

LAPORAN TUGAS AKHIR
ANALISIS KEBUTUHAN ALAT DAN BIAYA PEMBUATAN
SALURAN TERBUKA PADA KPL AL-04 DI
PT BUKIT ASAM TBK.



RANGGA DESTIAWAN

2022310032

PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PRABUMULIH
2025

LAPORAN TUGAS AKHIR

ANALISIS KEBUTUHAN ALAT DAN BIAYA PEMBUATAN

SALURAN TERBUKA PADA KPL AL-04 DI

PT BUKIT ASAM TBK.

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



RANGGA DESTIAWAN

2022310032

Dosen Pembimbing:

Ridho Yovanda, S.T., M.T.
Dedi Yansen, S.Si., M.Pd

PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS PRABUMULIH

2025

HALAMAN PENGESAHAN
ANALISIS KEBUTUHAN ALAT DAN BIAYA PEMBUATAN
SALURAN TERBUKA PADA KPL AL-04 DI
PT BUKIT ASAM TBK.

Dijukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Ahli madya
Fakultas Teknik Universitas Prabumulih

OLEH:

RANGGA DESTIAWAN

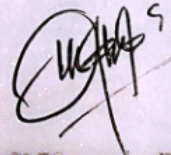
2022310032

Pembimbing I



Richo Yovanda, S.T., M.T.
NIDN. 02180093302

Pembimbing II



Dedi Yansen, S.Si., M.Pd
NIDN. 0213128501

Ketua Program Studi

Teknik Pertambangan



Richo Yovanda, S.T., M.T.
NIDN.02180093302

HALAMAN PERSETUJUAN

Laporan Tugas Akhir dengan judul "Analisis Kebutuhan Alat Dan Biaya Pembuatan Saluran Terbuka Pada KPL AL-04 Di PT Bukit Asam Tbk." telah diseminarkan di hadapan Tim Penguji Seminar Laporan Tugas Akhir Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik, Universitas Prabumulih pada hari Senin, 28 Juli 2025, dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai dengan masukan Tim Penguji Sidang Laporan Tugas Akhir.

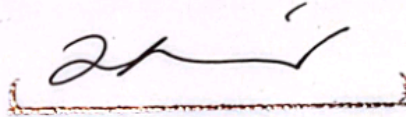
Prabumulih, 28 Juli 2025

Tim Penguji Sidang Laporan Tugas Akhir

Ketua :

1. Ahmad Husni, S.T., M.T.

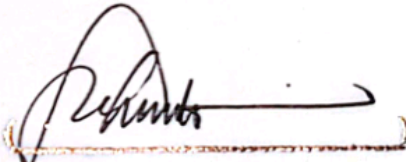
NIDN. 0206106903



Anggota :

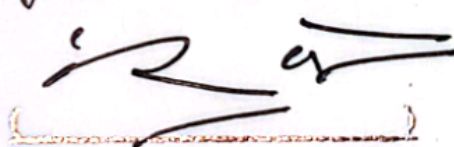
2. Suhardiman Gumanti, S.T., M.T.

NIDN. 0221027003



3. Aris Susilo, S.T., M.T.

NIDN. 0212067701



Ketua Program Studi

Teknik Pertambangan



Richa Yovanda, S.T., M.T.

NIDN. 6218099302

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Rangga Destiawan

NIM : 2022310032

Prodi : Teknik Pertambangan

Judul : Analisis Kebutuhan Alat Dan Biaya Pembuatan Saluran Terbuka Pada KPL AL-04 di PT Bukit Asam Tbk..

Menyatakan bahwa Laporan Tugas Akhir saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/*plagiat*. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/*plagiat* dalam Laporan Tugas Akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Prabumulih sesuai aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Prabumulih, 28 Juli 2025

