

**ANALISIS *LOADING* LUMPUR MENGGUNAKAN
EXCAVATOR KOMATSU PC210 *LONG ARM* DALAM
MENDUKUNG PENURUNAN TOTAL *SUSPENDED SOLID*
(TSS) PADA KPL X PT PAMAPERSADA NUSANTARA**

TUGAS AKHIR



NADIYA DWI TARA

2023310010

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PRABUMULIH
2026**

**ANALISIS *LOADING* LUMPUR MENGGUNAKAN
EXCAVATOR KOMATSU PC210 *LONG ARM* DALAM
MENDUKUNG PENURUNAN TOTAL *SUSPENDED SOLID*
(TSS) PADA KPL X PT PAMAPERSADA NUSANTARA**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Ahli Madya
Pada Program Studi Teknik Pertambangan
Fakultas Teknik Universitas Prabumulih**



NADIYA DWI TARA

2023310010

Dosen Pembimbing:

Ridho Yovanda, S.T., M.T.

Dedi Yansen, S.Pd., M.Pd

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PRABUMULIH
2026**

KALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS LOADING LUMPUR MENGGUNAKAN
EXCAVATOR KOMATSU PC210 LONG ARM DALAM
MENDUKUNG PENURUNAN TOTAL SUSPENDED SOLID
(TSS) PADA KPL X PT PAMAPERSADA NUSANTARA**

LAPORAN TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Ahli Madya
Program Studi Teknik Pertambangan Universitas Prabumulih

Oleh:

NADIYA DWI TARA
2023310010

Prabumulih, 15 Juli 2026

Pembimbing I



Ridho Yovanda, S.T., M.T.
NUPTK. 5250771672130283

Pembimbing II



Dedi Yansen, S. Si., M.Pd
NUPTK. 6545763664130213



HALAMAN PERSETUJUAN

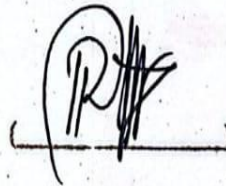
Tugas Akhir dengan judul *Analisis Loading Lumpur Menggunakan Excavator Komatsu PC210 Long Arm Dalam Mendukung Penurunan Total Suspended Solids (TSS) di KPL X PT Pamsersada Nusantara* telah diseminarkan di hadapan Tim Penguji Seminar Tugas Akhir Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik, Universitas Prabumulih pada hari Rabu Tanggal 15 dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai dengan masukan Tim Penguji Sidang Tugas Akhir.

Prabumulih, 15 Juli 2026

Tim Penguji Sidang Tugas Akhir

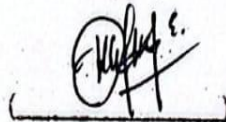
Ketua:

1. Ridho Yovanda, S.T., M.T.
NUPTK. 5250771672130283

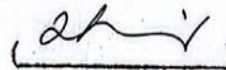


Anggota:

1. Dedi Yansen, S. Si., M.Pd
NUPTK. 5250771672130283



2. Ahmad Husni, S.T., M.T.
NUPTK. 6338747650200003



Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik



Dr. Ir. Aris Susilo, S.T., M.T., IPM.
NUPTK. 9944755656130172

Ketua Program Studi
Teknik Pertambangan



Ridho Yovanda, S.T., M.T.
NUPTK. 5250771672130283

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Nadiya Dwi Tara

Nim : 2023310010

Program Studi : Teknik Pertambangan

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa, Tugas Akhir ini benar-benar merupakan hasil karya saya dan tidak terdapat karya orang lain, apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa tugas akhir ini hasil plagiasi, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku atas pembuatan tersebut.



Prabumuih, 15 Juli 2026

Yang membuat pernyataan,



Nadiya Dwi Tara
2023310010

ABSTRAK

ANALISIS *LOADING* LUMPUR MENGGUNAKAN EXCAVATOR KOMATSU PC210 *LONG ARM* DALAM MENDUKUNG PENURUNAN TOTAL *SUSPENDED SOLID* (TSS) PADA KPL X PT PAMAPERSADA NUSANTARA

Nadiya Dwi Tara, 2023310010, 2026

Kegiatan penambangan batubara menghasilkan air limpasan yang membawa padatan tersuspensi dan dapat meningkatkan kadar *Total Suspended Solids* (TSS) pada badan air penerima. Pengendalian dilakukan melalui Kolam Pengendap Lumpur (KPL), namun penumpukan sedimen dapat menurunkan kapasitas dan efektivitas kolam. Penelitian ini bertujuan menganalisis produktivitas Excavator Komatsu PC210 Long Arm dan dump truck pada kegiatan *loading* lumpur serta kontribusinya terhadap penurunan TSS di KPL X PT Pamapersada Nusantara, Tanjung Enim. Metode yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif melalui observasi lapangan, pengukuran *cycle time*, perhitungan produktivitas, analisis *match factor*, dan evaluasi TSS pada inlet dan outlet kolam. Hasil penelitian menunjukkan *cycle time* excavator sebesar 22,20 detik dengan produktivitas 19,03 BCM/jam, sedangkan dump truck memiliki *cycle time* 35,20 menit dengan produktivitas 14,32 BCM/jam. Nilai *match factor* 0,32 menunjukkan keserasian kerja alat belum optimal. Namun, sebagian besar TSS pada outlet telah memenuhi baku mutu, sehingga kegiatan *loading* lumpur berperan dalam meningkatkan kapasitas KPL dan mendukung penurunan TSS air limpasan tambang.

Kata kunci: Excavator Komatsu PC210 Long Arm, Kolam Pengendap Lumpur, produktivitas alat, *loading* lumpur, *match factor*, Total Suspended Solids (TSS).

ABSTRACT

ANALYSIS OF SLUDGE LOADING OPERATIONS USING A KOMATSU PC210 LONG ARM EXCAVATOR TO SUPPORT THE REDUCTION OF TOTAL SUSPENDED SOLIDS (TSS) AT SETTLING POND (KPL) X OF PT PAMAPERSADA NUSANTARA

Nadiya Dwi Tara, 2023310010, 2026

Coal mining activities generate runoff containing suspended solids that can increase the concentration of Total Suspended Solids (TSS) in receiving water bodies. TSS is controlled through the use of a Settling Pond, but continuous sediment accumulation can reduce the pond's capacity and operational effectiveness. This study aims to analyze the productivity of the Komatsu PC210 Long Arm Excavator and dump trucks in sludge loading operations and to evaluate their contribution to reducing TSS levels at Settling Pond (KPL X) of PT Pamapersada Nusantara, Tanjung Enim. This study employed a quantitative descriptive method through field observations, cycle time measurements, productivity calculations, match factor analysis, and evaluation of TSS concentrations at the inlet and outlet of the settling pond. The results showed that the excavator had an average cycle time of 22.20 seconds with a productivity of 19,03 BCM/h, while the dump truck recorded an average cycle time of 35.20 minutes and a productivity of 14.32 BCM/h. The calculated match factor of 0.32 indicates that the synchronization between the loading and hauling equipment has not yet reached an optimal level. Nevertheless, most TSS concentrations at the outlet complied with the applicable environmental quality standards, indicating that sludge loading activities contributed to increasing the effective capacity of the settling pond and supported the reduction of TSS in mine runoff.

Keywords: *Komatsu PC210 Long Arm Excavator, Settling Pond, equipment productivity, sludge loading, match factor, Total Suspended Solids (TSS).*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Analisis *Loading* Lumpur Menggunakan Excavator Komatsu PC210 *Long Arm* Dalam Mendukung Penurunan *Total Suspended Solids* (TSS) di KPL X PT Pamapersada Nusantara”. Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Ahli Madya di program studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Prabumulih. Penulis banyak menerima bantuan, arahan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Yuniar Pratiwi, S.Si., M. Si selaku Rektor Universitas Prabumulih.
2. Bapak Dr. Ir. Aris Susilo, S.T., M.T., IPM. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Prabumulih.
3. Bapak Ridho Yovanda, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Pertambangan sekaligus sebagai pembimbing I.
4. Bapak Dedi Yansen, S.Si., M.Pd. sebagai Pembimbing II.
5. Bapak Ahmad Husni, S.T., M.T sebagai Tim Penguji I.
6. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Prabumulih.
7. Bapak/Ibu staf administrasi Fakultas Teknik Universitas Prabumulih.
8. Kepala Perusahaan, Pimpinan, dan seluruh Staf Perusahaan PT. Pamapersada Nusantara, Tanjung Enim yang telah memberikan izin dan membantu untuk melakukan penelitian.
9. Kepada dua orang yang sangat saya cintai, sayangi, dan saya hormati yang paling berjasa dalam hidup saya, ibu saya (Ratini) dan nenek Saya Nek Inoh (Yulia). Terimakasih yang tak terhingga atas kepercayaan yang telah diberikan kepada saya untuk melanjutkan Pendidikan, serta atas limpahan cinta, doa, motivasi, semangat, dan nasihat yang tiada hentinya mengalir demi kelancaran penyusunan Tugas Akhir ini.
10. Kepada cinta kasih kedua saudara kandung saya, Savitri Utami dan Rangga M.M. Terimakasih telah menjadi tempat bersandar yang paling nyaman,

pemberi semangat di kala jenuh, serta atas segala doa dan dukungan tulus yang tak pernah putus selama saya menyelesaikan perjalanan akademik ini.

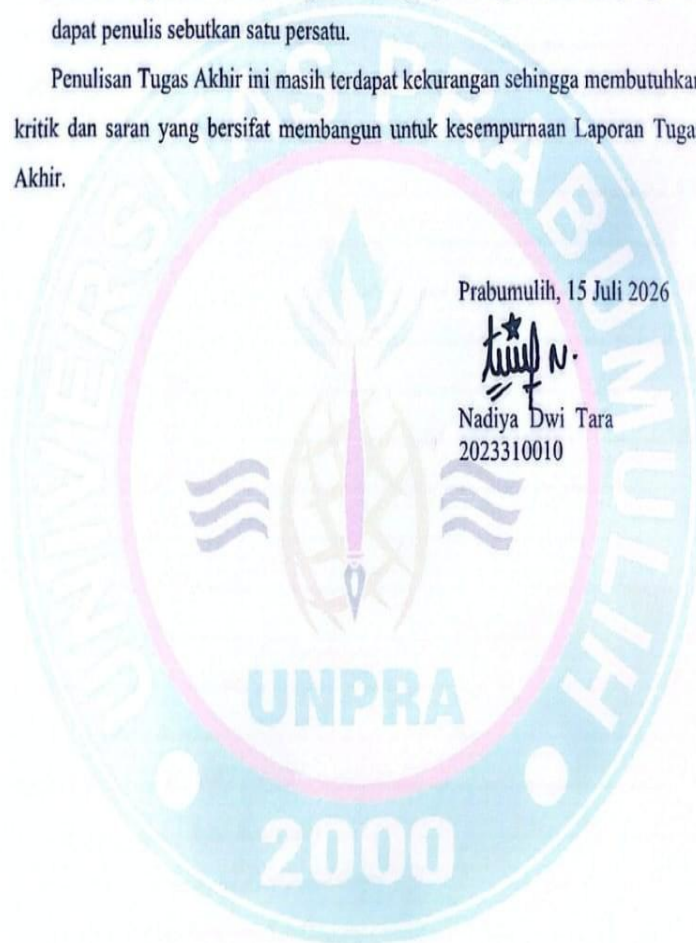
11. Kepada seluruh anggota keluarga Nokman lainnya (wak, bibik, mamang, oom) terima kasih banyak karena selalu ada dalam setiap proses berkembang saya.
12. Rekan-rekan Mahasiswa Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Prabumulih khususnya angkatan 2023. Serta rekan-rekan yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan proposal tugas akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulisan Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan sehingga membutuhkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk kesempurnaan Laporan Tugas Akhir.

Prabumulih, 15 Juli 2026



Nadiya Dwi Tara
2023310010



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL DEPAN.....	i
HALAMAN JUDUL DALAM.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
DAFTAR SINGKATAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Deskripsi Lokasi Penelitian.....	5
2.1.1 Sejarah Singkat Perusahaan.....	5
2.1.2 Peta Kesampaian Daerah.....	5
2.1.3 Struktur Organisasi.....	6
2.1.4 Struktur Organisasi Departemen <i>Pit Service</i> (PSV).....	9
2.1.5 Logo PT. Pamapersada Nusantara.....	10
2.1.6 Visi PT. Pamapersada Nusantara	11
2.1.7 Misi PT. Pamapersada Nusantara.....	11
2.1.8 Peta IUP MTBU	11

	Halaman
2.1.9 KPL X	12
2.2 Landasan Teori.....	13
2.2.1 Pertambangan Batubara.....	13
2.2.2 <i>Total Suspended Solid</i> (TSS).....	14
2.2.3 Kolam pengendapan (<i>settling pond</i>)	18
2.2.4 <i>Loading Lumpur</i>	20
2.2.5 Siklus Kerja Alat Gali Muat dan Alat Angkut	21
2.2.6 Faktor yang Mempengaruhi Kemampuan Produksi Alat Mekanis	21
2.2.7 Waktu Edar (<i>Cycle Time</i>).....	23
2.2.8 Faktor Kerasian Alat Gali Muat dan Alat Angkut Faktor.....	24
2.2.9 Efisiensi Kerja.....	25
2.2.10 Produktivitas Alat Gali Muat dan Alat Angkut.....	26
2.2.11 <i>Fill Factor</i>	27
2.2.12 <i>Swell Factor</i>	28
BAB III METODE PENELITIAN.....	30
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian	30
3.2 Tahapan Penelitian.....	31
3.2.1 Observasi Lapangan	31
3.2.2 Pengumpulan Data	32
3.3 Bagan Alir Penelitian	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	35
4.1 Kondisi Umum Lokasi Penelitian	35
4.2 Hasil Pengamatan Produktivitas Alat Gali-Muat.....	36
4.2.1 <i>Data Cycle Time Excavator PC210 Long Arm</i>	36
4.2.2 Analisis Distribusi Frekuensi Gerak Alat.....	36
4.2.3 Perhitungan Produktivitas Aktual Excavator PC210	39
4.3 Analisis Progres Pengerukan (Target vs Realisasi).....	40
4.3.1 Perbandingan Target dan Capaian Mingguan	40
4.3.2 Perhitungan Produktivitas Unit Angkut (Hino 500)	42

	Halaman
4.4 Produktivitas <i>Dump Truck Hino 500</i>	42
4.4.1 Produktivitas <i>Dump Truck Hino 500</i>	43
4.4.2 Analisis Distribusi Frekuensi Gerak Unit Angkut	44
4.5 Analisis <i>Match Factor</i>	45
4.5.1 Spesifikasi Operasional <i>Dump Truck Hino 500</i>	46
4.6 Analisis Kualitas Air (<i>Total Suspended Solid / TSS</i>).....	47
4.7 Analisis TSS <i>Inlet dan Outlet</i>	47
4.7.1 Analisis Kejadian Luar Biasa (18 April 2026)	48
4.7.2 Efektivitas Pengerukan Terhadap Kualitas Air	48
4.7.3 Analisis Hubungan Volume <i>Loading Lumpur</i> dengan Penurunan Kadar TSS.....	49
BAB V PENUTUP	51
5.1 Kesimpulan.....	51
5.2 Saran.....	52
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN	56

DAFTAR GAMBAR

	halaman
Gambar 2.1 Peta Kesampaian Daerah.....	6
Gambar 2.2 Struktur Organisasi PT. Pamapersada Nusantara.....	6
Gambar 2.4 Logo PT. Pamapersada Nusantara.....	10
Gambar 2.6 Peta KPL X MTBU	12
Gambar 2.7 Alat Pengukur TSS DR900	16
Gambar 2.8 Citra Satelit KPL X	19
Gambar 4.1 Spesifikasi <i>Dump Truck</i> Hino 500.....	46

