wheel Excavator* (BWE), yang merupakan sistem yang terintegrasi dan saling berhubungan. Sebaliknya, *conventional mining* menggunakan peralatan pemuatan dan pengangkutan (*shovel truck*) untuk proses ekstraksi (Xu *et al.*, 2023; Martadinata and Sepriadi, 2019). Kegiatan penambangan dilakukan dengan cara membersihkan lahan (*land clearing*),

pengupasan tanah tertutup (*overburden*), penggalian, pengangkutan, penimbunan *overburden* ke *disposal* area dan batubara ke *stockpile* batubara, penyaliran tambang, serta reklamasi atau revegetasi pasca tambang (Toha *et al.*, 2019).

Salah satu kegiatan yang berpengaruh dalam proses penambangan adalah pengupasan lapisan tanah penutup atau *overburden*. Pengupasan lapisan tanah penutup (*overburden*) merupakan lapisan tanah dan batuan yang menutupi deposit mineral atau batubara yang akan ditambang, dan dapat mempengaruhi efisiensi serta efektivitas proses penambangan (Yusuf *et al.*, 2018). Target pengupasan *overburden* tahun 2023 PT. Bukit Asam, Tbk direncanakan sebesar 43.000.000 bcm, dari target pertahun yang telah ditetapkan oleh perusahaan. Namun, pencapaian target pengupasan *overburden* triwulan 1 adalah sebesar 8.250.000 bcm. Sedangkan, pada realisasinya hanya sebesar 5.867.436 atau sekitar 71%. Berdasarkan data realisasi tersebut, dapat disimpulkan bahwa produksi pengupasan *overburden* di PIT E belum mencapai target produksi. Hal ini dapat berdampak pada biaya operasional yang dikeluarkan untuk pengupasan setiap BCM (Bank Cubic Metre) lapisan *overburden*. Tidak tercapainya target pengupasan *overburden* dapat disebabkan beberapa faktor, seperti adanya pengaruh cuaca yang menyebabkan produktivitas shovel-dumptruck yaitu waktu kerja efektif dan cycle time (Yusran *et al.*, 2022; Xu *et al.*, 2023).

Cuaca merupakan faktor yang dapat memengaruhi kinerja shovel truck dan keselamatan pengangkutan *overburden* di wilayah pertambangan. Kondisi cuaca kering dan frekuensi curah hujan yang tinggi dapat mempengaruhi kinerja operasi penambangan yang menyebabkan penurunan produksi *overburden* dan *shovel truck*, serta mempengaruhi manajemen operasional (Zhao and You 2020; Hidayat *et al.*, 2019). Hal ini dikarenakan kondisi jalan tambang yang keras dan berdebu saat cuaca kering dan jalan yang menjadi licin serta berlumpur akibat frekuensi curah hujan yang tinggi dapat menghambat kinerja pergerakan *shovel truck* dalam proses penambangan dan pembongkaran *overburden*. Upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan melakukan penyiraman jalan, meningkatkan sistem drainase tambang, melakukan perbaikan jalan tambang secara berkala, serta menyesuaikan jadwal operasional (Bo *et al.* 2019; Koryagin and Voronov, 2017).

Dalam industri pertambangan, efisiensi operasional dan faktor keselamatan merupakan aspek krusial yang mendefinisikan keberhasilan suatu operasi penambangan. Beberapa studi telah dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sistem pengangkutan material *overburden* dan batubara dalam penambangan (Toha *et al.*, 2019; Shiddiqi and Kasim, 2018; Ercelebi and Bascetin, 2009; Hoang *et al.*, 2016; Xu *et al.*, 2023; Frediana dan Ansosry, 2019; Choudhary *et al.*, 2015; Ilahi *et al.*, 2014). Berdasarkan literatur tersebut, sebagian besar penelitian yang ada hanya mengkaji produktivitas sistem pengangkutan alat gali muat dan angkut dalam pertambangan batubara. Sepanjang penelusuran kami, literatur tersebut membahas sistem alat gali muat dan angkut yang mempengaruhi produktivitas dan efisiensi penambangan batubara, seperti efisiensi kerja, faktor *bucket*, sistem kerja alat-alat mekanis yang tidak efisien dan waktu edar (*cycle time*) alat. Padahal, jika dilihat dari analisis faktor cuaca dapat mengungkap keberhasilan produksi *overburden* dalam pertambangan batubara. Selain itu, faktor cuaca juga dapat mengkaji kinerja alat gali muat dan angkut yang mempertimbangkan faktor keselamatan terhadap *lose opportunity* (LO) produksi *overburden* di lokasi penambangan.