Yang bersangkutan



.Rangga Destiawan

ABSTRAK

**ANALISIS KEBUTUHAN ALAT DAN BIAYA PEMBUATAN
SALURAN TERBUKA PADA KPL AL-04 DI
PT BUKIT ASAM TBK.**

Rangga Destiawan, 2022310032, 2025

Prodi Teknik Pertambangan

Fakultas Teknik Pertambangan

Xiv + 47 Halaman + 11 Tabel + 15 Gambar + Lampiran

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kebutuhan alat berat dalam pembuatan saluran terbuka pada Kolam Pengendap Lumpur (KPL) AL-04 di PT Bukit Asam Tbk, Unit Pertambangan Tanjung Enim, Sumatera Selatan. Latar belakang penelitian ini dilandasi oleh pentingnya pengelolaan sistem penyaliran tambang, khususnya pengendalian air limpasan dan air tambang, guna menjaga kelancaran operasional serta mencegah dampak negatif terhadap lingkungan. Pembuatan saluran terbuka merupakan bagian penting dari sistem penyaliran yang bertujuan mengalirkan air menuju KPL secara terkontrol. Hasil penelitian menunjukkan dimensi saluran berbentuk trapesium dengan panjang 100 meter, lebar 2-4 meter, dan kedalaman 2 meter. Alat yang digunakan yaitu *Excavator* Kobelco SK 200 dan *Dump Truck* Hino 500. Kebutuhan material berupa batu *boulder* dan batu siap giling. Total waktu pengerjaan selama 27 hari. Analisis ini memberikan gambaran kebutuhan alat, material, dan biaya sebagai acuan perencanaan ke depan.

Kata Kunci : Saluran Terbuka, Kebutuhan Alat, Kebutuhan Biaya, Penyaliran Tambang, PT Bukit Asam.

Kepustakaan : 12 (2013 – 2025)

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul “Analisis Kebutuhan Alat Dan Biaya Pembuatan Saluran Terbuka Pada KPL AL-04 Di PT Bukit Asam Tbk.”

Laporan 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. Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Rektor Universitas Prabumulih Dr. Yuniar Pratiwi, S.Si., M.Si
2. Bapak Ahmad Husni, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Prabumulih.
3. Bapak Ridho Yovanda, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Pertambangan, sekaligus sebagai pembimbing ke I.
4. Bapak Dedi Yansen, S.Si., M.Pd. sebagai pembimbing II.
5. Bapak/Ibu sebagai Tim Penguji.
6. Bapak/Ibu Dosen Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Prabumulih.
7. Bapak/Ibu staf administrasi Fakultas Teknik Universitas Prabumulih.
8. Kepada Bapak Aarsal Ismail selaku Direktur Utama PT Bukit Asam Tbk, yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian Tugas Akhir diperusahaan PT Bukit Asam Tbk.
9. Bapak Mirwan Fahlevi selaku *Assistant vice President* Pengelolaan Lingkungan PT Bukit Asam Tbk.
10. Bapak Suprayogi Yudha Pratama selaku *Assistant Manager* Pengelolaan Lingkungan PT Bukit Asam Tbk Sumatra Selatan.
11. Bapak Henry Widiatmoko selaku Pembimbing Lapangan yang telah memberikan arahan, bantuan, serta koreksi selama proses penyelesaian Tugas Akhir ini.
12. Bang Willy arry Tindaon, Kak Sepri Pardinal, Kak Abi Mayu, Pak Agus, Pak

Imam, Kak Agung, Kak Erwin, Kak Wihar, Kak Purnomo, serta staf satuan kerja pengelolaan lingkungan IUP Tambang Air Laya PT Bukit Asam Tbk yang telah memberikan ilmu, bantuan, masukan, serta koreksi selama proses penyelesaian Tugas Akhir.

13. Bapak Heriyanto dan ibu Yusmalena, Dua orang yang sangat berjasa dalam hidup penulis, Terimakasih atas doa, cinta, kepercayaan dan segala bentuk yang telah diberikan, sehingga penulis merasa terdukung disegala pilihan dan keputusan yang diambil oleh penulis, serta tanpa lelah mendengar keluh kesah penulis hingga dititik ini, tidak akan cukup semua kosakata di dunia jika harus diungkapkan, Semoga Allah SWT memberikan keberkahan didunia serta tempat terbaik di akhirat kelak, karena telah menjadi figur orang tua dan Pahlawan terbaik bagi penulis.
14. Untuk saudariku tercinta Fayra Tri Andhita terimakasih untuk doa dan dukungannya selama ini, dan terimakasih untuk menjadi figur adik terbaik untuk kakakmu yang terkadang belum bisa menjadi sosok kakak yang baik, terus menjadi penjaga babak ibuk dirumah Ketika kakak sedang melawan dunia, dan juga terimakasih saudaraku Fitria Wulandari serta kakakku, Ramadhan Jumhari Gestanova.
15. Untuk Sahabat penulis, Agus Supriyanto (Ketua), Rezky Nopriyansah, AR Hasibuan, Irvan Dwi SH, Dhico Falentino, yang telah memberi motivasi, support, dan menemani dalam proses penyelesaian kuliah dan magang selama ini, semoga persahabatan kita kekal sampai sukses dan sampai anak cucu kita nanti, Terimakasih atas segala bantuan dan kebaikan yang diberikan kepada penulis.
16. Rekan-rekan plenger, Rekan-rekan Dupir serta Rekan-rekan magang.
17. Rekan-rekan Mahasiswa Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Prabumulih khususnya angkatan 2022.