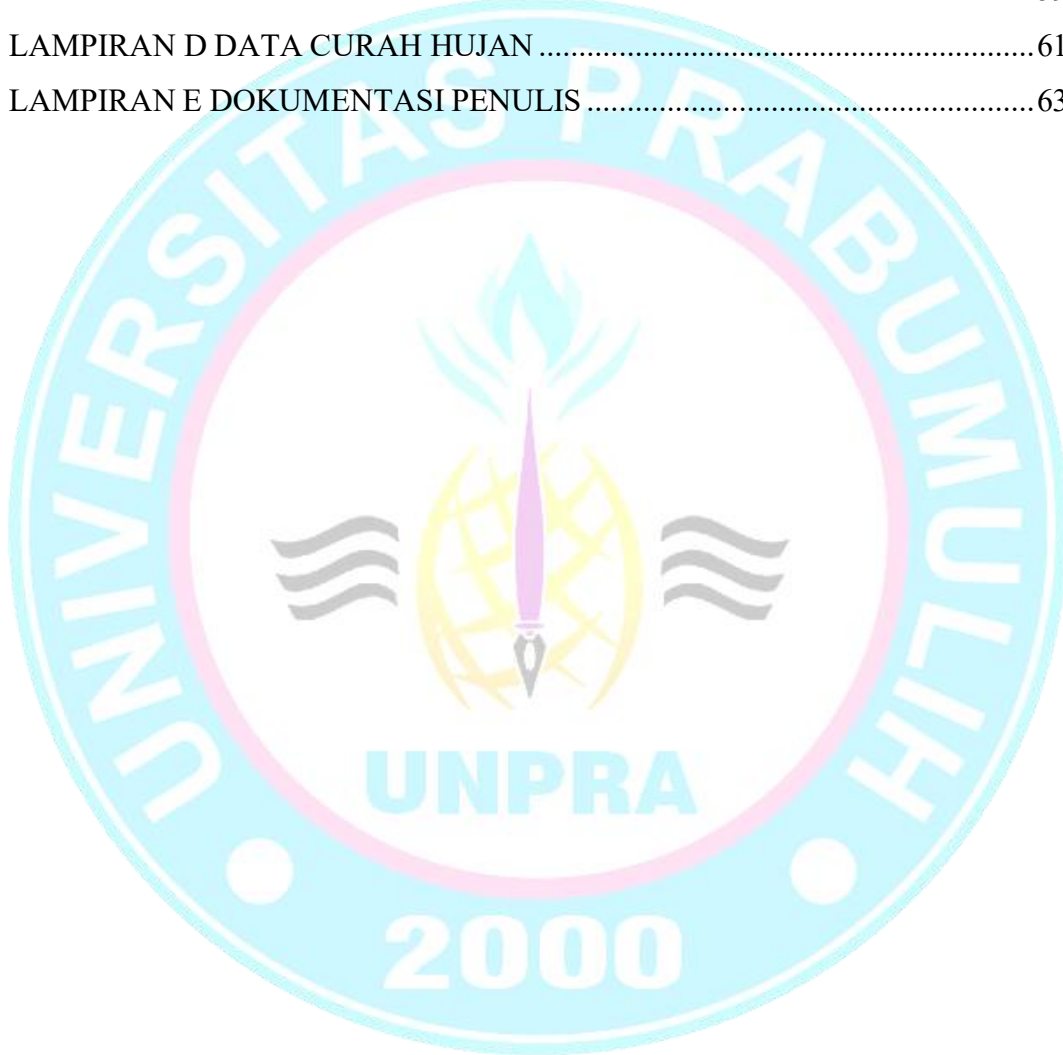


DAFTAR TABEL

	halaman
Tabel 2.1 Pertek Nomer S.229/PPKL/PKL/PKL.4/3/2023	17
Tabel 3.1 Rencana Pelaksanaan Penelitian	31
Tabel 4.1 Data Teknis Kapasitas KPL X.....	35
Tabel 4.2 Distribusi Rata-Rata <i>Cycle Time</i> 1 Minggu PC 210 <i>Long Arm</i>	36
Tabel 4.3 Distribusi Frekuensi <i>Digging</i>	37
Tabel 4.4 Distribusi Frekuensi <i>Swing Loading</i>	37
Tabel 4.5 Distribusi Frekuensi <i>Dumping</i>	38
Tabel 4.6 Distribusi Frekuensi <i>Swing Empty</i>	38
Tabel 4.7 Perbandingan Dengan Target Perusahaan.....	40
Tabel 4.8 Rekapitulasi Progres Normalisasi KPL X.....	41
Tabel 4.9 Waktu Edar (<i>Cycle Time</i>) Hino 500	42
Tabel 4.10 Distribusi Frekuensi <i>Loading</i>	44
Tabel 4.11 Distribusi Frekuensi <i>Hauling</i> isi	44
Tabel 4.12 Distribusi Frekuensi <i>Return</i>	45
Tabel 4.13 Distribusi Frekuensi <i>Dumping</i>	45

DAFTAR LAMPIRAN

	halaman
LAMPIRAN A <i>CYCLE TIME</i> ALAT GALI MUAT	57
LAMPIRAN B <i>CYCLE TIME</i> ALAT ANGKUT	58
LAMPIRAN C REKAPITULASI LENGKAP DATA TSS <i>INLET</i> DAN <i>OUTLET</i>	59
LAMPIRAN D DATA CURAH HUJAN	61
LAMPIRAN E DOKUMENTASI PENULIS	63



DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	Kepanjangan
APHA	: <i>American Public Health Association</i>
ATK	: Alat Tulis Kantor
BCM	: <i>Bank Cubic Meter</i>
CT	: <i>Cycle Time</i> (Waktu Edar)
CTa	: <i>Cycle Time</i> Alat Angkut
CTm	: <i>Cycle Time</i> Alat Gali-Muat
DT	: <i>Dump Truck</i>
ENG	: <i>Engineering</i>
ESDM	: Energi dan Sumber Daya Mineral
FA	: <i>Finance and Accounting</i>
Fe	: Ferrum (Besi)
HC	: <i>Human Capital</i>
HO	: <i>Head Office</i>
IT	: <i>Information Technology</i>
IUP	: Izin Usaha Pertambangan
KPL	: Kolam Pengendap Lumpur
LCM	: <i>Loose Cubic Meter</i>
MF	: <i>Match Factor</i> (Faktor Kerasian)
MIO	: <i>Mine Optimization</i>
Mn	: Manganese (Mangan)
MTBU	: Muara Tiga Besar Utara
OTD	: <i>Operational Training Department</i>
PAMA	: Pamapersada Nusantara
Pertek	: Persetujuan Teknis
pH	: <i>Power of Hydrogen</i>
PROD	: <i>Production</i>
PSV	: <i>Pit Service</i>
PT	: Perseroan Terbatas

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertambangan adalah kegiatan yang meliputi proses pencarian, penambangan, pengolahan, dan pemasaran sumber daya alam berupa mineral, batu bara, logam, atau bahan tambang lainnya yang terdapat di dalam bumi. Tambang terbuka (*surface mining*) Adalah suatu metode penambangan dimana semua operasi penambangan dilakukan di atas atau relative dekat dengan permukaan bumi dan tempat kerja terhubung langsung dengan udara terbuka (Yovanda et al., 2024).

Batubara adalah mineral organik yang terbentuk dari tumbuh-tumbuhan setelah mengalami proses penguraian secara biokimia, kimia, dan fisika dalam kondisi bebas oksigen secara langsung pada tekanan serta temperatur tertentu dalam waktu yang lama (Yovanda & Zahro, 2025).

Kegiatan pertambangan batubara skala besar menghasilkan dampak lingkungan berupa peningkatan kandungan material tersuspensi dalam air limpasan tambang (*mine drainage*). Material halus hasil erosi dan aktivitas pengupasan *overburden* terbawa aliran air dan menyebabkan meningkatnya kadar *Total Suspended Solid* (TSS). Tingginya kadar TSS dapat menurunkan kualitas air dan berpotensi mencemari lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik (Gautama, 2022).

Salah satu metode pengendalian TSS adalah penggunaan kolam pengendapan (*settling pond*) yang berfungsi untuk mengendapkan partikel tersuspensi sebelum air dialirkan ke lingkungan. Dalam operasionalnya, kolam pengendapan sering mengalami pendangkalan akibat akumulasi lumpur di dasar kolam. Kondisi ini menyebabkan berkurangnya kapasitas tampung dan waktu tinggal air (*detention time*), sehingga proses sedimentasi menjadi kurang optimal (Gautama, 2022)

Kegiatan penambangan batubara menghasilkan air limpasan yang membawa material halus dan meningkatkan kadar *Total Suspended Solids* (TSS). Salah satu metode pengendalian dilakukan melalui Kolam Pengendap Lumpur (KPL). Namun, akumulasi lumpur pada dasar kolam dapat mengurangi kapasitas tampung dan menurunkan efektivitas pengendapan. Kegiatan *loading* lumpur menggunakan

Excavator PC210 *Long Arm* dan *dump truck*. Penelitian ini bertujuan menganalisis produktivitas alat gali-muat dan alat angkut serta hubungannya terhadap penurunan kadar TSS di KPL X PT Pamapersada Nusantara, Tanjung Enim. Metode penelitian dilakukan melalui observasi lapangan, pengambilan data *cycle time* alat, produktivitas alat, TSS *inlet-outlet*, dan data curah hujan.

Pada KPL X PT. Pamapersada Nusantara, kondisi akumulasi lumpur telah mempengaruhi efektivitas penurunan TSS. Diperlukan upaya pengangkatan lumpur untuk mengembalikan kapasitas kolam. Salah satu metode yang digunakan adalah kegiatan *loading* lumpur menggunakan excavator tipe *long arm*, yaitu PC *Long Arm* 210, yang memiliki jangkauan kerja lebih luas dibandingkan excavator standar.

Pengangkatan lumpur yang optimal akan meningkatkan kapasitas efektif kolam dan memperpanjang waktu tinggal air, sehingga proses sedimentasi berlangsung lebih baik dan kadar TSS dapat menurun. Perlu dilakukan analisis produktivitas alat serta kajian hubungan antara volume *loading* lumpur dengan penurunan kadar TSS. Kegiatan ini bertujuan mempertahankan kapasitas tampung kolam, meningkatkan efisiensi proses sedimentasi, serta memastikan kualitas air tambang yang dialirkan ke badan air penerima tetap memenuhi baku mutu lingkungan. Oleh karena itu, evaluasi terhadap produktivitas alat berat yang digunakan dalam kegiatan *loading* lumpur menjadi aspek yang penting untuk dikaji, karena keberhasilan proses pengerukan akan berpengaruh terhadap efektivitas pengendalian *Total Suspended Solid* (TSS) di kolam pengendapan.

Perlunya penelitian mengenai Analisis *Loading* Lumpur Menggunakan Excavator Komatsu PC210 *Long Arm* Dalam Mendukung Penurunan *Total Suspended Solids* (TSS) di KPL X PT Pamapersada. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai produktivitas alat dalam kegiatan *loading* lumpur serta menjelaskan hubungan antara volume pengerukan lumpur dengan efektivitas penurunan kadar TSS. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi bahan evaluasi bagi perusahaan dalam meningkatkan pengelolaan Kolam Pengendap Lumpur sekaligus menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya di bidang teknik pertambangan dan pengelolaan lingkungan tambang.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana produktivitas excavator PC *Long Arm* 210 dalam kegiatan *loading* lumpur di KPL X?
2. Bagaimana hubungan antara volume *loading* lumpur dengan penurunan kadar Total *Suspended Solid* (TSS)?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis produktivitas excavator PC *Long Arm* 210.
2. Menganalisis hubungan antara volume *loading* lumpur dengan penurunan kadar TSS.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritis

penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya pada bidang teknik pertambangan dan pengelolaan lingkungan tambang. Penelitian ini memperkaya kajian mengenai hubungan antara produktivitas alat berat dengan efektivitas pengelolaan kualitas air tambang, terutama dalam menurunkan kadar TSS melalui metode sedimentasi pada kolam pengendapan.

Penelitian ini dapat menjadi referensi ilmiah terkait pengelolaan air tambang berbasis pendekatan operasional, dimana pengendalian TSS tidak hanya dilakukan melalui metode kimia atau desain kolam, tetapi juga melalui optimalisasi kegiatan mekanis seperti pengangkatan lumpur. Hal ini sejalan dengan penelitian yang menyatakan bahwa efektivitas pengelolaan air tambang sangat dipengaruhi oleh kinerja sistem *settling pond* serta kondisi akumulasi sedimen di dalamnya.

Dengan demikian, penelitian ini dapat menjadi dasar pengembangan studi lanjutan yang mengintegrasikan aspek teknis alat berat dengan aspek lingkungan dalam kegiatan pertambangan.

2. Manfaat Praktis

- a. Bagi Perusahaan: Penelitian ini dapat menjadi bahan evaluasi dalam meningkatkan efektivitas pengelolaan kolam pengendapan (*settling pond*), khususnya dalam pengendalian kadar TSS. Hasil penelitian dapat digunakan sebagai dasar dalam menentukan strategi optimal pengangkatan lumpur guna menjaga kapasitas kolam dan meningkatkan kinerja sedimentasi. Hal ini penting karena akumulasi lumpur yang tidak dikelola dengan baik dapat menurunkan kapasitas kolam dan mengurangi efektivitas penurunan TSS, sehingga berpotensi menyebabkan air limbah tidak memenuhi baku mutu lingkungan.
- b. Bagi Penulis: Penelitian ini memberikan pengalaman langsung dalam melakukan pengambilan data lapangan, analisis produktivitas alat, serta evaluasi kualitas air tambang. Selain itu, penelitian ini juga meningkatkan pemahaman penulis terhadap keterkaitan antara aspek operasional pertambangan dan aspek lingkungan.
- c. Bagi Akademisi: Penelitian ini dapat menjadi referensi tambahan bagi mahasiswa dan peneliti dalam mengkaji hubungan antara produktivitas alat berat dan pengelolaan kualitas air tambang. Selain itu, penelitian ini juga dapat digunakan sebagai acuan dalam pengembangan penelitian serupa dengan variabel yang lebih luas, seperti pengaruh desain kolam, metode *treatment*, maupun faktor hidrologi.

1.5 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada kajian kegiatan *loading* lumpur menggunakan excavator PC Long Arm 210 yang dilakukan di KPL X PT. Pamapersada Nusantara, Tanjung Enim Sumatra Selatan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Deskripsi Lokasi Penelitian.

2.1.1 Sejarah Singkat Perusahaan

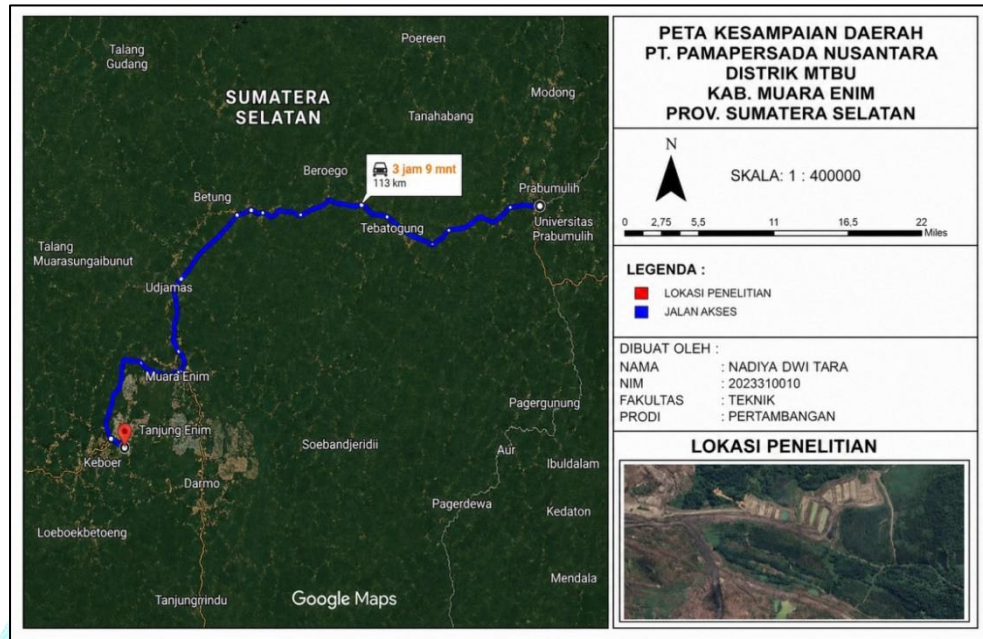
PT. Pamapersada Nusantara (PAMA) merupakan anak perusahaan milik PT *United Tractors* Tbk, distributor kendaraan konstruksi berat Komatsu di Indonesia. PT Astra Internasional Tbk adalah pemilik saham utama PT *United Tractors* Tbk yang merupakan salah satu perusahaan terbesar dan terkemuka di Indonesia. PT Pamapersada Nusantara adalah perusahaan yang bergerak di bidang jasa. Khususnya di bidang jasa penyewaan alat berat. Kegiatan usaha PT Pamapersada Nusantara sudah berlangsung sejak 1993 sampai sekarang.

PT Pamapersada Nusantara cabang Tanjung Enim populer disebut sebagai salah satu kontraktor penambang batu bara yang mampu melakukan eksplorasi, persiapan infrastruktur, operasi penambangan, perencanaan, serta reklamasi dan re-vegetasi di area bekas tambang.

Sampai dengan saat ini, PAMA memiliki anak perusahaan antara lain PT Kalimantan Prima Persada, PT Prima Multi Mineral, PT Pama Indo Mining, PT Asmin Bara Bronang, PT Asmin Bara Jaan, dan PT Multi Prima Universal.

2.1.2 Peta Kesampaian Daerah

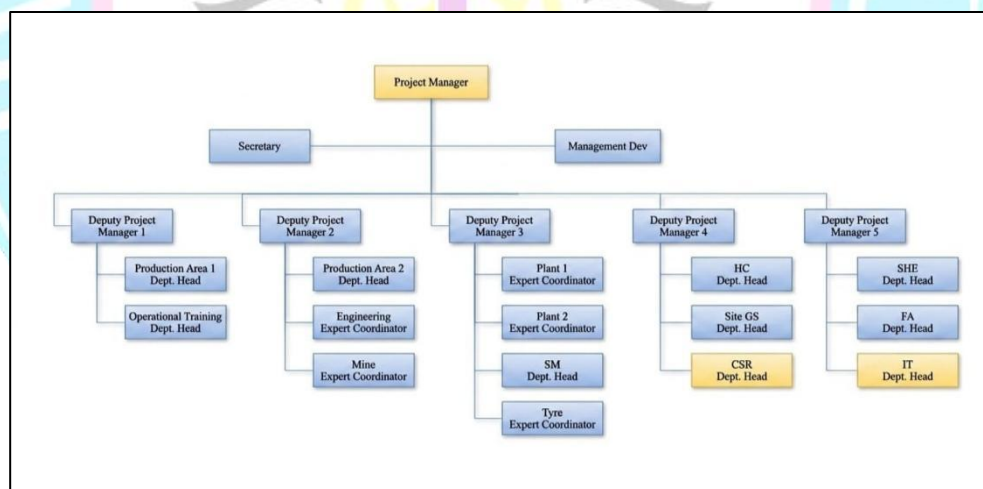
Aksesibilitas menuju lokasi operasional merupakan faktor krusial dalam kelancaran logistik dan mobilisasi personel. Berdasarkan peta kesampaian daerah di bawah ini, lokasi tambang dapat dijangkau dari Kota Prabumulih dengan jarak tempuh sekitar 113 km melalui jalur darat. Perjalanan tersebut membutuhkan waktu estimasi sekitar 3 jam 9 menit dengan melintasi rute utama Kabupaten Muara Enim. Jalur ini merupakan akses vital yang menghubungkan pusat kota dengan kawasan pertambangan guna mendukung distribusi kebutuhan operasional secara berkelanjutan. Dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut.