Dari penjelasan di atas, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dampak faktor cuaca terhadap kinerja sistem *shovel truck* di lokasi Pit E Banko Tengah PT. Bukit Asam, Tbk yang mempertimbangkan keselamatan operasional penambangan batubara sebagai faktor penting. Pemilihan lokasi penelitian dikarenakan lokasi penambangan Pit E Banko Tengah memiliki tingkat produksi yang mencapai 7 juta ton per tahun. Hal ini disebabkan oleh metode penggalian yang hanya melibatkan satu lapisan, serta penggunaan peralatan *big digger* yang efisien dalam prosesnya. Untuk meningkatkan produksi *overburden* atas pertimbangan faktor keselamatan terhadap *lose opportunity* (LO) di lokasi penambangan, maka perlu dilakukan analisis secara menyeluruh. Oleh karena itu, penelitian ini juga berfokus pada mengidentifikasi faktor koreksi yang memengaruhi waktu kerja efektif dan *cycle time* menggunakan pendekatan metode AHP (*Analytical Hierarchy Process*) terhadap sejumlah variabel yang memengaruhi waktu kerja efektif dan *cycle time*, serta waktu yang tidak produktif, seperti persiapan kerja, pemanasan mesin, perjalanan menuju dan dari

area parkir ke lokasi kerja, menunggu area kerja dibersihkan, pengisian bahan bakar minyak (BBM), istirahat makan, pergantian shift, perbaikan alat, dan perawatan alat (Nugraha & Lusiana, 2021; Supriadi A, 2018),

Dengan memahami variabel-variabel tersebut dan menerapkan metode AHP, dapat diperoleh estimasi produksi sistem *shovel truck* yang mendekati realisasi rata-rata tahunan, serta menentukan variabel yang paling berpengaruh terhadap produktivitas sistem shovel truck. Dalam upaya ini, kuisisioner digunakan untuk menentukan dominasi antara variabel-variabel tersebut terhadap waktu kerja efektif dan *cycle time*, dengan menggunakan skala perbandingan matriks berpasangan. Hasil dari kuisisioner ini akan membantu dalam menentukan kriteria pembobotan untuk variabel-variabel tersebut dan faktor koreksi yang memengaruhi waktu kerja efektif dan *cycle time* (Nugroho M W., 2021).

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan pertimbangan pada latar belakang penelitian, maka permasalahan penelitian dapat dirumuskan sebagai berikut :

- 1) Bagaimana pengaruh faktor cuaca terhadap *produktivitas system shovel truck* dan efisiensi pada kegiatan pengupasan overburden di PIT E Banko Tengah?
- 2) Bagaimana pengaruh faktor cuaca terhadap kinerja peralatan mekanis pada kegiatan pengupasan overburden di PIT E Banko Tengah?
- 3) Bagaimana manajemen resiko pada kegiatan pengupasan overburden di PIT E Banko Tengah?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- 1) Menganalisis pengaruh teknis faktor cuaca terhadap *produktivitas system shovel truck* dan efisiensi kerja pada kegiatan pengupasan overburden di PIT E Banko Tengah
- 2) Menganalisis pengaruh teknis faktor cuaca terhadap kinerja peralatan mekanis pada kegiatan pengupasan overburden di Pit.E Banko tengah .