Sumber: Penulis, 2026

Gambar 2.1 Peta Kesampaian Daerah

2.1.3 Struktur Organisasi



Sumber: PT. Pamapersada Nusantara

Gambar 2.2 Struktur Organisasi PT. Pamapersada Nusantara

Struktur organisasi dari PT Pamapersada Nusantara Distrik MTBU memiliki peranan penting dalam menentukan dan memperlancar jalannya perusahaan. Distribusi tugas, wewenang dan tanggung jawab serta keselarasan hubungan satu bagian dengan bagian yang lain dapat digambarkan dalam suatu

struktur organisasi. Dengan demikian diharapkan adanya suatu kejelasan arah dan koordinasi untuk mencapai tujuan perusahaan. Uraian tugas dan fungsi Departemen PT Pamapersada Nusantara Distrik MTBU, terdiri dari 13 Departement sebagai berikut:

1. *Human Capital Departement (HC)*

Merekrut sumber daya manusia untuk kebutuhan penambahan *Man Power*, mengarsipkan personal data karyawan, memproses penyelesaian Administrasi karyawan yang di PHK apabila ada karyawan yang mengundurkan diri, memproses uang lapangan, memproses gaji karyawan status HO dan Lokal, memproses cuti karyawan, membuat surat tugas setiap karyawan yang dinas, Training, dan lain-lain.

2. *Social Responsibility General Service Departement (SRGS)*

Menyediakan dan mengurus perizinan mobil sarana, mengkoordinir kebersihan dan keamanan lingkungan kerja kantor dan *mess*, memonitoring penggunaan dan penyediaan ATK, memonitoring dan menyediakan fasilitas *mess*, memonitoring menu makan untuk karyawan, *mealbox* dan mengakomodasi kebutuhan seluruh karyawan.

3. *Finance dan Accounting Departement (FA)*

Bertugas mengkoordinir dan mengontrol keuangan sesuai dengan permintaan dan pengeluaran seluruh departemen.

4. *Safety Health Environment Departement (SHE)*

Merencanakan, memfasilitasi, mengevaluasi, menyusun dan melaksanakan seluruh kegiatan keselamatan, kesehatan kerja dan lingkungan hidup sesuai kebijakan, standar, prosedur dan peraturan yang berlaku dengan tujuan memastikan sistem manajemen keselamatan PT. Pamapersada Nusantara diimplementasikan dengan baik dan dilakukan perbaikan secara berkelanjutan di bidang K3LH (Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Lingkungan Hidup).

5. *Engineering Departement (ENG)*

Membuat perencanaan penggalian dan pengangkutan sesuai dengan yang diberikan Customer, mengecek sebagian *Plant (Plant Dept)* mengenai kualitas alat-alat yang dipakai, mengevaluasi hasil produksi, dan usulan perbaikan atas penyimpanan yang ada, mengurangi *Invoice Customer* atas hasil produksi yang telah dikerjakan oleh bagian produksi.

6. *Production Departement (PROD)*

Tugas dari Produksi adalah melakukan proses tambang dari perencanaan engineering berupa untuk mencapai target yang sesuai dengan kontrak, meminimalkan biaya operasional dan mengoptimalkan produksi yang dihasilkan.

7. *Pit Service Departement (PSV)*

Departemen yang mempunyai fungsi dan tanggung jawab mengoptimalkan dan merawat jalan atau road di area tambang, tanggul, sump, agar operasional di lapangan dapat optimal serta produksi tercapai.

8. *Information Technology Departement (IT)*

Mengurusi dan bertanggung jawab terkait sistem data, informasi, jaringan dan komputerisasi di lingkungan PT. Pamapersada Nusantara Job Distrik MTBU Tanjung Enim.

9. *Operational Training Departement (OTD)*

Departemen yang bertugas mendidik, melatih dan membina operator dan calon operator melalui pelatihan yang dinamis dan profesional serta melakukan koordinasi dengan departemen/pihak terkait meliputi kebutuhan program dan melaksanakan pengembangan/pelatihan bagi para operator alat-alat berat dan saran alat pendukung di wilayahnya dalam rangka mengembangkan kompetensi operator sesuai dengan kebutuhan Pama.

10. *Supply Management Departement (SM)*

Mengendalikan seluruh proses kegiatan pergudangan, *Inventory*, pembelian dan pengembangan kemampuan bawahan sesuai

kebutuhan guna mendapatkan kinerja *logistic* yang paling optimal dalam mendukung kegiatan operasional dan termasuk melakukan inspeksi (*Stock Taking*) secara berkala.

11. *Mine Optimization Departement (MIO)*

Departemen yang mengelola dan mengevaluasi tentang sistem pergerakan alat, kebutuhan alat agar operasional dapat optimal dengan sistem komputerisasi yang dapat di input maupun diambil datanya setiap hari serta monitoring dan kontrol terkait produktivitas operasional tambang.

12. *Tyre Departement*

Departemen yang mengatur tentang bagian penggantian, perawatan, mekanisme serta pengecekan yang terkait dengan ban agar jangka waktu ban unit stabil dan berkualitas.

13. *Plant Departement*

Menyediakan alat-alat untuk mendukung rencana produksi, merencanakan program perbaikan dan perawatan alat-alat berat dari hasil jam kerja unit sehingga lebih dapat memanfaatkan produktivitas kerja unit sehingga dapat mencapai target.

2.1.4 Struktur Organisasi Departemen Pit Service (PSV)

Departemen *Pit Service*(PSV) PT.Pamapersada Nusantara Distrik MTBU merupakan departemen yang bertanggung jawab dalam mendukung kelancaran operasional penambangan melalui pengelolaan infrastruktur jalan tambang serta manajemen pengendalian air (*dewatering*) di seluruh area kerja Distrik MTBU agar tetap optimal dan produktif. Peran dan fungsi departemen *Pit Service*, meliputi:

1. *Road Section*

Melakukan pemeliharaan, perawatan, dan pengaturan jalur lalu lintas di area tambang. Tugasnya meliputi pengawasan operasional alat berat penunjang jalan, pengaturan drainase jalan, serta memastikan kondisi jalan memenuhi standar keamanan untuk produktivitas unit angkut. Bagian ini juga membawahi *Traffic Man* untuk mengatur kelancaran arus kendaraan.

2. *Dewatering Section*

Melakukan instalasi, pengawasan, dan pemeliharaan sistem pemompaan serta saluran pembuangan air di area tambang. Bertanggung jawab memastikan area kerja (*front* tambang) bebas dari genangan air agar aktivitas penggalian dan pemuatan tidak terhambat, terutama pada saat cuaca hujan.

3. *General Support*

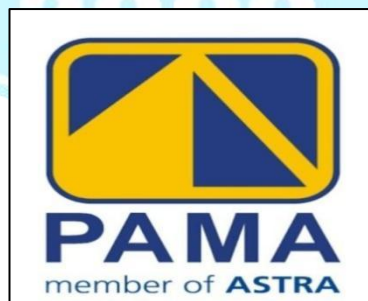
Melakukan koordinasi dan penyediaan dukungan teknis maupun operasional secara berkala untuk menunjang pekerjaan di lapangan, baik untuk kebutuhan perbaikan jalan maupun kebutuhan teknis dewatering dalam rangka menjaga performa operasional Departemen *Pit Service* secara keseluruhan.

4. *Pit Service Control (Group Leader)*

Melakukan proses pemantauan langsung, pengawasan kru di lapangan, serta administrasi data operasional untuk menghindari terjadinya kendala teknis. Bertanggung jawab dalam melaporkan progres pekerjaan harian secara efektif dan efisien kepada kepala departemen.

2.1.5 Logo PT. Pamapersada Nusantara

Logo adalah sebuah elemen desain yang berfungsi sebagai representasi visual dari suatu entitas, seperti perusahaan, organisasi, produk atau merek. Logo biasanya terdiri dari kombinasi simbol, gambaran, teks atau keduanya, yang di rancang dengan elemen visual yang unik dan khas. Berikut adalah Logo PT Pamapersada Nusantara, bisa dilihat pada gambar 2.4 berikut.



Sumber: Dokumen perusahaan

Gambar 2.3 Logo PT. Pamapersada Nusantara

Logo PT Pamapersada Nusantara melambangkan tiga buah segitiga warna biru melambangkan P dan N yang merupakan singkatan dari P itu sendiri Pamapersada dan N yaitu Nusantara. Sedangkan arti PAMA yang pertama dan utama sesuai visi PAMA untuk menjadi kontraktor pertambangan terbesar yang pertama dan paling utama di persada nusantara (Indonesia)

2.1.6 Visi PT. Pamapersada Nusantara

Menjadi perusahaan pilihan utama di bidang pertambangan, energi, dan bisnis terintegrasi secara vertikal melalui sumber daya manusia yang bertalenta dan enerjik untuk mendukung keberlanjutan dan kemakmuran nasional.

2.1.7 Misi PT. Pamapersada Nusantara

1. Mengoptimalkan manfaat terbaik dari layanan kelas dunia kepada klien melalui keunggulan dan keandalan operasional.
2. Menciptakan peluang bagi karyawan untuk mengembangkan kompetensi dalam mencapai tujuan pribadi dan profesional mereka.
3. Secara berkelanjutan menguasai teknologi dan kemampuan rekayasa dengan mengedepankan aspek lingkungan, kesehatan, dan keselamatan kerja guna mendukung pembangunan bangsa.
4. Memberikan imbal hasil terbaik kepada para pemegang saham.
5. Misi PT Pamapersada Nusantara

2.1.8 Peta IUP MTBU



Sumber: Departemen Engineering, 2026

Gambar 2.4 Peta IUP MTBU

Legalitas dan batasan operasional penambangan ditentukan secara rigid melalui peta wilayah Izin Usaha Pertambangan (IUP). Gambar 2.5 merepresentasikan batas-batas koordinat resmi wilayah kelola PAMA MTBU yang secara geografis terplot pada posisi 354.000 mE hingga 360.000 mE dan 9.584.000 mN hingga 9.590.000 mN. Visualisasi citra satelit ini tidak hanya menunjukkan morfologi tambang terbuka (*open pit*), tetapi juga berfungsi sebagai instrumen pengawasan terhadap batas konsesi (*boundary control*).

2.1.9 KPL X



Sumber: Departemen Engineering, 2026

Gambar 2.5 Peta KPL X MTBU

Dari penerapan *Good Mining Practice*, pengelolaan lingkungan dilaksanakan secara sistematis, terencana, dan berkelanjutan melalui penyusunan Peta Kawasan Pengelolaan Lingkungan (KPL). Pada Gambar 2.6 Peta KPL X berikut, disajikan detail teknis mengenai rencana penataan lahan yang mencakup perhitungan volume cut sebesar 16.000 BCM dan fill sebesar 265.000 BCM. Peta ini berfungsi sebagai acuan utama dalam manajemen material serta pengelolaan lumpur sebanyak 99.000 BCM, sehingga keseimbangan antara kebutuhan operasional tambang dan perlindungan lingkungan dapat tetap terjaga. Perencanaan tersebut menunjukkan bahwa kegiatan penataan lahan tidak hanya berorientasi pada efisiensi produksi, tetapi

juga mempertimbangkan aspek konservasi lahan, stabilitas area kerja, serta pengendalian perubahan bentang alam akibat aktivitas penambangan.

Keberadaan Peta KPL memberikan arah yang jelas dalam pelaksanaan reklamasi progresif, pengaturan aliran air permukaan, dan penempatan material penutup agar tidak menimbulkan sedimentasi berlebih pada badan air di sekitar lokasi tambang. Dengan adanya perencanaan volume cut and fill yang rinci, distribusi material dapat dilakukan secara optimal sehingga meminimalkan kebutuhan pemindahan material tambahan dari luar area kerja. Pengelolaan lumpur yang terukur juga menjadi langkah penting untuk mencegah potensi pencemaran lingkungan, terutama terhadap kualitas air dan kesuburan tanah di area sekitar. Implementasi Peta KPL di area Tungkal menjadi instrumen penting dalam mendukung operasi pertambangan yang efektif, aman, dan memenuhi kaidah keberlanjutan lingkungan sesuai ketentuan yang berlaku.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Pertambangan Batubara

Air tambang merupakan air yang berasal dari limpasan hujan, rembesan air tanah, maupun air yang terkumpul pada bukaan tambang. Air tersebut umumnya mengandung padatan tersuspensi (*Total Suspended Solids/TSS*), logam terlarut, dan pada kondisi tertentu memiliki tingkat keasaman yang tinggi. Apabila tidak dikelola dengan baik, air tambang dapat menurunkan kualitas badan air penerima dan menimbulkan dampak terhadap lingkungan. Oleh karena itu, setiap perusahaan pertambangan wajib melakukan pengelolaan air tambang sebelum dialirkan ke lingkungan sesuai dengan ketentuan peraturan yang berlaku.

Salah satu metode yang umum diterapkan dalam pengelolaan air tambang adalah pembangunan Kolam Pengendap Lumpur (KPL) atau *settling pond*. Fasilitas ini berfungsi untuk memperlambat kecepatan aliran air sehingga partikel padatan dapat mengendap sebelum air dialirkan menuju badan air penerima. Efektivitas *settling pond* sangat dipengaruhi oleh kapasitas kolam, waktu tinggal (*retention time*), kondisi hidrologi, dan jumlah sedimen yang terakumulasi di dasar kolam. Apabila sedimentasi terus berlangsung tanpa

dilakukan pengerukan, maka kapasitas efektif kolam akan menurun dan kemampuan pengendapan partikel menjadi berkurang.

Dalam penelitian ini, pengelolaan air tambang difokuskan pada kegiatan *loading* lumpur di Kolam Pengendap Lumpur (KPL X) menggunakan Excavator Komatsu PC210 *Long Arm*. Kegiatan tersebut bertujuan mengurangi akumulasi sedimen sehingga kapasitas kolam tetap terjaga dan proses pengendapan padatan tersuspensi dapat berlangsung secara optimal.

2.2.2 *Total Suspended Solid (TSS)*

Total Suspended Solid (TSS) merupakan jumlah padatan tersuspensi yang terdapat di dalam air dan tidak larut, baik berupa bahan organik maupun anorganik seperti lumpur, pasir halus, tanah liat, debu, plankton, serta partikel hasil erosi yang terbawa aliran air. Padatan tersebut berada dalam kolom air dan dapat meningkatkan tingkat kekeruhan air (Effendi, 2023).

Menurut Metcalf & Eddy (2023), *total suspended solids* adalah residu padatan yang tertahan pada media penyaring standar setelah sampel air disaring, kemudian dikeringkan pada suhu tertentu hingga berat konstan. Nilai TSS dinyatakan dalam satuan milligram per liter (mg/L).

Semakin tinggi konsentrasi TSS, maka kualitas fisik air akan semakin buruk karena air menjadi keruh dan penetrasi cahaya matahari ke dalam air berkurang. Hal ini dapat mengganggu proses fotosintesis organisme air serta menurunkan kadar oksigen terlarut (Asdak, 2022).

Pada kegiatan pertambangan batubara, tingginya TSS umumnya berasal dari limpasan air hujan yang membawa partikel tanah terbuka, material disposal, jalan *hauling*, lumpur area tambang, serta sedimentasi saluran *drainase* dan kolam pengendapan (Permen ESDM No. 26 Tahun 2018).

1. Pengukuran *Total Suspended Solid (TSS)*

Menurut SNI 06-6989.3-2004, pengukuran TSS secara standar dilakukan dengan metode gravimetri, yaitu dengan menyaring sampel air menggunakan media penyaring tertentu, kemudian residu yang tertahan dikeringkan pada suhu 103–105°C hingga berat konstan. Selisih berat sebelum dan sesudah penyaringan menunjukkan jumlah

padatan tersuspensi dalam sampel air. TSS dapat dihitung dengan menggunakan metode Gravimetris, dengan rumus berikut ini:

$$\text{TSS (mg/L)} = \frac{(A-B) \times 1000}{V} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

A = Berat filter + residu setelah pengeringan (mg)

B = Berat filter kosong sebelum penyaringan (mg)

V = Volume sampel air yang disaring (mL)

Metode gravimetri merupakan metode baku yang banyak digunakan dalam pengujian laboratorium karena memiliki tingkat ketelitian yang baik (APHA, 2017).

2. Pengukuran TSS Menggunakan Alat Digital

Selain metode gravimetri, pengukuran TSS juga dapat dilakukan menggunakan alat digital portable seperti HACH DR 900 Portable Colorimeter. Alat ini digunakan untuk pemantauan lapangan karena lebih praktis, cepat, dan efisien.



Sumber: penulis, 2026

Gambar 2.6 Alat Pengukur TSS DR900

Menurut HACH Company (2020), DR 900 bekerja berdasarkan prinsip fotometri, yaitu mengukur intensitas cahaya yang melewati sampel air. Nilai absorbansi yang terbaca akan dikonversi secara otomatis menjadi konsentrasi parameter yang diuji, termasuk TSS, dan ditampilkan dalam satuan mg/L.

Tahapan penggunaan alat DR 900 secara umum adalah:

- a. Menyiapkan sampel air pada vial/*cuvette*.
- b. Memasukkan vial ke alat DR 900.
- c. Memilih parameter pengujian TSS pada menu alat.
- d. Menekan tombol baca (*read*).
- e. Hasil pengukuran muncul pada layar digital dalam satuan mg/L.

Pada kegiatan pemantauan kualitas air di PT Pamapersada Nusantara, pengukuran TSS dilakukan menggunakan HACH DR 900 Portable Colorimeter. Penggunaan alat ini bertujuan untuk memperoleh data

kualitas air secara cepat dan real time, sehingga memudahkan pengawasan kualitas air *Inlet* dan *Outlet* kolam pengendapan.

3. Baku Mutu Lingkungan TSS

Berdasarkan papan informasi pemantauan kualitas air di lokasi KPL X PT Bukit Asam, parameter baku mutu yang digunakan adalah Pertek Nomer S.229/PPKL/PKL/PKL.4/3/2023 sebagai berikut yang berisi:

Tabel 2.1 Pertek Nomer S.229/PPKL/PKL/PKL.4/3/2023

Parameter	Satuan	Baku Mutu
pH	-	6 – 9
TSS	mg/L	100
Fe	mg/L	3
Mn	mg/L	3

Sumber: Pertek Nomer S.229/PPKL/PKL/PKL.4/3/2023

Nilai baku mutu tersebut menunjukkan bahwa kadar Total *Suspended Solid* (TSS) maksimum yang diperbolehkan pada air keluar kolam pengendapan adalah 100 mg/L, apabila hasil pengukuran melebihi nilai tersebut, maka air limbah dinyatakan belum memenuhi standar lingkungan dan perlu dilakukan tindakan pengelolaan lebih lanjut.

Penerapan baku mutu TSS sangat penting dalam kegiatan pertambangan batubara karena tingginya kadar padatan tersuspensi dapat menyebabkan peningkatan kekeruhan air, sedimentasi sungai, serta gangguan terhadap ekosistem perairan (Effendi, 2023).

Pada penelitian ini, baku mutu TSS digunakan sebagai acuan untuk menilai efektivitas kegiatan loading lumpur menggunakan Excavator PC Long Arm 210 dalam menurunkan kadar padatan tersuspensi pada kolam pengendapan.

4. Efisiensi Penurunan TSS

Efektivitas kolam pengendapan atau kegiatan pengerukan lumpur dalam menurunkan TSS dapat dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Efisiensi Penurunan TSS (\%)} = \frac{\text{TSS}_{\text{Inlet}} - \text{TSS}_{\text{Outlet}}}{\text{TSS}_{\text{Inlet}}} \times 100 \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

$\text{TSS}_{\text{Inlet}}$ = Nilai TSS air masuk kolam (mg/L)

$\text{TSS}_{\text{Outlet}}$ = Nilai TSS air keluar kolam (mg/L)

2.2.3 Kolam pengendapan (*settling pond*)

Kolam Pengendap Lumpur (*settling pond*) merupakan bangunan pengendali sedimen yang dirancang untuk menampung air limpasan dari area penambangan sehingga partikel padatan yang terbawa aliran dapat mengendap secara alami akibat gaya gravitasi. Dalam industri pertambangan batubara,

Settling pond berfungsi sebagai fasilitas utama dalam pengelolaan air tambang sebelum dialirkan ke badan air penerima. Pengoperasian *settling pond* bertujuan untuk menurunkan konsentrasi padatan tersuspensi (*Total Suspended Solids/TSS*), mengendalikan kekeruhan, serta memenuhi baku mutu air limbah pertambangan.

Prinsip kerja *settling pond* didasarkan pada proses sedimentasi, yaitu pengendapan partikel padatan akibat pengaruh gaya gravitasi ketika kecepatan aliran air diperlambat. Partikel dengan ukuran dan massa jenis yang lebih besar akan mengendap lebih dahulu, sedangkan partikel yang sangat halus membutuhkan waktu tinggal (*retention time*) yang lebih lama agar dapat mengendap secara efektif. Kapasitas kolam dan kondisi hidrolis sangat menentukan efisiensi proses pengendapan.

Seiring berlangsungnya kegiatan penambangan, sedimen akan terus terakumulasi pada dasar kolam. Apabila endapan lumpur tidak dibersihkan secara berkala, volume efektif kolam akan berkurang sehingga waktu tinggal air menjadi lebih singkat. Kondisi tersebut dapat menyebabkan sebagian partikel padatan masih terbawa keluar bersama aliran air dan meningkatkan nilai TSS pada *outlet*. Kegiatan normalisasi kolam melalui pengerukan atau loading lumpur perlu dilakukan secara berkala agar fungsi *settling pond* tetap optimal.

Pada penelitian ini, kegiatan *loading lumpur* dilakukan menggunakan Excavator Komatsu PC210 Long Arm dan Dump Truck Hino 500. Lumpur

hasil pengerukan diangkut menuju area disposal sehingga kapasitas efektif KPL dapat dipertahankan dan proses sedimentasi berlangsung lebih baik.

Kolam pengendapan (*settling pond*) merupakan salah satu metode pengelolaan air tambang yang berfungsi untuk menurunkan kandungan padatan tersuspensi (*Total Suspended Solid/TSS*) sebelum air dilepaskan ke lingkungan.



Sumber: Google Eart, 2026

Gambar 2.7 Citra Satelit KPL X

Gambar 2.7 menyajikan citra satelit dari unit Kolam Pengendap Lumpur (KPL) di wilayah operasional PT Pamapersada Nusantara. Secara fungsional, KPL ini merupakan infrastruktur pengendali erosi dan sedimentasi yang krusial dalam memitigasi dampak lingkungan dari kegiatan pengupasan lapisan tanah penutup (*overburden*).

Dilihat dari tata letaknya, KPL ini menerapkan system zig-zag/ kompartemen (penyekat) yang dirancang untuk memperpanjang alur aliran air (*flow path*), sehingga meningkatkan waktu tinggal (*detention time*) air di dalam kolam. Proses ini memungkinkan material padatan tersuspensi (*Total Suspended Solids/TSS*) mengendap secara gravitasi ke dasar kolam sebelum air dialirkan ke badan air penerima. Pengelolaan pada area ini merupakan bagian dari komitmen perusahaan dalam menjaga kualitas drainase tambang agar tetap berada di bawah ambang batas baku mutu lingkungan yang ditetapkan pemerintah.

Dalam kegiatan pertambangan, terutama tambang terbuka, *settling pond* menjadi komponen penting dalam sistem penyaliran tambang karena mampu menampung air limpasan yang membawa material halus hasil erosi dan aktivitas operasional. Kolam ini dirancang dengan dimensi tertentu yang mempertimbangkan debit air, luas daerah tangkapan hujan, serta intensitas curah hujan agar mampu menampung dan mengendapkan sedimen secara optimal.

2.2.4 Loading Lumpur

Loading lumpur merupakan kegiatan pengangkatan material sedimen yang terakumulasi di dasar kolam pengendapan (*settling pond*) menggunakan alat mekanis, seperti excavator. Kegiatan ini bertujuan untuk mengurangi volume endapan lumpur yang terbentuk akibat proses sedimentasi, sehingga kapasitas efektif kolam dapat dipertahankan dan fungsi pengendapan tetap optimal. Dalam operasional tambang, *loading* lumpur menjadi bagian penting dari kegiatan pemeliharaan sistem pengelolaan air tambang.

Dalam praktiknya, kegiatan *loading* lumpur umumnya dilakukan menggunakan alat berat seperti excavator karena dinilai lebih efisien dan mampu menangani volume sedimen dalam jumlah besar. Excavator dengan tipe *Long Arm* sering digunakan pada kolam pengendapan karena memiliki jangkauan kerja yang lebih panjang, sehingga mampu menjangkau area dasar kolam yang sulit dijangkau oleh alat standar. Penggunaan alat mekanis ini memungkinkan proses pengerukan berlangsung lebih cepat dan efektif dibandingkan metode manual.

Dari sisi lingkungan, *loading* lumpur berperan dalam menjaga efektivitas proses sedimentasi. Dengan berkurangnya endapan di dasar kolam, kapasitas kolam meningkat dan waktu tinggal air menjadi lebih lama, sehingga partikel tersuspensi memiliki kesempatan lebih besar untuk mengendap. Hal ini secara langsung berkontribusi terhadap penurunan kadar TSS pada air tambang sebelum dilepaskan ke lingkungan.

Dengan demikian, kegiatan *loading* lumpur tidak hanya berfungsi sebagai aktivitas pemeliharaan, tetapi juga sebagai faktor penting dalam meningkatkan kinerja kolam pengendapan dan efektivitas pengendalian

kualitas air tambang. Oleh karena itu, analisis produktivitas alat dalam kegiatan *loading* lumpur menjadi hal yang penting untuk memastikan proses pengangkutan sedimen berjalan optimal dan berkontribusi terhadap penurunan kadar TSS.

2.2.5 Siklus Kerja Alat Gali Muat dan Alat Angkut

Menurut Almeida et al (2021), Siklus Kerja Alat didefinisikan sebagai waktu yang diperlukan oleh suatu alat. Adapun siklus kerja alat gali- muat yaitu untuk bekerja (beroperasi) dalam satu kali putaran. Waktu siklus untuk setiap alat tidak sama tergantung jenis alat yang digunakan serta sifat dan jenis material yang ditangani. Semakin kecil waktu siklus suatu alat, maka produksinya semakin tinggi.

1. Siklus Kerja Alat Gali Muat (*Excavator PC210 Long Arm*)

Menurut P (2023), *Cycle Time* excavator terdiri dari rangkaian gerakan alat mulai dari penggalian material hingga *Bucket* kembali ke posisi awal untuk melakukan penggalian berikutnya. Setiap komponen waktu memiliki pengaruh terhadap efisiensi kerja alat di lapangan. Waktu siklus *backhoe* tergantung dari tempat gerakan dasar, yaitu:

- a. Mengisi *Bucket* (*loading Bucket*)
- b. Mengayun isi (*swing loaded*)
- c. Menumpahkan beban (*unloading*)
- d. Mengayun kosong (*swing empty*)

2. Siklus Kerja Alat Angkut (*dump truck Hino 500*)

Waktu siklus dump truck tergantung dari enam gerakan dasar, yaitu:

- a. Pengisian bak *dump truck* (*loading*)
- b. Pengangkutan material (*hauling*)
- c. Penumpahan muatan (*dumping*)
- d. Kembali kosong (*return empty*)
- e. *Manuver* kosong (*spot empty*)

2.2.6 Faktor yang Mempengaruhi Kemampuan Produksi Alat Mekanis

Menurut Oemiati et al (2020), faktor-faktor yang mempengaruhi Produksi alat muat dan alat angkut adalah sebagai berikut:

1. Sifat Fisik Material

Kemampuan alat – alat mekanis untuk bekerja baik itu alat angkut maupun alat muat sangat dipengaruhi oleh sifat fisik material seperti faktor pengembangan (*Swell Factor*) atau segi bobot isinya. Kondisi Tempat Kerja. Tempat kerja yang luas akan memperkecil waktu siklus alat karena ada cukup ruang gerak untuk berbagai pengambilan posisi, seperti untuk berputar, mengambil posisi sebelum diisi muatan atau penumpahan dan untuk kegiatan pemuatan. Dengan angkut, demikian alat tidak perlu maju mundur untuk mengambil posisi karena ruang gerak cukup luas, sehingga waktu siklus menjadi lebih kecil.

2. Keadaan Jalan Angkut

Pemilihan alat-alat mekanis untuk transportasi sangat ditentukan oleh jarak yang dilalui. Fungsi jalan adalah untuk menunjang operasi tambang terutama dalam kegiatan pengangkutan. Bila kondisi jalan baik (tidak adanya umbulasi pada jalan angkut), maka waktu siklus menjadi kecil.

3. Kondisi Alat

Kondisi alat-alat mekanis baik untuk pemuatan maupun pengangkutan mempengaruhi waktu edarnya. Waktu daur alat muat yang baru tentunya akan lebih kecil dibandingkan dengan waktu daur alat muat yang telah lama digunakan.

4. Kemampuan Operator

Kemampuan operator sangat berpengaruh terhadap waktu yang akan digunakan. Bagi operator yang sudah berpengalaman akan dapat memperkecil waktu yang diperlukan dalam penggunaan alat muat maupun alat angkut.

5. Pengaruh Cuaca

Dalam cuaca panas dan berdebu akan mengurangi jarak pandang operator, tapi hal tersebut dapat diatasi dengan penyiraman jalan. Sedangkan apabila hujan semua kegiatan di lapangan akan di hentikan.

6. Pemeliharaan Alat

Peralatan mekanis harus dijaga agar selalu dalam keadaan baik. Hal-hal yang harus diperhatikan dalam pemeliharaan alat antara lain:

- Penggantian pelumas dan *grease* (gemuk) secara teratur
- Kondisi bagian-bagian alat (*Bucket*, kuku *Bucket*) dll.
- Persediaan suku cadang yang sering diperlukan untuk peralatan yang bersangkutan.

2.2.7 Waktu Edar (*Cycle Time*)

Menurut Almeida et al (2021), Waktu edar merupakan waktu yang digunakan oleh alat mekanis untuk melakukan satu siklus kegiatan. Lamanya waktu edar dari alat-alat mekanis akan berbeda antara material yang satu dengan material yang lainnya. Hal ini tergantung dari jenis alat dan jenis serta sifat dari material yang ditangani.

1. Waktu Edar Alat Gali Muat (CT_m)

Merupakan penjumlahan dari waktu penggalian muatan, waktu ayunan bermuatan, waktu untuk menumpahkan muatan, dan waktu ayunan kosong (Almeida et al, 2021). waktu edar alat gali muat dapat dilihat dengan Persamaan sebagai berikut:

$$CT_m = 1m + 2m + 3m + 4m \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan:

CT_m = Total waktu edar alat gali muat (menit)

1m = Waktu untuk penggalian muatan (menit)

2m = Waktu ayunan bermuatan (menit)

3m = Waktu untuk menumpahkan muatan (menit)

4m = Waktu ayunan kosong (menit)

2. Waktu Edar Alat Angkut (CT_a)

Merupakan penjumlahan dari waktu mengatur posisi untuk siap dimuat, waktu menunggu untuk dimuat, waktu pengisian muatan, waktu mengangkut muatan, waktu mengambil posisi untuk penumpahan muatan, waktu menumpahkan muatan, waktu kembali

kosong (Almeida et al, 2021), waktu edar alat angkut dapat dilihat dengan Persamaan sebagai berikut:

$$CTa = 1a + 2a + 3a + 4a + 5a + 6a \dots \dots \dots (4)$$

Keterangan:

CTa = Total waktu edar alat angkut (menit)

1a = Waktu mengatur posisi untuk dimuat (menit)

2a = Waktu di isi muatan (menit)

3a = Waktu mengangkut muatan (menit)

4a = Waktu mengatur posisi untuk dumping (menit)

5a = Waktu menumpahkan muatan (menit)

6a = Waktu kembali kosong (menit)

waktu edar yang diperoleh setiap unit alat mekanis berbeda, hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor yaitu:

a. Kekompakan material

Material yang kompak akan lebih sukar untuk di gali atau dikupas oleh alat mekanis hal ini akan berpengaruh pada lamanya waktu edar alat mekanis, sehingga dapat menurunkan produksi alat mekanis.

b. Pola pemuatan

Untuk memperoleh hasil yang sesuai dengan sasaran produksi maka pola pemuatan juga mempengaruhi waktu edar alat.

2.2.8 Faktor Kesperasian Alat Gali Muat dan Alat Angkut Faktor

Kesperasian biasanya digunakan untuk mengetahui jumlah *dump truck* yang sesuai (serasi) untuk melayani satu unit excavator. Beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam menghitung keserasian excavator dan *dump truck* jumlah excavator dan alat angkut yang dipakai, waktu siklus (*cycle time*) dari excavator (Ladianto et al, 2019). Untuk melihat nilai keserasian kerja antara alat gali muat dan alat angkut dapat menggunakan Persamaan 3.3 sebagai berikut:

$$MF = N \times CT_m \times n \times N_m \times CT_a \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan:

MF = Faktor keserasian

N_m = Jumlah alat gali muat (unit)

CT_m = Waktu edar alat gali muat (menit)

CT_a = Waktu edar alat angkut (menit)

N_a = Jumlah alat angkut (unit)

N = Pengisian

Adapun cara menilai faktor keserasian alat gali muat dan alat angkut sebagai berikut:

1. MF < 1, artinya alat gali muat bekerja kurang dari 100%, sedang alat angkut bekerja 100% sehingga terdapat waktu tunggu bagi alat gali muat karena menunggu alat angkut yang belum datang.
2. MF = 1, artinya alat gali muat dan angkut bekerja 100%, sehingga tidak terjadi waktu tunggu dari kedua jenis alat tersebut.
3. MF > 1, artinya alat gali muat bekerja 100%, sedangkan alat angkut bekerja kurang dari 100%, sehingga terdapat waktu tunggu bagi alat angkut

2.2.9 Efisiensi Kerja

Waktu kerja efektif adalah dimana waktu kerja operator dan alat benar-benar beroperasi atau berproduksi. Waktu kerja efektif ini adalah hasil dari waktu kerja tersedia yang telah dikurangi oleh waktu hambatan terdiri dari waktu hambatan dapat dihindari dan waktu hambatan yang tidak dapat dihindari. Waktu kerja efektif berpengaruh terhadap efisiensi kerja alat. Menurut Pohan et al (2020), efisiensi kerja adalah penilaian terhadap pelaksanaan suatu pekerjaan, atau merupakan perbandingan antara waktu yang dipakai untuk bekerja dengan waktu yang tersedia. Untuk mengetahui efisiensi kerja dapat dilihat pada Persamaan sebagai berikut:

$$Ef = \frac{W_e}{W_t} \times 100\% \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan:

Ef = Efisiensi kerja (%)

We = Waktu kerja efektif

Wt = Waktu kerja tersedia

Efisiensi kerja yang digunakan dalam penelitian merupakan nilai operasional yang diperoleh dari pembimbing lapangan PT Pamapersada Nusantara sesuai kondisi aktual kegiatan *loading* lumpur.