- 3) Mengidentifikasi potensi bahaya dan keselamatan operasi pada kegiatan penggalian, pengangkutan, penimbunan dan pemadatan untuk mengetahui aspek teknis manajemen risiko pada kegiatan pengupasan overburden di PIT E Banko Tengah.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

- 1) Dalam bidang akademik, hasil penelitian tersebut dapat dijadikan sebagai referensi maupun acuan untuk penelitian selanjutnya terkait analisa faktor cuaca terhadap kinerja produktivitas ,cycle time dan efisiensi kerja yang mempengaruhi faktor produksi pada sistem shovel truck .
- 2) Bagi perusahaan, hasil dari penelitian yang dilakukan dapat dijadikan sebagai masukan untuk melakukan perbaikan kinerja alat disaat faktor cuaca menjadi faktor penentu penambangan, serta dalam merencanakan jenis, tipe dan perhitungan jumlah peralatan yang akan digunakan.

1.5. Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian analisa faktor cuaca terhadap kinerja sistem *shovel truck* di lokasi PIT E atas pertimbangan keselamatan operasi penambangan batubara PT. Bukit Asam, Tbk adalah :

- 1) Pengaruh faktor cuaca, seperti suhu, dan curah hujan terhadap kinerja produksi di lokasi PIT E.
- 2) Pengaruh *avaibility* alat terhadap kinerja peralatan dalam perhitungan efisiensi kerja.
- 3) Pengaruh faktor keselamatan operasi produksi *overburden* dan management resiko terhadap Kinerja operasi penambangan.
- 4) Penelitian terhadap variabel yang dominan mempengaruhi efisiensi kerja dan cycle time.

- on *Actual Overburden Removal*). 24(2), 15–19.
<https://power.larc.nasa.gov/data-access->
- Endriantho, M., & Ramli, M. (2013). Perencanaan Sistem Penyaliran Tambang Terbuka Batubara. *Jurnal Geosains*, 9(1).
- Ercelebi, S. G., & Bascetin, A. (2009). Optimization of Shovel-Truck System for Surface Mining. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, 109(7), 433–439.
- Fajri, R., Octova, A., Teknik, J., Fakultas, P., Universitas, T., & Padang, N. (2020). Analisis Statistik untuk Mendapatkan Waktu Losstime Optimal Peralatan Tambang untuk Memenuhi Target Produksi Pengupasan Overburden di Pit 3 Timur Satuan Kerja Penambangan Elektrifikasi Shovel dan Truck PT Bukit Asam Tbk. *Jurnal Bina Tambang*, 5(1), 26–39.
- Falatehan, A. F., & Sari, D. A. P. (2020). Characteristics of Peat Biomass as an Alternative Energy and Its Impact on the Environment. *Solid State Technology*, 63(5), 1–13.
- Frasetia, M. D., & Saldy, T. G. (2021). Peningkatan Kapasitas Produksi Alat Angkut Untuk Mencapai Target Produksi 5000 ton / bulan Pada Kegiatan Galian Clay Gunuang Sariak , Sumatera Barat . *Jurnal Bina Tambang*, 8(1), 136–144.
- Frediana, Y., & Ansosry. (2019). Optimalisasi Produksi Alat Gali Muat dan Alat Angkut pada Pengupasan Overburden dengan Menggunakan Metode Antrian dan Kapasitas Produksi di Pit 3 PT . Jambi Prima Coal , Kecamatan Mandiangin , Kabupaten. *Jurnal Bina Tambang*, 6(2), 157–172.
- Gransberg, D. D. (2023). *Earthmoving , Excavating , and Lifting Equipment Selection Chapter 4 : Earthmoving , Excavating and Lifting Equipment Selection* (p. 544). <https://doi.org/10.1201/9780429186356-4>
- Gross, D., & Harris, C. M. (1998). *Fundamentals of Queueing Theory Third Edition* (J. Wiley & I. Sons (eds.)).
- Handayani, E., & Akbar, F. (2020). Kajian Efisiensi Produktifitas Alat Berat pada Proyek Jalan (Studi kasus: Ruas Jalan Mendalo Darat (Sp.Tiga)-Bts.Kota Jambi). *Civronlit*, 5(April), 16–22. <https://doi.org/10.33087/civronlit.v5i1.63>