2.2.10 Produktivitas Alat Gali Muat dan Alat Angkut

Menurut Sahlan (2023), untuk mengetahui hasil produktivitas alat gali muat dan alat angkut, dapat dilihat dari hasil produksi actual dan perbandingan produksi nyata dengan produksi teoritis. Produksi *actual* merupakan perencanaan pencapaian suatu produk yang telah ditargetkan perusahaan. Sedangkan hasil perbandingan produksi nyata dengan teoritis menggambarkan keadaan suatu perusahaan telah mencapai perencanaan produksi yang telah direncanakan sebelumnya. Satuan yang digunakan dalam perhitungan produktivitas alat adalah ton/jam atau BCM/jam. Masing-masing alat berat pada umumnya memiliki produktivitas yang berbeda-beda karena memiliki spesifikasi yang berbeda. Namun secara umum produktivitas alat terbagi menjadi dua (Rahman, 2022). Cara mengetahui produktivitas alat dapat dihitung sebagai berikut:

1. Produktivitas Alat Gali – Muat

Produktivitas alat gali muat dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan sebagai berikut:

$$Q = Kb \times Ff \times 3600 \times CTm \times Ek \times Sf \dots\dots\dots(7)$$

Keterangan:

Q = produktivitas alat gali muat

Kb = Kapasitas Bucket (m³)

Ek = Efisiensi kerja

CTm = *Cycle Time* alat gali muat

Ff = Fill Factor (%)

$Sf = \text{Swell Factor (\%)}$

2. Produktivitas Alat Angkut

Produktivitas alat angkut dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan sebagai berikut:

$$Q = 3600 CTa \times Kv \times Ff \times Ek \times Sf \times \text{Density material} \dots \dots (8)$$

Keterangan:

Q = Produktivitas alat angkut

Kv = Kapasitas vessel (m³)

Ek = Efisiensi Kerja

CTa = *Cycle Time* alat angkut

Ff = Fill Factor (%)

Sf = *Swell Factor* (%)

2.2.11 Fill Factor

Menurut Deto (2023), *Fill Factor* merupakan perbandingan antara kapasitas nyata alat dengan kapasitas baku alat yang dinyatakan dalam bentuk persen (%). *Fill Factor* dinyatakan dalam Persamaan sebagai berikut:

$$Ff = \frac{Vn}{Vb} \times 100\% \dots \dots \dots (9)$$

Keterangan:

Ff = Fill Factor atau faktor pengisian (%)

Vn = kapasitas nyata alat (m³)

Vb = kapasitas baku alat (m³)

Dalam penelitian ini, nilai Fill Factor yang digunakan pada perhitungan produktivitas mengacu pada data operasional yang diberikan oleh pembimbing lapangan PT Pamapersada Nusantara.

2.2.12 Swell Factor

Swell Factor atau faktor kembang adalah suatu karakteristik fisik material yang menunjukkan perubahan volume material dari kondisi asli di alam (*bank*) menjadi kondisi lepas (*loose*) setelah mengalami proses penggalian atau pengangkutan. Pada kegiatan pengerukan lumpur di KPL X, material sedimen yang berada di dasar kolam memiliki kerapatan yang tinggi dalam kondisi padat (*bank*). Namun, ketika terganggu oleh daun *Bucket* ekskavator PC 210 *Long Arm*, struktur partikel sedimen akan terurai dan rongga-rongga antar partikel akan terisi oleh udara serta air tambahan, sehingga volume material akan memuai atau bertambah besar meskipun massa jenis partikel padatnya tetap (Peurifoy, 2006).

Secara matematis, nilai *Swell Factor* (SF) dinyatakan dalam bentuk rasio atau persentase melalui persamaan berikut:

$$SF = \frac{V_b}{V_i} \dots\dots\dots (10)$$

Atau jika dinyatakan dalam persentase:

$$SF = \frac{V_b}{V_i} \times 100\% \dots\dots\dots (11)$$

Keterangan:

SF : *Swell Factor* atau Faktor Kembang (Desimal atau %).

Vb : Volume material dalam keadaan asli / *Bank* (m³).

Vi : Volume material dalam keadaan lepas / *Loose* (m³).

Dalam analisis teknis, nilai *Swell Factor* digunakan untuk mengonversi satuan volume dari *Loose Cubic Meter* (LCM) yang terukur pada bak unit angkut menjadi satuan *Bank Cubic Meter* (BCM). Hal ini penting untuk memastikan bahwa hasil produksi yang dilaporkan setara dengan volume nyata

sedimen yang berhasil dikeluarkan dari kolam pengendap sesuai dengan data perencanaan (Haryanto, 2021).

Nilai Swell Factor yang digunakan merupakan data operasional lapangan yang disesuaikan dengan karakteristik material lumpur pada KPL X.



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di KPL X, PT Pamapersada Nusantara, Tanjung Enim, Sumatera Selatan. Lokasi ini dipilih karena merupakan salah satu area pengelolaan air tambang yang menggunakan sistem kolam pengendapan (*settling pond*) untuk menurunkan kadar *Total Suspended Solid* (TSS) sebelum air dilepas ke lingkungan.

Pemilihan lokasi penelitian didasarkan pada karakteristik kegiatan pertambangan yang menghasilkan air limpasan dengan kandungan TSS tinggi, sehingga memerlukan pengelolaan yang optimal. Selain itu, lokasi ini juga memiliki aktivitas *loading* lumpur menggunakan alat berat yang relevan dengan tujuan penelitian, yaitu menganalisis hubungan antara produktivitas alat dengan penurunan kadar TSS. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa efektivitas pengelolaan kolam pengendapan sangat dipengaruhi oleh kondisi operasional di lapangan serta pengelolaan sedimen yang terakumulasi (Azhari et al., 2023).

Waktu pelaksanaan penelitian dilakukan selama ± 1 bulan, yang meliputi kegiatan observasi lapangan, pengambilan data produktivitas alat, serta pengambilan dan analisis sampel air. Penentuan waktu penelitian mempertimbangkan kondisi operasional tambang yang aktif, sehingga data yang diperoleh dapat merepresentasikan kondisi aktual di lapangan. Pendekatan ini sejalan dengan penelitian evaluasi pengelolaan *settling pond* yang menekankan pentingnya pengambilan data pada kondisi operasional nyata untuk memperoleh hasil yang akurat (Wijayanto et al., 2024).

Pemilihan lokasi dan waktu penelitian diharapkan dapat mendukung pengumpulan data yang representatif serta menghasilkan analisis yang sesuai dengan kondisi aktual pengelolaan air tambang, khususnya dalam upaya penurunan kadar TSS.

Tabel 3.1 Rencana Pelaksanaan Penelitian

No	Kegiatan	Jadwal pelaksanaan					
		April				Mei	
		1	2	3	4	1	2
1.	Studi observasi lapangan	■					
2.	Penyusunan proposal		■				
3.	Pengumpulan refrensi data-data terkait			■			
4.	Melakukan observasi lapangan			■	■		
5.	Pengolahan data			■	■		
6.	Analisis data				■	■	
7.	Konsultasi dan bimbingan					■	■
8.	Presentasi dan Penilaian						■

Sumber: Penulis, 2026

Tabel 3.1 menunjukkan jadwal rencana pelaksanaan penelitian yang dilaksanakan selama ± 1 bulan, yaitu 07 April hingga 08 Mei 2026. Berdasarkan tabel tersebut, kegiatan penelitian meliputi tahap persiapan, pelaksanaan penelitian di lapangan, pengolahan dan analisis data, serta penyusunan laporan penelitian yang disusun secara sistematis sesuai dengan waktu yang telah ditetapkan.

3.2 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan melalui beberapa tahapan yang disusun secara sistematis agar tujuan penelitian dapat tercapai secara efektif. Adapun tahapan penelitian meliputi:

3.2.1 Observasi Lapangan

Observasi lapangan merupakan tahapan penelitian yang dilakukan dengan cara mengamati secara langsung kondisi aktual di lokasi penelitian, yaitu di KPL X, PT Pamapersada Nusantara, Tanjung Enim, Sumatera Selatan. Kegiatan observasi ini bertujuan untuk memperoleh gambaran nyata mengenai sistem operasional kolam pengendapan lumpur, aktivitas *loading* lumpur, serta kondisi lingkungan kerja yang berkaitan dengan penelitian.

Menurut Azhari (2023), metode observasi langsung sangat penting dalam penelitian pertambangan karena mampu memberikan data aktual sesuai kondisi lapangan dan membantu peneliti memahami hubungan antara kegiatan operasional tambang dengan aspek lingkungan.

Dengan demikian, melalui observasi lapangan diharapkan diperoleh data primer yang akurat dan representatif sebagai dasar dalam proses analisis dan pembahasan penelitian.

3.2.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan tahapan penting dalam penelitian yang bertujuan untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan sebagai dasar analisis dan pembahasan. Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini terdiri atas data primer dan data sekunder yang berkaitan dengan kegiatan *loading* lumpur menggunakan excavator PC Long Arm 210 serta pengaruhnya terhadap penurunan kadar *Total Suspended Solid* (TSS) di KPL X, PT Pampersada Nusantara, Tanjung Enim, Sumatera Selatan.

1. Data Primer

Data primer merupakan data yang diperoleh secara langsung di lapangan melalui kegiatan observasi, pengukuran, dan pengambilan sampel selama penelitian berlangsung. Data primer yang dikumpulkan meliputi:

- a. Waktu siklus kerja (*cycle time*) excavator PC Long Arm 210.
- b. Waktu siklus kerja (*cycle time*) Dump Truck Hino 500.
- c. Dokumentasi di Lapangan.

Pengambilan data primer dilakukan secara langsung agar diperoleh data aktual yang sesuai dengan kondisi lapangan. Menurut Kumar (2023), data primer sangat penting dalam penelitian teknik pertambangan karena memberikan gambaran nyata terhadap sistem kerja dan kondisi operasional di lokasi penelitian.

2. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data pendukung yang diperoleh dari dokumen perusahaan, laporan teknis, arsip operasional, dan literatur

ilmiah yang relevan. Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

- a. Spesifikasi excavator *PC Long Arm 210*
- b. Spesifikasi *Dump Truck* Hino 500
- c. Data curah hujan
- d. Data hasil uji TSS
- e. Standar baku mutu air tambang

Data sekunder digunakan untuk melengkapi data primer serta membantu dalam proses analisis penelitian.

3. Teknik Pengumpulan Data

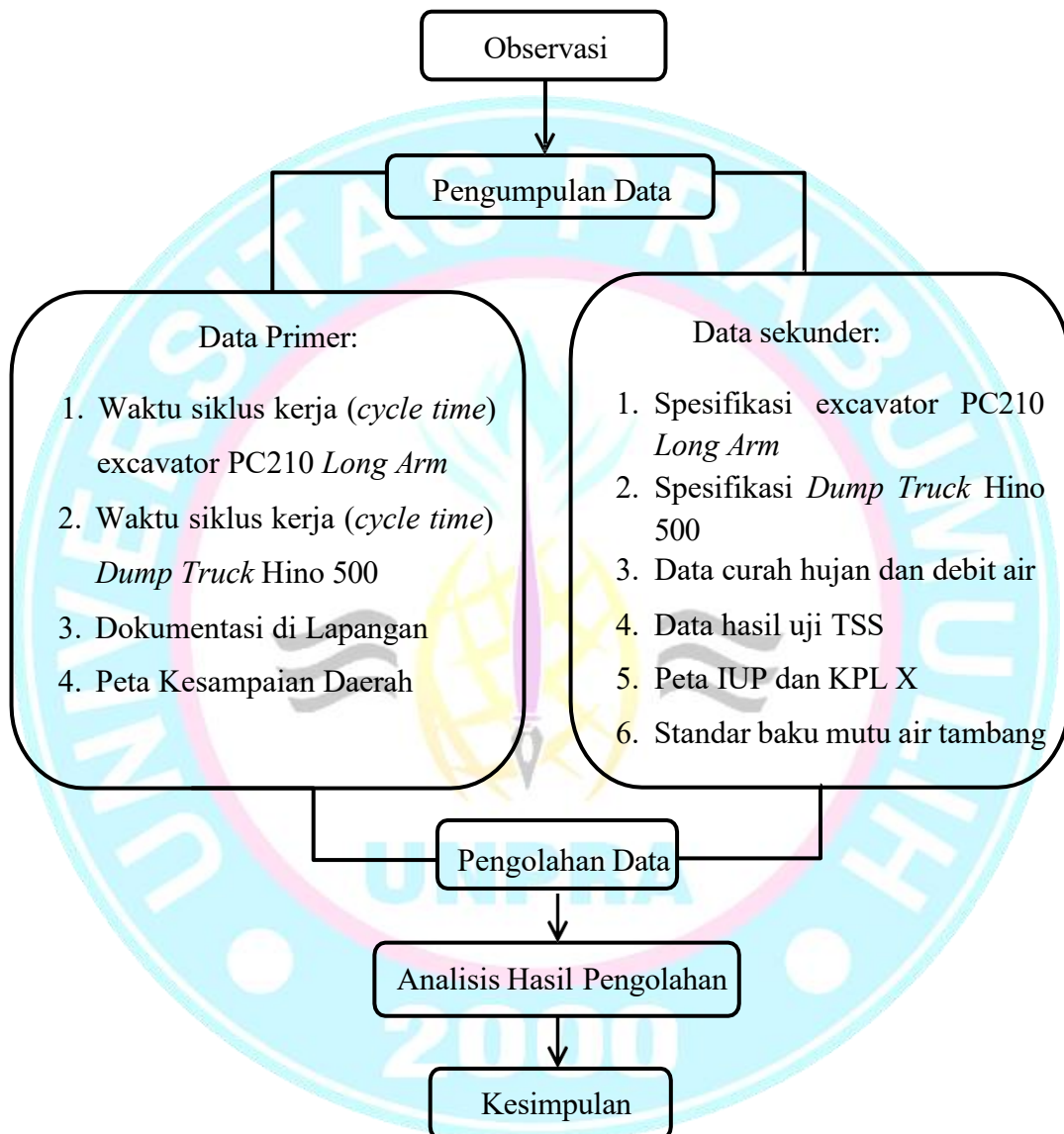
Pengumpulan data dilakukan melalui beberapa metode, yaitu:

- a. Observasi langsung, untuk mengetahui kondisi lapangan dan aktivitas operasional.
- b. Pengukuran lapangan, untuk memperoleh data produktivitas alat.
- c. Dokumentasi, berupa foto kegiatan penelitian dan kondisi lapangan.
- d. Studi literatur, sebagai landasan teori dan pembandingan hasil penelitian.

Menurut Azhari (2023), kombinasi data primer dan sekunder sangat diperlukan dalam penelitian pengelolaan air tambang agar hasil analisis menjadi lebih komprehensif dan akurat. Pengumpulan data dalam penelitian ini diharapkan mampu menyediakan informasi yang lengkap untuk menganalisis hubungan antara kegiatan *loading* lumpur dengan efektivitas penurunan kadar TSS di KPL X.

3.3 Bagan Alir Penelitian

Bagan alir penelitian merupakan bagan yang menggambarkan bagaimana jalanya suatu penelitian mulai dari awal hingga pada akhir penelitian. Bagan alir dapat dilihat pada Gambar 3.1



Sumber: Penulis, 2026

Gambar 3.1 Diagram Alir Pengolahan Data Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Umum Lokasi Penelitian

Lokasi pengamatan penelitian ini terpusat pada *Settling Pond* atau Kolam Pengendap Lumpur (KPL) X yang dikelola oleh PT Pamapersada Nusantara Distrik MTBU. KPL ini berfungsi sebagai sarana utama dalam mengelola air limpasan tambang (*mine run-off*) sebelum dialirkan ke perairan umum. Secara teknis, KPL X dirancang untuk menurunkan kadar material padat tersuspensi melalui proses sedimentasi alami dan bantuan *treatment* kimiawi.

Berdasarkan data teknis dan pemetaan terbaru dari Departemen Engineering PT Pamapersada Nusantara, KPL X memiliki karakteristik dimensi dan volume sebagai berikut:

Tabel 4.1 Data Teknis Kapasitas KPL X

Parameter	Nilai Volume	Satuan
Kapasitas Desain (Volume <i>Fill</i>)	265.000	BCM
Rencana Perluasan (Volume <i>Cut</i>)	16.000	BCM
Akumulasi Sedimen (Volume Lumpur)	99.000	BCM

Sumber: Data Sekunder Peta *Engineering* PT Pama MTBU, 2026

Kondisi eksisting di lapangan menunjukkan bahwa KPL X telah mengalami pendangkalan yang signifikan akibat akumulasi sedimen sebesar 99.000 BCM. Akumulasi ini mencapai sekitar 37% dari total kapasitas desain kolam, yang berdampak langsung pada berkurangnya waktu tinggal air (*detention time*). Penurunan volume efektif ini menyebabkan air limpasan tidak mengendap secara optimal, sehingga berisiko meningkatkan kadar *Total Suspended Solid* (TSS) di titik penataan (*outlet*).

PT Pamapersada Nusantara melakukan upaya normalisasi melalui kegiatan pengerukan (*loading lumpur*) menggunakan unit ekskavator PC 210 *Long Arm*. Pemilihan unit ini didasari oleh kondisi material lumpur yang memiliki karakteristik fisik padat namun jenuh air, sehingga memerlukan alat dengan jangkauan (*reach*) yang panjang untuk menjangkau titik-titik sedimen tanpa mengganggu kestabilan tanggul kolam. Hal ini sejalan dengan teori bahwa

efektivitas kolam pengendap sangat bergantung pada pemeliharaan volume efektif kolam secara berkala (Gautama, 2022).

4.2 Hasil Pengamatan Produktivitas Alat Gali-Muat

Analisis produktivitas alat gali-muat merupakan poin utama untuk mengetahui kemampuan unit dalam melakukan normalisasi KPL 10 Tungkal. Pengamatan dilakukan terhadap unit Ekskavator PC 210 Long Arm dengan kapasitas Bucket 0,26 BCM.

4.2.1 Data *Cycle Time* Excavator PC210 Long Arm

Data waktu edar (*cycle time*) diambil melalui observasi langsung di lapangan selama 7 hari pengamatan dengan durasi 3 jam per hari. Berdasarkan 30 siklus yang diambil secara acak untuk mewakili populasi kerja alat, didapatkan distribusi waktu edar harian sebagai berikut:

Tabel 4.2 Distribusi Rata-Rata *Cycle Time* 1 Minggu PC 210 Long Arm

Hari	<i>Digging</i> (<i>dtk</i>)	<i>Swing</i> <i>Loaded</i> (<i>dtk</i>)	<i>Dumping</i> (<i>dtk</i>)	<i>Swing</i> <i>Empty</i> (<i>dtk</i>)	<i>Total Ct</i> (<i>dtk</i>)
Senin	7,75	6,25	3,00	5,00	22,00
Selasa	8,00	6,60	3,20	5,00	22,80
Rabu	7,75	6,25	3,25	5,00	22,25
Kamis	7,60	6,20	3,00	5,00	21,80
Jumat	8,00	6,60	3,40	5,00	23,00
Sabtu	7,50	6,25	3,00	5,00	21,75
Senin	7,67	6,33	3,00	5,00	22,00
Rata-rata	7,73	6,33	3,07	5,00	22,13

Sumber: Penulis (2026)

4.2.2 Analisis Distribusi Frekuensi Gerak Alat

Untuk melihat konsistensi kerja operator dan stabilitas alat dalam kondisi material lumpur padat dengan sudut ayunan (*swing angle*) 45°, dilakukan analisis distribusi frekuensi pada setiap elemen gerak:

1. Distribusi Frekuensi *Digging* (Menggali)

Didominasi oleh waktu 8 detik (73,3%). Hal ini menunjukkan material lumpur padat memerlukan penetrasi *Bucket* yang lebih lama untuk mencapai *Fill Factor* optimal.

Tabel 4.3 Distribusi Frekuensi *Digging*

Waktu (dtk)	Frekuensi (Siklus)	Persentase (%)	Keterangan
7	8	26,67%	Pengambilan sangat lancar
8	22	73,33%	Penetrasi material padat
Total	30	100%	Rata-rata: 7,73 dtk

Sumber: Penulis, 2026

2. Distribusi Frekuensi *Swing Loaded* (Ayunan Bermuatan)

Sebanyak 66,67% berada pada waktu 6 detik. Hal ini dipengaruhi oleh posisi pemuatan *bottom loading* dan sudut ayun yang sempit (45°), sehingga mempercepat waktu edar.

Tabel 4.4 Distribusi Frekuensi *Swing Loading*

Waktu (dtk)	Frekuensi (Siklus)	Persentase (%)	Keterangan
6	20	66,67%	Sudut ayun 45° efisien
7	10	33,33%	Penyesuaian posisi bak
Total	30	100%	Rata-rata: 6,33 dtk

Sumber: Penulis, 2026

Sebagian besar waktu ayunan berada pada 6 detik. Hal ini membuktikan bahwa penggunaan pola pemuatan *bottom loading* dengan sudut 45° sangat mendukung efektivitas waktu edar alat.

3. Distribusi Frekuensi *Dumping* (Menumpah)

Sangat konsisten pada waktu 3 detik (93,3%), menunjukkan material lumpur lepas dengan cepat dari *Bucket*.

Tabel 4.5 Distribusi Frekuensi *Dumping*

Waktu (dtk)	Frekuensi (Siklus)	Persentase (%)	Keterangan
3	28	93,33%	Material lepas cepat
4	2	6,67%	Pembersihan <i>Bucket</i>
Total	30	100%	Rata-rata: 3,07 dtk

Sumber: Penulis, 2026

Tingkat konsistensi yang sangat tinggi pada 3 detik (93,33%) menunjukkan bahwa material lumpur, meskipun padat, tidak lengket pada *Bucket* saat ditumpahkan, sehingga mempercepat proses pemuatan.

4. Distribusi Frekuensi *Swing Empty* (Ayunan Kosong)

Mencapai konsistensi 100% pada waktu 5 detik. Hal ini membuktikan bahwa jarak jangkauan (*reach*) sepanjang 8 m memberikan ruang gerak yang stabil bagi operator (Haryanto, 2021).

Tabel 4.6 Distribusi Frekuensi *Swing Empty*

Waktu (dtk)	Frekuensi (Siklus)	Persentase (%)	Keterangan
5	30	100%	Sangat Stabil
Total	30	100%	Rata-rata: 5,00 dtk

Sumber: Penulis, 2026

Data menunjukkan konsistensi mutlak (100%) pada waktu 5 detik. Hal ini mengindikasikan bahwa operator telah menguasai jangkauan *Long Arm* pada jarak 8 m dan tidak terdapat gangguan ruang gerak (*obstruction*) di area operasional KPL 10 Tungkal (Suharto, 2021).

4.2.3 Perhitungan Produktivitas Aktual Excavator PC210 (BCM/Jam)

Perhitungan produktivitas dilakukan untuk mengetahui volume material nyata yang dipindahkan dalam satu jam kerja. Mengacu pada rumusan Peurifoy (2006), perhitungan menggunakan parameter aktual lapangan sebagai berikut:

1. Kapasitas Bucket (q) : 0,26 BCM
2. Fill Factor (ff) : 0,75
3. Efisiensi Kerja (E) : 0,75 (45 menit/jam efektif)
4. *Cycle Time* (Ct) : 22,13 detik
5. *Swell Factor* (Sf) : 0,80

Rumus Produktivitas:

$$Q = \frac{q \times FF \times 3600 \times E \times Sf}{CT}$$

Keterangan:

Q = Produktivitas excavator (BCM/jam)

Kb = Kapasitas bucket (m³)

FF = Fill Factor

SF = Swell Factor

EK = Efisiensi kerja

CT = Cycle time excavator (detik) 3600

= Faktor konversi detik ke jam Maka:

$$Q = \frac{0,26 \times 0,75 \times 3600 \times 0,75 \times 0,80}{22,13}$$

$$Q = 19,03 \text{ BCM/Jam}$$

Tabel 4.7 Perbandingan Dengan Target Perusahaan

Uraian	Nilai
Target Produktivitas	18,00 BCM/jam
Produktivitas Aktual Excavator	19,03 BCM/jam
Selisih	+1,03 BCM/jam
Persentase Pencapaian	105,72%

Sumber: Penulis, 2026

Berdasarkan hasil perhitungan, produktivitas aktual *Excavator* Komatsu PC210 *Long Arm* sebesar 19,03 BCM/jam, sedangkan target produktivitas perusahaan adalah 18 BCM/jam. Dengan demikian produktivitas *excavator* telah melampaui target sebesar 1,03 BCM/jam atau mencapai 105,72% dari target yang ditetapkan perusahaan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kinerja excavator dalam kegiatan *loading* lumpur pada KPL X telah memenuhi bahkan melebihi target operasional perusahaan. Pencapaian ini dipengaruhi oleh waktu edar alat yang relatif baik, penggunaan parameter operasional yang sesuai dengan kondisi lapangan, serta kemampuan *excavator* dalam melayani beberapa unit *dump truck* secara bergantian selama proses pemuatan berlangsung.

4.3 Analisis Progres Pengerukan (Target vs Realisasi)

Analisis progres pengerukan bertujuan untuk mengevaluasi sejauh mana kegiatan normalisasi yang telah dilakukan mampu mengurangi akumulasi sedimen di KPL X. Perhitungan ini menyandingkan target volume total berdasarkan data peta *Engineering* dengan realisasi volume yang berhasil diangkat selama periode pengamatan.

4.3.1 Perbandingan Target dan Capaian Mingguan

Berdasarkan data sekunder dari Departemen *Engineering*, volume lumpur yang mengendap di KPL 10 Tungkal adalah sebesar 99.000 BCM. Sementara itu, berdasarkan hasil pengamatan primer selama satu minggu (7 hari) dengan durasi pengamatan 3 jam per hari, didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.8 Rekapitulasi Progres Normalisasi KPL X

Parameter	Satuan	Nilai	Sumber Data
Target Total Lumpur (Peta)	BCM	99.000	<i>Dept. Engineering</i>
Produktivitas Alat Aktual	BCM/Jam	19	Hasil Ritase Lapangan
Jam Pengamatan per Hari	Jam	3	Observasi Langsung
Total Produksi per Hari	BCM	84	(3 Jam x 28 BCM)
Total Realisasi Mingguan	BCM	588	(7 Hari x 84 BCM)
Sisa Lumpur di KPL	BCM	98.412	(99.000 - 588)

Sumber: Penulis, 2026

Berdasarkan Tabel 4.8 di atas, dapat dianalisis beberapa poin penting terkait progres pengerukan lumpur:

1. *Persentase* Capaian: Realisasi pengerukan selama satu minggu pengamatan adalah sebesar 588 BCM, atau setara dengan 0,59% dari total akumulasi sedimen (99.000 BCM). Meskipun secara persentase terlihat kecil, kegiatan ini merupakan langkah krusial untuk mencegah pendangkalan total yang dapat menyebabkan air limpasan langsung keluar (*bypass*) menuju outlet tanpa proses pengendapan yang cukup.
2. Efektivitas Penurunan Sedimen: Angka 588 BCM mencerminkan volume nyata (*Bank Cubic Meter*) yang berhasil dikeluarkan dari sistem sirkulasi air KPL. Pengurangan volume lumpur ini secara langsung menambah kapasitas tampung efektif kolam, yang pada gilirannya akan meningkatkan waktu tinggal air (*detention time*) untuk menurunkan nilai TSS.
3. Evaluasi Operasional: Dengan total sisa lumpur sebesar 98.412 BCM, maka diperlukan keberlanjutan operasional unit PC 210 *Long Arm* secara konsisten. Pengamatan menunjukkan bahwa pola pemuatan *bottom loading* dan penggunaan unit tipe *Long Arm* sangat efektif untuk menjangkau titik pengendapan terdalam di tengah

kolam tanpa merusak struktur tanggul (*bund wall*) KPL (Heryanto, 2021).

4.3.2 Perhitungan Produktivitas Unit Angkut (Hino 500)

Unit angkut yang digunakan dalam kegiatan *loading* lumpur di KPL X adalah Hino 500. Jarak dari area pemuatan menuju lokasi pembuangan (*disposal*) adalah sejauh 6,1 km.

1. Waktu Edar (*Cycle Time*) Unit Angkut Berdasarkan data pengamatan, rata-rata waktu edar unit angkut adalah sebagai berikut:

Tabel 4.9 Waktu Edar (Cycle Time) Hino 500

No	Elemen Gerak	Waktu (Menit)
1	<i>Maneuver Loading</i>	1
2	<i>Loading</i>	10,4
3	<i>Hauling</i> Isi (6,1 km)	10,35
4	<i>Maneuver Dumping</i>	1
5	<i>Dumping</i>	2
6	<i>Return</i> Kosong	10,25
Total Ctt		35

Sumber: Penulis, 2026

4.4 Produktivitas *Dump Truck* Hino 500

Kegiatan pengangkutan lumpur pada KPL X menggunakan alat angkut berupa *Dump Truck* Hino 500 FM 260 Ti. *Dump Truck* digunakan untuk mengangkut material lumpur hasil *loading* excavator menuju disposal area dengan jarak hauling sekitar 6,1 km.

Penggunaan *Dump Truck* dalam kegiatan *loading* lumpur sangat berpengaruh terhadap kelancaran operasional pemindahan material. Kecerahan antara excavator dan *Dump Truck* menjadi faktor penting dalam menjaga kontinuitas kerja alat sehingga tidak terjadi waktu tunggu (*waiting time*) yang terlalu besar.

Menurut Prabowo dan UZD (2023), kombinasi kerja alat gali-muat dan alat angkut harus memiliki keseimbangan produktivitas agar kegiatan operasional dapat berjalan efektif dan efisien.

Material yang diangkut berupa lumpur basah menyebabkan pengisian *vessel Dump Truck* tidak dapat dilakukan secara penuh karena mempertimbangkan faktor keamanan dan risiko tumpahan selama proses *hauling*.

4.4.1 Produktivitas *Dump Truck* Hino 500

Diketahui:

1. n (Jumlah Pengisian) : 32 *pass*
2. K_b (Kapasitas *Bucket*) : 0,26 m³
3. F_f (*Fill Factor*) : 0,75
4. E_k (Efisiensi Kerja) : 0,75 (45menit/jam)
5. S_f (*Swell Factor*) : 0,80
6. CT_a (*Cycle Time DT*) : 35 menit

Rumus produktivitas *Dump Truck*:

$$Q = \frac{n \times K_b \times F_f \times 60 \times E_k \times S_f}{CT_a}$$

Keterangan:

- Q = Produktivitas alat angkut *Dump Truck* (BCM/jam)
 n = Jumlah pengisian *bucket* ke *vessel* (*pass*)
 K_b = Kapasitas *bucket* ekskavator (m³)
 F_f = *Fill Factor* (desimal/persentase)
 60 = Faktor konversi dari menit ke jam
 E_k = Efisiensi kerja alat (dalam bentuk desimal/persentase)
 S_f = *Swell Factor* (desimal/persentase)
 CT_a = *Cycle Time Dump Truck* (menit)

Maka:

$$Q = \frac{32 \times 0,26 \times 0,75 \times 60 \times 0,75 \times 0,80}{35}$$

$$Q = 8,56 \text{ BCM/JAM}$$

4.4.2 Analisis Distribusi Frekuensi Gerak Unit Angkut (Hino 500)

Analisis ini bertujuan untuk melihat konsistensi waktu edar unit *Bucket* angkut pada jarak 6,1 km dari KPL X menuju *disposal*.

1. Distribusi Frekuensi *Loading* (Dimuati)

Waktu yang dibutuhkan ekskavator untuk mengisi penuh *vessel* DT (32 *pass*) dapat dilihat pada Tabel 4.9 Distribusi Frekuensi *Loading* berikut:

Tabel 4.10 Distribusi Frekuensi *Loading*

Waktu (Menit)	Frekuensi (Siklus)	Persentase (%)	Keterangan
10	20	66,67%	Pemuatan Lancar
11	10	33,33%	Ada material tumpah/reposisi
Total	30	100%	Rata-rata: 10,33 Menit

Sumber: Penulis, 2026

2. Distribusi Frekuensi *Hauling* Isi (Angkut Bermuatan)

Waktu perjalanan dari KPL menuju *disposal* sejauh 6,1 km. Dapat dilihat pada Tabel 4.10 Distribusi Frekuensi *Hauling* berikut:

Tabel 4.11 Distribusi Frekuensi *Hauling* isi

Waktu (Menit)	Frekuensi (Siklus)	Persentase (%)	Keterangan
10	18	60,00%	Jalan Angkut Kering/Rata
11	12	40,00%	Kondisi Berdebu/Licin
Total	30	100%	Rata-rata: 10,40 Menit

Sumber: Penulis, 2026

3. Distribusi Frekuensi *Return* (Kembali Kosong)

Waktu perjalanan kembali dari *disposal* ke area pemuatan. Dapat dilihat pada Tabel 4.11 Distribusi Frekuensi *Return* berikut:

Tabel 4.12 Distribusi Frekuensi *Return*

Waktu (Menit)	Frekuensi (Siklus)	Persentase (%)	Keterangan
10	21	70,00%	Kecepatan Optimal
11	9	30,00%	Hambatan di Simpang/Tanjakan
Total	30	100%	Rata-rata: 10,30 Menit

Sumber: Penulis, 2026

4. Distribusi Frekuensi *Dumping* (Menumpah)

Waktu saat unit melakukan pembuangan material di *disposal*. Dapat dilihat pada Tabel 4.12 Distribusi Frekuensi *Dumping* (Menumpah) berikut:

Tabel 4.13 Distribusi Frekuensi *Dumping*

Waktu (Menit)	Frekuensi (Siklus)	Persentase (%)	Keterangan
2	30	100%	Sangat Stabil
Total	30	100%	Rata-rata: 2,00 Menit

Sumber: Penulis, 2026

4.5 Analisis *Match Factor*

Karena rumus *Match Factor* adalah perbandingan waktu edar (rasio), maka nilai SF tidak mengubah hasil MF selama jumlah pengisian (n) tetap sama.

$$MF = \frac{N_a \times n \times \left(\frac{CT_m}{60}\right)}{N_m \times CT_a}$$

Keterangan:

MF = *Match Factor* (Faktor Kesenjangan Kerja Alat)

N_a = Jumlah unit alat angkut (*Dump Truck*) yang beroperasi (unit)

n = Jumlah pengisian (*pass*) *bucket* ekskavator ke bak alat angkut (*pass*)

CT_m = *Cycle Time* alat gali-muat (*Excavator*) per *pass* (detik)

60 = Faktor konversi dari detik ke menit

N_m = Jumlah unit alat gali-muat (*Excavator*) yang beroperasi (unit)

CT_a = *Cycle Time* alat angkut (*Dump Truck*) (menit)

Maka:

$$MF = \frac{1 \times 32 \times \left(\frac{22,13}{60}\right)}{1 \times 35} = 0,34$$

Nilai Match Factor sebesar 0,34 menunjukkan bahwa keserasian kerja antara excavator dan dump truck belum optimal sehingga masih terdapat waktu tunggu pada salah satu alat. Meskipun demikian, produktivitas yang dihasilkan masih mampu mendukung kegiatan normalisasi KPL.