- Hasan, I. (2001). *Pokok-Pokok Materi Statistik I*. Bumi Aksara.
- Heizer, J., & Render, B. (2011). *Manajemen Operasi* (9th ed.). Chriswan Sungkono.
- Hidayat, S., Iskandar, T., Ludiantoro, F. F., & Wijayaningtyas, M. (2019). *HEAVY EQUIPMENT EFFICIENCY, PRODUCTIVITY AND COMPATIBILITY OF COAL MINE OVERBURDEN WORK IN EAST*. *10(06)*, 194–202.
- Hoang, N., Luat, D. T., Hoa, L. T. T., Hoan, D. N., & Viet, P. Van. (2016). *Determination of Shovel -Truck Productivities in Open -Pit Mines*. *Determination of Shovel - Truck Productivities in Open - Pit Mines*. November 2014.
- Ilahi, R. R., Ibrahim, E., Swardi, F. R., Pertambangan, J. T., Teknik, F., Sriwijaya, U., Palembang-, J. R., Utara, I., Selatan, S., Bukit, P. T., Persero, A., Parigi, J., Tanjung, N., & Enim, K. M. (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*. September 2013, 1–9.
- Indonesia. (2020). Undang-undang Nomor 3 Tahun 2020 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara. *Pemerintah Pusat*, 255.
- Indonesianto, Y. (2005). *Pemindahan Tanah Mekanis*. UPN “Veteran.”
- Komatsu Ltd. (2009). *Spesification and Aplication Handbook* (30th ed.). Komatsu Ltd.
- Komatsu. (2009). No Title. In *Komatsu Specifications and Application Handbook* (30th ed.). Akasaka, Minato-ku.
- Kondarus, D. (2006). *Keselamatan dan Kesehatan Kerja “Membangun SDM”*. *Pekerja yang Sehat, Produktif, dan Kompetitif*. Litbang Dangu.
- Koryagin, M., & Voronov, A. (2017). IMPROVING THE ORGANIZATION OF THE SHOVEL-TRUCK SYSTEMS IN OPEN-PIT COAL MINES. *TRANSPORT PROBLEMS*, *12(2)*. <https://doi.org/10.20858/tp.2017.12.2.11>
- Lei, Y., Liao, R., Su, Y., Zhang, X., & Liu, D. (2023). Variation Characteristics of Temperature and Rainfall and Their Relationship with Geographical Factors in the Qinling Mountains. *MDPI Journal*.

- Malaidji, E., Anshariah, & Budiman, A. A. (2018). Analisis Proksimat, Sulfur, dan Nilai Kalor dalam Penentuan Kualitas Batubara di Desa Pattappa Kecamatan Pujananting Kabupaten Barru Provinsi Sulawesi Selatan. *Jurnal Geomine*, 6(3), 131–137.
- Martadinata, M. A. J., & Sepriadi. (2019). Pemodelan Desain PIT Batubara dengan Menggunakan SOFTWARE Minescape 4.119. *Jurnal Teknik PATRA AKADEMIKA*, 10(02).
- May, M. (2012). *Application of Queuing Theory for Open Pit Truck/Shovel Haulage Systems*. Virginia Polytechnic Institute and State University. Blacksburg.
- May, M. A., Westman, E. C., Luttrell, G. H., & Luxbacher, K. D. (2012). *Applications of Queuing Theory for Open-Pit Truck / Shovel Haulage Systems*. *Applications of Queuing Theory for Open-Pit Truck / Shovel Haulage Systems*. December.
- Mohutsiwa, & Musingwini. (2015). Parametric Estimation of Capital Costs for Establishing a Coal Mine: South Africa Case Study. *The Journal of The Southern African Institute of Mining and Metallurgy August 2015*, 789–797.
- Nugraha, R., & Lusiana, S. A. (2021). *Buku Ajar Sistem Pendukung Keputusan*. Pustaka Pelajar.
- Nugroho M W. (2021). Penerapan Analytical Hierarchy Process (AHP) Dalam Pemetaan of Open-Pit Mines Using AHP. *Environmental Earth Sciences*, 52, 663–672.
- Perdana, D. A., Zakaria, A., & Sumiharni. (2015). Studi Pemodelan Curah Hujan Sintetik Dari beberapa Stasiun di Wilayah Pringsewu. *JRSDD*, 3(1), 45–56. issn: 2303-0011
- Permana, A., Ubud, S., & Kanto, D. S. (2020). Optimization of Heavy Equipment Capabilities in The Framework of Productivity and Coal Mining Business Sustainability: Case Study of East Kalimantan Mining Area. *Journal of Economics and Business*, 3(4). <https://doi.org/10.31014/aior.1992.03.04.312>
- Peurifoy, R. L., & William B Ledbetter. (1985). Construction planning, equipment, and methods. In *McGraw - Hill Book Compeny* (Fourth, p. 1970.).