4.5.1 Spesifikasi Operasional *Dump Truck* Hino 500

Berdasarkan data lapangan dan hasil observasi, diperoleh spesifikasi operasional *Dump Truck* sebagai berikut:

Spesifikasi DT 500	
Merk dan Model	: Hino 500 FM 260 Ti
EVW (Kg)	: 26.000
Vessel Capacity	: 18-25 Ton
Overall Height	: 2.610 mm
Overall width	: 2.400 mm
Overall Length	: 9.410 Mm
Kekuatan Mesin	: 257,4 HP
Ukuran rim	: 20 x 7,50 V – 165
Ukuran ban	: 11.00 - 20 - 16PR
Jumlah ban	: 10 + 1 (spare tire)



Sumber: Penulis, 2026

Gambar 4.1 Spesifikai *Dump Truck* Hino 500

Spesifikasi *Dump Truck* tersebut menunjukkan bahwa Hino 500 memiliki kapasitas dan tenaga mesin yang cukup baik untuk mendukung kegiatan pengangkutan material lumpur pada area KPL. Dukungan sistem transmisi yang tangguh dan *ground clearance* yang memadai juga memungkinkannya beroperasi secara stabil di medan berlumpur tanpa mengabaikan faktor keselamatan.

4.6 Analisis Kualitas Air (*Total Suspended Solid* / TSS)

Analisis kualitas air merupakan bagian inti untuk membuktikan efektivitas pengerukan sedimen di KPL X. Pengamatan difokukan pada parameter *Total Suspended Solid* (TSS) yang menunjukkan jumlah padatan tersuspensi dalam air limbah. Berdasarkan data harian yang diambil pada bulan April 2026, kondisi kualitas air di KPL X menunjukkan fluktuasi yang dipengaruhi oleh intensitas pengerukan dan curah hujan. Meskipun terdapat lonjakan nilai TSS pada hari-hari dengan curah hujan tinggi, secara umum rerata bulanan masih berada di bawah ambang batas baku mutu yang ditetapkan, penyesuaian jadwal pengerukan serta optimalisasi waktu pengendapan di kolam kompartemen menjadi langkah krusial untuk menekan lonjakan kadar TSS tersebut. Hal ini mengindikasikan bahwa proses pengerukan berhasil mereduksi penumpukan sedimen, meskipun pemantauan berkala tetap diperlukan untuk memastikan kualitas air olahan stabil sebelum dialirkan ke badan air penerima.

4.7 Analisis TSS *Inlet* dan *Outlet*

Berdasarkan 49 data pengamatan yang tertera pada lampiran C, berdasarkan perhitungan di bawah ini tingkat kepatuhan TSS *Outlet* terhadap baku mutu mencapai 93,88%, sehingga pengelolaan kolam pengendapan dinilai efektif. Dengan rekapitulasi kepatuhan:

1. Total Data Dianalisis : 49 data
2. Memenuhi Baku Mutu : 46 data
3. Tidak Memenuhi : 3 data

Persentase Kepatuhan:

$$\frac{46}{49} \times 100 = 93,88\%$$

Berdasarkan hasil rekapitulasi seluruh data pengamatan, sebagian besar nilai TSS *Outlet* berada di bawah baku mutu 300 mg/L, sehingga sistem kolam pengendapan dinilai bekerja cukup baik.

Nilai TSS yang melebihi baku mutu terjadi pada:

1. 05 April 2026 = 338 mg/L
2. 18 April 2026 = 3676 mg/L
3. 18 April 2026 = 1073 mg/L

Kondisi tersebut dipengaruhi oleh hujan deras dan tingginya limpasan permukaan yang membawa material halus ke kolam pengendapan.

4.7.1 Analisis Kejadian Luar Biasa (18 April 2026)

Data menunjukkan kejadian kritikal pada tanggal 18 April Shift II, di mana kadar TSS *Inlet* melonjak drastis hingga 3.800 mg/L.

1. Penyebab Lonjakan: Tingginya kadar TSS ini disebabkan oleh intensitas curah hujan yang tinggi di area tangkapan hujan (*catchment area*), sehingga air limpasan membawa material sedimen dalam jumlah besar masuk ke sistem *drainase* tambang.
2. Efek Pendangkalan: Pada kondisi ini, sisa sedimen sebesar 99.000 BCM yang belum dikeruk menyebabkan volume efektif kolam berkurang. Akibatnya, air tidak memiliki waktu tinggal (*detention time*) yang cukup untuk mengendapkan partikel halus, sehingga TSS Outlet tetap tinggi di angka 3.676 mg/L.
3. Pentingnya Normalisasi: Kejadian ini memperkuat argumen bahwa pengerukan sedimen sangat mesndesak dilakukan. Tanpa adanya ruang tampung yang memadai (volume bebas), kolam hanya berfungsi sebagai saluran lewat (*bypass*) tanpa proses pembersihan yang optimal.

4.7.2 Efektivitas Pengerukan Terhadap Kualitas Air

Meskipun terdapat kejadian ekstrem, data pada tanggal 17 dan 19 April menunjukkan bahwa saat kondisi normal dan pengerukan sedang berlangsung, kolam mampu menjaga kadar TSS *Outlet* tetap rendah (di bawah 100 mg/L).

1. Peningkatan Kapasitas: Pengerukan sebesar 588 BCM dalam satu minggu memberikan kontribusi pada penambahan volume tampung. Hal ini terlihat pada tanggal 19 April, di mana setelah lonjakan besar,

kadar TSS *Outlet* mampu turun kembali secara cepat ke angka 29 mg/L.

2. Analisis Teknis: Dengan produktivitas alat gali sebesar 19,03 BCM/jam, upaya normalisasi secara konsisten akan memperluas zona pengendapan (*settling zone*), sehingga meskipun terjadi hujan di masa depan, efisiensi pengendapan kolam akan jauh lebih tinggi daripada kondisi saat ini.

4.7.3 Analisis Hubungan Volume *Loading* Lumpur dengan Penurunan Kadar TSS

Berdasarkan data pengamatan selama satu minggu, terdapat korelasi yang signifikan antara volume lumpur yang berhasil diangkat oleh PC 210 *Long Arm* dengan stabilitas penurunan kadar TSS di titik penataan (*outlet*). Berikut adalah analisis mendalamnya:

1. Peningkatan Volume Efektif dan Waktu Tinggal (*Detention Time*)
Setiap volume lumpur yang diangkat (total 588 BCM selama pengamatan) memberikan ruang kosong tambahan pada kapasitas tampung kolam. Secara hidrolika, penambahan volume bebas (*freeboard*) ini memperlambat laju alur air dari *inlet* menuju *outlet*.
 - a. Analisis Teknis: Dengan aliran yang lebih lambat, partikel padatan tersuspensi memiliki waktu pengendapan (*settling time*) yang lebih lama di dalam kompartemen kolam. Hal ini dibuktikan dengan penurunan rata-rata TSS harian dari kondisi kritis (di atas 300 mg/L) menjadi rata-rata 81,1 mg/L selama periode normalisasi.
2. Pengaruh Volume Pengerukan terhadap Efisiensi Pengendapan
Hubungan ini dapat dilihat dari kemampuan kolam dalam meredam lonjakan beban padatan.
 - a. Pada saat terjadi hujan ekstrem (18 April), kadar TSS Inlet mencapai 3.800 mg/L.
 - b. Meskipun progres pengerukan baru mencapai 0,59%, area yang telah dikeruk oleh PC 210 *Long Arm* di bagian depan kolam berfungsi sebagai trap (perangkap) sedimen utama.

- c. Volume yang sudah dibersihkan tersebut mencegah material sedimen lama "teraduk kembali" (*resuspension*) oleh arus air hujan yang masuk, sehingga beban kerja kolam dalam mengendapkan partikel baru menjadi lebih ringan.
3. Grafik Hubungan Volume vs TSS (Korelasi Negatif) Secara teoritis dan berdasarkan data lapangan, hubungan antara volume *loading* lumpur dan kadar TSS *Outlet* menunjukkan Korelasi Negatif. Artinya, semakin besar volume lumpur yang diangkat, maka nilai kadar TSS pada outlet akan semakin menurun.
 - a. Volume Sedimen Rendah (Kolam Dangkal): TSS Tinggi karena *detention time* singkat dan terjadi *short-circuiting* (air mengalir cepat langsung ke outlet tanpa sempat mengendap).
 - b. Volume Sedimen Berkurang (Pasca Pengerukan): TSS Rendah karena *detention time* optimal dan tersedia ruang yang cukup untuk proses pengendapan gravitasi.
 4. Kesimpulan Analisis Hubungan

Dapat disimpulkan bahwa kegiatan *loading* lumpur menggunakan PC 210 *Long Arm* secara langsung meningkatkan efisiensi pengendapan KPL 10 Tungkal. Pengangkatan volume lumpur sebesar 19,03 BCM/jam bukan hanya sekadar aktivitas pemindahan material, melainkan upaya teknis untuk mengembalikan fungsi hidrolik kolam agar mampu menampung beban sedimen dan menghasilkan air keluaran yang memenuhi standar baku mutu lingkungan Pertek Nomer S.229/PPKL/PKL/PKL.4/3/2023 dan (Kepmen LH 113/2003)

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai Analisis *Loading* Lumpur Menggunakan *Excavator* Komatsu PC210 *Long Arm* dalam Mendukung Penurunan *Total Suspended Solid* (TSS) pada KPL X PT Pamapersada Nusantara, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil perhitungan produktivitas alat, diperoleh produktivitas *Excavator* Komatsu PC210 *Long Arm* sebesar 19,03 BCM/jam. Produktivitas tersebut dihitung berdasarkan parameter operasional yang digunakan di lapangan, yaitu nilai *Fill Factor* (FF) sebesar 0,75, *Swell Factor* (SF) sebesar 0,80, dan Efisiensi Kerja (EK) sebesar 0,75 yang diperoleh dari data operasional dan arahan pembimbing lapangan PT Pamapersada Nusantara. Produktivitas tersebut menunjukkan bahwa *excavator* mampu melakukan kegiatan pengerukan lumpur secara efektif sehingga dapat mengurangi akumulasi sedimen pada dasar Kolam Pengendap Lumpur (KPL) X.
2. Berdasarkan hasil analisis hubungan volume *loading* lumpur dengan penurunan kadar *Total Suspended Solid* (TSS), kegiatan pengerukan lumpur menggunakan *Excavator* Komatsu PC210 *Long Arm* berkontribusi terhadap peningkatan kapasitas efektif Kolam Pengendap Lumpur (KPL), sehingga waktu tinggal air (*detention time*) menjadi lebih lama dan proses sedimentasi berlangsung lebih optimal. Kondisi tersebut berdampak pada penurunan kadar TSS pada air keluaran (*outlet*), yang pada sebagian besar hasil pengamatan telah memenuhi baku mutu yang ditetapkan. Dengan demikian, semakin besar volume lumpur yang berhasil diangkat melalui kegiatan *loading* lumpur, semakin baik efektivitas kolam dalam menurunkan kadar TSS.

5.2 Saran

Untuk mengoptimalkan kegiatan normalisasi X Tungkal di masa mendatang, disarankan beberapa poin sebagai berikut:

1. Optimalisasi Armada Angkut: Perlu dilakukan penambahan jumlah unit angkut (*Dump Truck*) guna meningkatkan nilai *Match Factor* mendekati 1, sehingga waktu tunggu ekskavator berkurang dan target pengerukan 99.000 BCM dapat diselesaikan dengan durasi yang lebih singkat.
2. Manajemen Jalan Angkut: Mengingat jarak angkut yang mencapai 6,1 km, perawatan jalan angkut secara rutin sangat diperlukan untuk menjaga kecepatan rata-rata unit DT, terutama pada area-area kritis pasca hujan guna meminimalkan hambatan waktu edar (*cycle time*).
3. Pengaturan Jadwal Pengerukan: Mengingat adanya risiko lonjakan TSS ekstrem akibat hujan, disarankan agar intensitas pengerukan ditingkatkan pada musim kemarau guna memaksimalkan ketersediaan volume bebas (*freeboard*) di kolam pengendap sebelum memasuki puncak musim penghujan.
4. Monitoring Rutin: Melanjutkan pemantauan kadar TSS secara berkala sebagai indikator keberhasilan kegiatan normalisasi, guna memastikan operasional pertambangan tetap memenuhi standar Baku Mutu Lingkungan sesuai Kepmen LH No. 113 Tahun 2003.

DAFTAR PUSTAKA

- Almeida, A., dkk. (2021). Analisis *cycle time* alat gali muat dan alat angkut pada kegiatan penambangan terbuka.
- American Public Health Association. (2017). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (23rd ed.). American Public Health Association.
- Asdak, C. (2022). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai* (Edisi Revisi). Gadjah Mada University Press.
- Azhari, P. S., Rande, S. A., & Adnyano, A. A. I. A. (2023). *Study of Total Suspended Solid (TSS) Reduction in Coal Mine Water Management in Block III of PT Antang Gunung Meratus, South Tapin District, Tapin Regency, South Kalimantan Province. Journal of Applied Sciences, Management and Engineering Technology*, 4(2), 86–93.
<https://doi.org/10.31284/j.jasmet.2023.v4i2.4834>
- Deto. (2023). Analisis *fill factor* pada produktivitas alat gali muat dan alat angkut.
- Effendi, H. (2023). Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Kanisius.
- Gautama, R. S. (2022). Sistem Penyaliran Tambang. Program Studi Teknik Pertambangan, Institut Teknologi Bandung.
- HACH Company. (2020). *DR 900 Portable Colorimeter: Instrument Manual*. HACH Company.
- Haryanto, A. (2021). Analisis *swell factor* pada kegiatan pemindahan tanah mekanis.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. (2018). Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 26 Tahun 2018 tentang Pelaksanaan Kaidah Pertambangan yang Baik dan Pengawasan Pertambangan Mineral dan Batubara.
- Kumar, R. (2023). *Research Methodology: A Step-by-Step Guide for Beginners* (6th ed.). SAGE Publications.
- Ladianto, A., dkk. (2019). Analisis *match factor* alat gali muat dan alat angkut pada kegiatan penambangan.

- Metcalf & Eddy. (2023). *Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery* (6th ed.). McGraw-Hill Education.
- Oemiati, R., dkk. (2020). Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas alat mekanis pada kegiatan penambangan.
- Pemerintah Republik Indonesia. (2021). Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Jakarta: Sekretariat Negara.
- Peurifoy, R. L., Schexnayder, C. J., Schmitt, R. L., & Shapira, A. (2006). *Construction Planning, Equipment, and Methods* (7th ed.). McGraw-Hill.
- Pertek Nomer S.229/PPKL/PKL/PKL.4/3/2023.
- Prodjosumarto, P. (2020). Pemindahan Tanah Mekanis. Bandung: Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, Institut Teknologi Bandung.
- Pohan, R., dkk. (2020). Analisis efisiensi kerja alat gali muat dan alat angkut pada kegiatan penambangan.
- Rahman, A. (2022). Produktivitas alat mekanis pada kegiatan pemindahan tanah mekanis.
- Republik Indonesia. (2009). Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara.
- Republik Indonesia. (2020). Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 3 Tahun 2020 tentang Perubahan atas Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara.
- Rochmanhadi. (2025). Alat-Alat Berat dan Penggunaannya. Jakarta: Badan Penerbit Pekerjaan Umum.
- Sahlan. (2023). Analisis produktivitas alat gali muat dan alat angkut pada kegiatan penambangan batubara.
- Skousen, J., & Ziemkiewicz, P. (2024). *Acid Mine Drainage: Formation and Treatment*. CRC Press.
- Standar Nasional Indonesia. (2004). SNI 06-6989.3-2004: Air dan Air Limbah—Bagian 3: Cara Uji Padatan Tersuspensi Total (*Total Suspended Solids/TSS*) Secara Gravimetri. Badan Standardisasi Nasional.
- Tenriajeng, A. T. (2024). Pemindahan Tanah Mekanis. Jakarta: Gunadarma.

- Wicaksono, B. (2022). Evaluasi Kinerja *Settling Pond* dalam Menurunkan Kadar *Total Suspended Solid* (TSS) dan Logam Berat di Industri Pertambangan. *Jurnal Sumber Daya Alam dan Lingkungan*, 9(2), 20-33.
- Yovanda, R., Gumanti, S., & Nursani, R. (2024). Evaluasi Geometri Jalan Angkut *Overburden* dari *Front* Penambangan Menuju Disposal di PT Baturona Adimulya. *Jurnal Bina Tambang*, 9(2), 176–179.
- Yovanda, R., & Zahroh, R. A. (2025). Analisis Kualitas Batubara Menggunakan Metode *Proximate Analysis* di Perusahaan Tambang PT X. *Ensiklopedia of Journal*, 7(3), 286–290.