- Prasmoro, A., & Hasibuan, S. (2018). “Optimasi Kemampuan Produksi Alat Berat Dalam Rangka Produktifitas Dan Keberlanjutan Bisnis Pertambangan Batubara: Studi Kasus Area Pertambangan Kalimantan Timur. *Operations Excellence: Journal of Applied Industrial Engineering*, 10(1), 1–16.
- Prawirowardoyo, S. (1996). *Meteorologi. Institut Tegnologi Bandung*.
- Putra, I. L., & Dedi Yulhendra. (2023). EVALUASI KINERJA BAN HD 785-7 DAN 777 PADA JALAN ANGKUT TAMBANG DARI FRONT 2 KE CRUSHER III A DAN III B PENAMBANGAN BATU KAPUR PT . SEMEN PADANG. *Jurnal Bina Tambang*, 6(1), 239–250.
- Putri, N. A., & Gusman, M. (2018). Optimalisasi Produksi Shovel Komatsu 3000E-6 dengan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) Pada Pengupasan Lapisan Overburden di Pit 2 Tambang Banko Barat PT. Bukit Asam (Persero) Tbk. *Jurnal Bina Tambang*, 3(3), 1300–1309.
- Rafieizonooz, M. (2017). DURABILITY AND LEACHABILITY OF CONCRETE CONTAINING COAL BOTTOM ASH AND FLY ASH. In *Thesis Faculty of Civil Environment Universiti Teknologi Malaysia* (Issue February).
- Rochmanhadi. (1989). *Alat-Alat Berat dan Penggunaannya* (Cetakan Ti). Badan Penerbitan Pekerjaan Umum.
- Setianingrum, A., Susilowati, I. H., Masyarakat, F. K., Indonesia, U., Masyarakat, F. K., & Indonesia, U. (2020). Pro Health Jurnal Ilmiah Kesehatan Analisis Manajemen Risiko Keselamatan di Perusahaan Kontraktor Pertambangan Batubara Site XYZ Berdasarkan Sistem Manajemen Keselamatan Pertambangan Mineral dan Batubara. *Journal Pro Health*, 2(1), 7–15.
- Setiawan, A., & Farid, F. (2022). Artikel Optimalisasi Produksi Alat Gali Muat Cat 330 GCOGC-318 dengan Metode Overall Equipment Effectiveness serta Analisis Six Big Losses pada Pengupasan Overburden PT . Caritas Energi Indonesia Kabupaten Sarolangun Provinsi Jambi mempengaruhi dalam kegi. *Jurnal Teknik Kebumian*, 07(April), 37–47.
- Shaddad, A. R., Widodo2, S., & Asmiani, N. (2016). Analisis Keserasian Alat Mekanis (Match Faktor) Untuk Meningkatkan Produktivitas. *Geomine*, 4(3),

111–117.