LAMPIRAN A
CYCLE TIME ALAT GALI MUAT

No	Digging (dtk)	Swing Loaded (dtk)	Dumping (dtk)	Swing Empty (dtk)	Total CT (dtk)
1	8	6	3	5	22
2	8	7	3	5	23
3	7	6	3	5	21
4	8	6	3	5	22
5	8	7	3	5	23
6	8	6	3	5	22
7	7	6	3	5	21
8	8	6	3	5	22
9	8	7	4	5	24
10	8	6	3	5	22
11	7	6	3	5	21
12	8	7	3	5	23
13	8	6	3	5	22
14	7	6	3	5	21
15	8	6	3	5	22
16	8	7	3	5	23
17	8	6	3	5	22
18	7	6	3	5	21
19	8	6	3	5	22
20	8	7	4	5	24
21	8	7	3	5	23
22	7	6	3	5	21
23	8	6	3	5	22
24	8	7	3	5	23
25	8	6	3	5	22
26	7	6	3	5	21
27	8	6	3	5	22
28	8	7	3	5	23
29	8	6	3	5	22
30	7	6	3	5	21

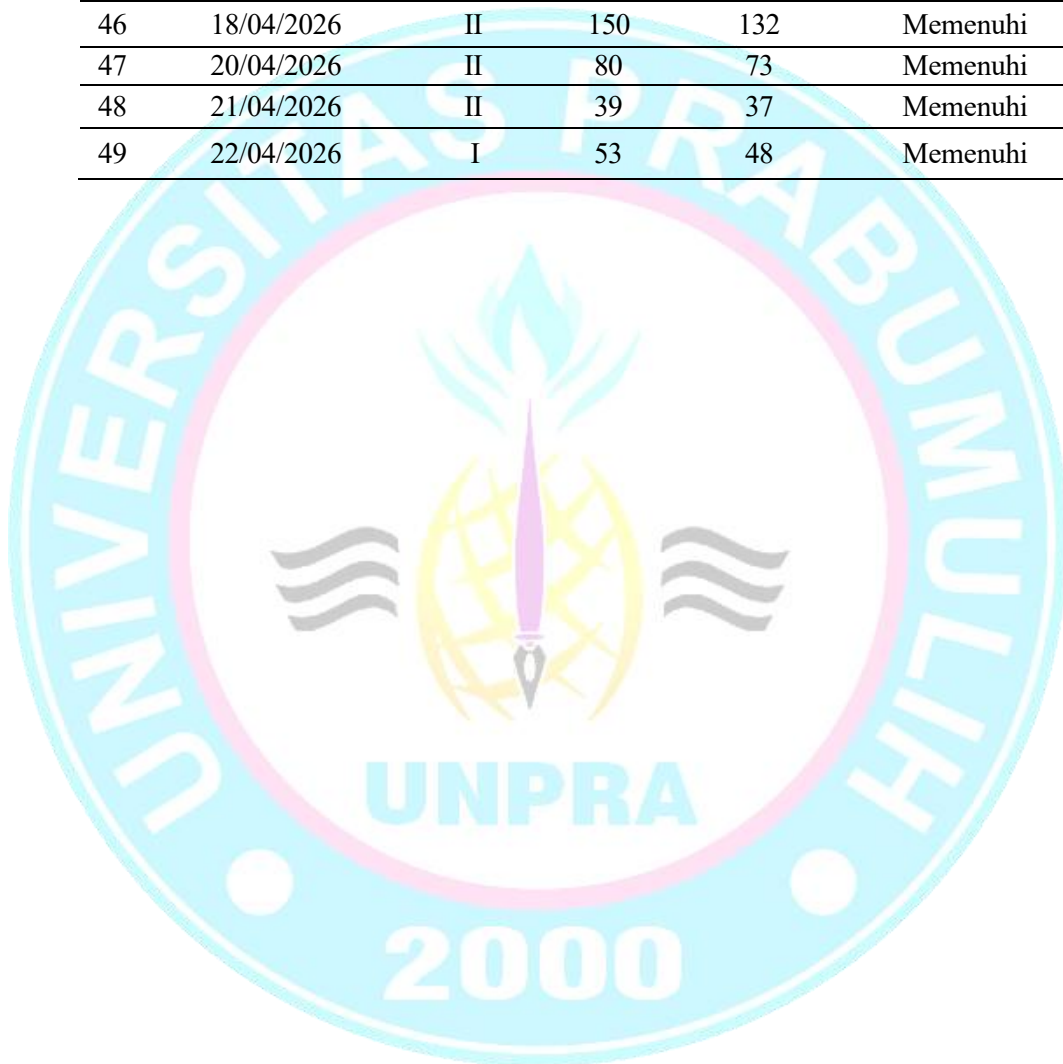
LAMPIRAN B
CYCLE TIME ALAT ANGKUT

No	Manuver Loading (mnt)	Loading (mnt)	Hauling Isi (mnt)	Manuver Dumping (mnt)	Dumping (mnt)	Return Kosong (mnt)	Total CT (mnt)
1	1	10	10	1	2	10	34
2	1	10	10	1	2	11	35
3	1	11	10	1	2	11	36
4	1	10	11	1	2	10	35
5	1	10	10	1	2	10	34
6	1	11	10	1	2	10	35
7	1	11	11	1	2	10	36
8	1	10	10	1	2	10	34
9	1	11	11	1	2	10	36
10	1	10	10	1	2	10	34
11	1	10	10	1	2	11	35
12	1	11	10	1	2	11	36
13	1	10	11	1	2	10	35
14	1	10	10	1	2	10	34
15	1	11	10	1	2	10	35
16	1	11	11	1	2	10	36
17	1	10	10	1	2	10	34
18	1	11	11	1	2	10	36
19	1	10	10	1	2	10	34
20	1	10	10	1	2	11	35
21	1	11	10	1	2	11	36
22	1	10	11	1	2	10	35
23	1	10	10	1	2	10	34
24	1	11	10	1	2	10	35
25	1	11	11	1	2	10	36
26	1	10	10	1	2	10	34
27	1	11	11	1	2	10	36
28	1	10	10	1	2	10	34
29	1	10	10	1	2	11	35
30	1	11	11	1	2	11	37

LAMPIRAN C
REKAPITULASI LENGKAP DATA TSS INLET DAN OUTLET

No	Tanggal	Shift	TSS Inlet	TSS Outlet	Status
1	03/04/2026	I	50	47	Memenuhi
2	03/04/2026	I	47	30	Memenuhi
3	03/04/2026	I	30	29	Memenuhi
4	03/04/2026	I	29	26	Memenuhi
5	03/04/2026	II	200	127	Memenuhi
6	03/04/2026	II	200	127	Memenuhi
7	03/04/2026	II	115	93	Memenuhi
8	03/04/2026	II	115	93	Memenuhi
9	04/04/2026	II	40	31	Memenuhi
10	04/04/2026	II	40	31	Memenuhi
11	04/04/2026	II	140	129	Memenuhi
12	04/04/2026	II	140	129	Memenuhi
13	05/04/2026	I	338	338	Tidak Memenuhi
14	05/04/2026	I	330	300	Memenuhi
15	05/04/2026	I	300	250	Memenuhi
16	05/04/2026	I	70	62	Memenuhi
17	06/04/2026	I	75	67	Memenuhi
18	06/04/2026	I	62	53	Memenuhi
19	06/04/2026	I	55	50	Memenuhi
20	06/04/2026	I	43	38	Memenuhi
21	07/04/2026	I	37	31	Memenuhi
22	07/04/2026	I	30	25	Memenuhi
23	07/04/2026	I	27	22	Memenuhi
24	07/04/2026	I	27	22	Memenuhi
25	07/04/2026	II	28	25	Memenuhi
26	07/04/2026	II	29	20	Memenuhi
27	07/04/2026	II	26	25	Memenuhi
28	07/04/2026	II	25	25	Memenuhi
29	08/04/2026	I	38	33	Memenuhi
30	08/04/2026	I	35	29	Memenuhi
31	08/04/2026	I	30	27	Memenuhi
32	08/04/2026	I	30	27	Memenuhi
33	10/04/2026	II	71	26	Memenuhi
34	10/04/2026	II	76	70	Memenuhi
35	10/04/2026	II	65	40	Memenuhi
36	10/04/2026	II	50	20	Memenuhi
37	11/04/2026	II	289	289	Memenuhi
38	14/04/2026	II	250	238	Memenuhi

No	Tanggal	Shift	TSS Inlet	TSS Outlet	Status
39	17/04/2026	I	280	241	Memenuhi
40	17/04/2026	I	271	250	Memenuhi
41	17/04/2026	I	250	210	Memenuhi
42	17/04/2026	I	202	197	Memenuhi
43	18/04/2026	II	3800	3676	Tidak Memenuhi
44	18/04/2026	II	1200	1073	Tidak Memenuhi
45	18/04/2026	II	150	132	Memenuhi
46	18/04/2026	II	150	132	Memenuhi
47	20/04/2026	II	80	73	Memenuhi
48	21/04/2026	II	39	37	Memenuhi
49	22/04/2026	I	53	48	Memenuhi



LAMPIRAN D
DATA CURAH HUJAN

DATE	CURAH HUJAN MANUAL (MM)				AWS (MM)	
	MTBU	TSBC	TUTIM	MTBS	MTBU	TSBC
1	0	0	0	0		
2	0	0	0	0		
3	0	0	0	0		
4	0	0	0	0		
5	4	3	5	0		
6	0	3	4	2		
7	46	47	55	52		
8	7	2	7	2		
9	15	13	21	15		
10	26	9	10	10		
11	1	2	0	0		
12	0	0	0	0		
13	62	24	59	82		
14	0	0	0	0		
15	13	21	5	17		
16	31	11	19	8		
17	0	0	0	0		
18	4	3	10	4		
19	5	2	1	5	5,60	2
20	0	1	0	0		
21	20	5	13	9	21,4	3
22	2	1	0	9	0,80	0
23	8	2	1	0	8	5
24	0	0	0	0	0	-

25	1	1	0	0	0,0	0,0
26	55	50	27	59	55	48
27	21,00	32,5	5,5	34,0	3,40	21,60
28	6,50	15,50	1,50	22,50	1,80	28,80
29	4,0	7,0	3,5	7,0		
30	7,5	4,0	1,0	12,5		
31		3				
TOTAL	336,52	255,60	248,30	347,00		
PLAN MONTHLY	324	323	322	324		
ACH MONTHLY	104%	79%	77%	107%		
PLAN MTD	272	271	271	272		
ACH MTD	124%	94%	92%	128%		
PTBA	436,2		452,1			
	77%	59%	55%	77%		
	99,68			-		
				347,00		
	5,86352941			-20,411765		

LAMPIRAN E
DOKUMENTASI PENULIS



Gambar E.1 Sampel Air outlet



Gambar E.2 Kondisi KPL Yang Sedang Dikerjakan



Gambar E.3 Excavator Komatsu PC210 *Long Arm*



Gambar E.4 Proses Aktivitas memuat pada Loading Lumpur



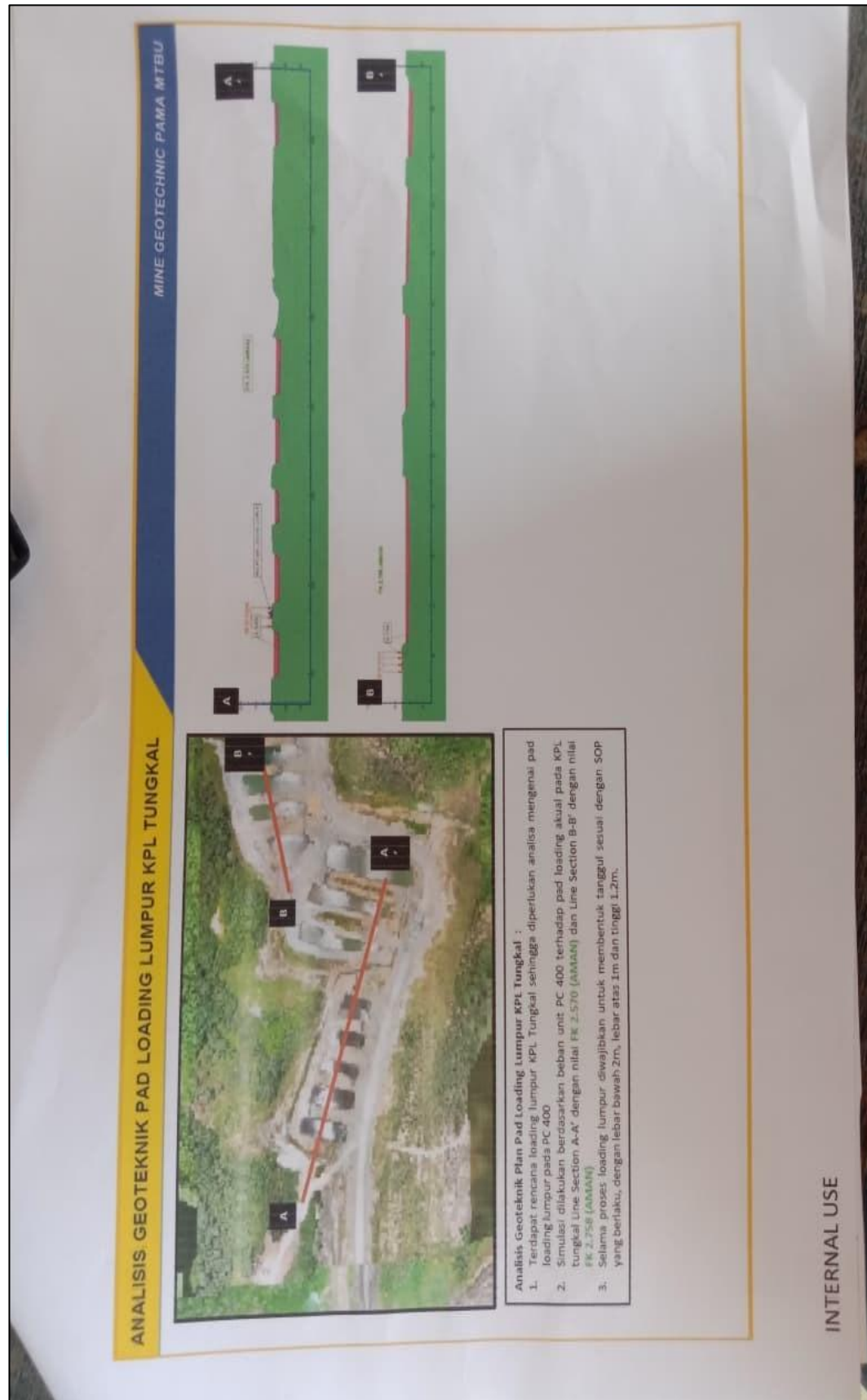
Gambar E.5 Titik Papan Pentaatan



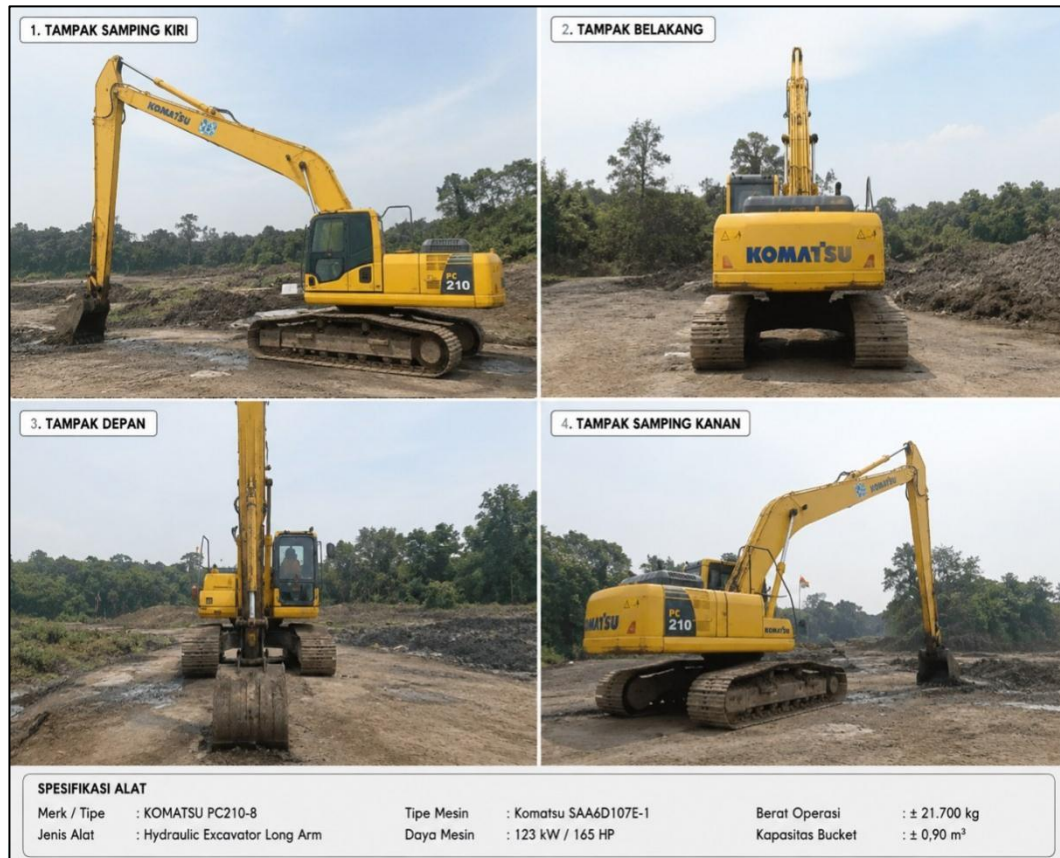
Gambar E.6 Denah Area KPL Tungkal



Gambar E.7 Denah Area KPL Tungkal



Gambar E.8 Analisi Geoteknik KPL Tungkal



Gambar E.9 Spesifikasi Excavator Komatsu PC210 *Long Arm*



Gambar E.10 Alat Pengukur HACH DR 900 Portable Colorimeter



Gambar E.11 Zona *Inlet* KPL TUNGKAL



Gambar E.12 Melihat Zona *Inlet* Bersama Pembimbing Lapangan



Gambar E.13 Bimbingan Bersama Pembimbing di Office MTBU



Gambar E.14 Dokumentasi SOP KPL TUNGKAL



Gambar E.15 Dokumentasi Bersama Pembimbing Lapangan