- Shiddiqi, M. F., & Kasim, T. (2018). Evaluasi Kinerja dan Biaya Pengangkutan Batubara Menggunakan Dump Truck dan Belt Conveyor pada Penambangan Muara Tiga Besar Utara PT. Bukit Asam , Tbk. *Jurnal Bina Tambang*, 3(4), 1471–1481.
- Subhan, H. (2014). *Analisa Kemampuan Kerja Alat Angkut Untuk Mencapai Target Produksi Overburden 240.000 BCM/bulan di Site Project Darmo PT. Ulma Nitra Sumatera Selatan*. Tesis. Universitas Sriwijaiya.
- Sugiyono. (2018). *Metode Penelitian Kuantitatif*. Alfabeta.
- Sukirman, S. (1999). *Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan* (Nova (ed.)).
- Sulistiyono, S., & Sulistiyowati, W. (2017). Peramalan Produksi dengan Metode Regresi Linier Berganda. *PROZIMA (Productivity, Optimization and Manufacturing System Engineering)*, 1(2), 82–89.
<https://doi.org/10.21070/prozima.v1i2.1350>
- Supriadi A. (2018). *Analytical Hierarchy Process (AHP) Teknik Penentuan Strategi Daya Saing Kerajinan Bordir*. Deepublish.
- Suwandhi, A. (2004). *Optimasi Alat Penambangan*. Sekolah Tinggi Teknologi Mineral Indonesia.
- Tenriajeng, A. T. (2003). *Pemindahan Tanah Mekanik (Alat – Alat Berat)*. Guna Darma.
- Tjasyono HK, B. (2004). *Klimatologi*. ITB.
- Tlhatlhetji, M., & Kolapo, P. (2021). Investigating The Effects of Rainy Season On Open Cast Mining Operation : The Case of Wescoal Khanyisa Colliery. *Journal Research Square*, 1–17.
- Toha, M. T., Nofanda, R., & Busyaf, R. (2019). Analisis Efisiensi Kerja dan Produktivitas Pengangkutan Batubara Sistem Shovel-Dump Truck. *Jurnal Pertambangan*, 3(3), 34–39. <https://ejournal.unsri.ac.id/index.php/mining>
- UNSW Health and Safety. (2008). *Risk Management Program*. Canberra: University of New South Wales.
https://www.ohs.unsw.edu.au/hs_proce%0Adures_forms/procedures/HS329_Ri

sk_Manag%0Aement_Procedure.pdf

- Xu, H., Liu, F., Liao, J., & Liu, T. (2023). Research on Selection and Matching of Truck-Shovel in Oversized Open-Pit Mines. *Applied Sciences (Switzerland)*, 13(6). <https://doi.org/10.3390/app13063851>
- Yulianto, A., Santoso, E., & Putri, K. S. (2021). *Evaluasi Produktivitas Alat Gali Muat Dan Alat Angkut Pt Borneo Alam Semesta*. 6(1), 33–37.
- Yusran, M. I., Nursanto, E., & Ratminah, W. D. (2022). Technical Design of Mine Sequence (Trimonth) in Coal Mining Based on Existing Mechanical Equipment at PT . Mega Bara Semesta Jobsite PT . SBP , Muara Enim Regency , South Sumatera. *Budapest International Research and Critics Institute- Journal (BIRCI-Journal)*, 5(2), 8569–8582.
- Yusuf, M. R., Mingsi, Y., & Maiyudi, R. (2018). Optimalisasi Produksi Alat Muat Pada Pengupasan Lapisan Tanah Penutup Dengan Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) Tahun 2018 Di Blok B PT. Minemax Indonesia Kecamatan Mandiangin Kabupaten Sarolangun Provinsi Jambi. *Jurnal Bina Tambang*, 4(3), 98–108.
- Zhao, L., & You, G. (2020). Rainfall affected stability analysis of Maddingley Brown Coal eastern batter using Plaxis 3D. *Arabian Journal of Geosciences*, 13(20). <https://doi.org/10.1007/s12517-020-06038-7>