Penulisan laporan tugas akhir ini masih terdapat kekurangan yang belum penulis sadari. Kritik dan saran yang bersifat membangun penulis harapkan dari semua pihak untuk kesempurnaan laporan tugas akhir ini. Akhir kata penulis berharap semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca. Aamiin.

Prabumulih, 28 Juli 2025

Rangga Destiawan

2022310032

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
HALAMAN PERSETUJUAN	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Batasan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	2
1.4. Manfaat Penelitian.....	3
1.5. Metode Penelitian	3
1.5.1. Waktu dan Lokasi Penelitian	3
1.5.2. Tahapan Penelitian	3
1.5.3. Pengambilan dan Pengumpulan Data	4
1.6. Bagan Alir	5
BAB II TINJAUAN UMUM	7
2.1. Sejarah Singkat Perusahaan	7
2.2. Data Umum Perusahaan	8
2.3. Visi dan Misi Perusahaan	8
2.4. Struktur Organisasi Perusahaan	8
2.5. Peta WIUP Bukit Asam Tbk	11
2.6. Ruang Lingkup dan Proses Produksi Perusahaan	12
2.7. Keadaan Topografi	13
2.8. Keadaan Geologi	14
BAB III TINJAUAN PUSTAKA	16
3.1. Saluran Terbuka	16
3.2. Kolam Pengendap Lumpur (<i>Settling Pond</i>)	17

	Halaman
3.3. <i>Settling Under Mining Pond</i> (SUMP)	18
3.4. Sistem Penyaliran Tambang	18
3.5. Faktor-Faktor Penting dalam Sistem Penyaliran Tambang	20
3.5.1. Curah Hujan	20
3.5.2. Periode Ulang Hujan	21
3.5.3. Intensitas Curah Hujan	22
3.5.4. Daerah Tangkapan Hujan	22
3.5.5. Air Limpasan	22
3.6. <i>Mine Drainage System</i>	23
3.7. Biaya Pembuatan Saluran Terbuka	23
3.8. Alat Berat	25
3.8.1. <i>Excavator</i>	25
3.8.2. <i>Dump Truck</i>	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	28
4.1. Proses Pembuatan Saluran Terbuka	28
4.1.1. Sumber-Sumber Air Yang Melewati Saluran Terbuka KPL AL-04 (Sungai Mere)	28
4.1.2. Pembuatan Saluran Terbuka	28
4.2. Alat yang Digunakan dan kebutuhan Alat	31
4.2.1. Alat yang Digunakan	31
4.2.2. Kebutuhan Alat	32
4.3. Material yang Digunakan dan Kebutuhan Material	32
4.3.1. Material Yang Digunakan	32
4.3.2. Kebutuhan Material	33
4.4. Biaya Pembuatan Saluran Terbuka	34
4.5. Kebutuhan Alat Ideal	39
4.6. Perbandingan Aktual Di lapangan dan Perhitungan	40
4.7. Faktor Penghambat Pembuatan Saluran Terbuka	43
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	46
5.1. Kesimpulan	46
5.2. Saran	47

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1. Bagan Alir	6
Gambar 2.1. Struktur Organisasi	9
Gambar 2.2. Struktur Organisasi Pengelolaan Lingkungan	10
Gambar 2.3. Peta WIUP PT Bukit Asam Tbk	11
Gambar 2.4. Lokasi Penelitian	13
Gambar 2.5. Peta Geologi Regional PT Bukit Asam Tbk	14
Gambar 3.1. Bentuk Trapesium	17
Gambar 3.2. <i>Excavator</i>	25
Gambar 3.3. <i>Dump Truck</i>	27
Gambar 4.1. Pembuatan Saluran dan Pemasangan Batu KPL AL-04	29
Gambar 4.2. Pembuatan KPL AL-04 (Sungai Mere)	30
Gambar 4.3. <i>Excavator</i> Kobelco SK -200	31
Gambar 4.4. <i>Dump Truck</i> HINO 500	31
Gambar 4.5. Batu <i>Boulder</i>	33
Gambar 4.6. Batu Siap Giling	33
Gambar A.1. Proses pemeliharaan KPL AL-05 (Tower 4)	50
Gambar A.2. Proses pemeliharaan KPL AL-05 (Tower 4)	50
Gambar A.3. Proses pemeliharaan KPL AL-06 (Tupak)	51
Gambar A.4. Proses penambangan Batubara di <i>Pit</i> MTBS	51
Gambar A.5. Proses penambangan Batubara di <i>Pit</i> MTBU	52
Gambar A.6. Proses penambangan Batubara di <i>Pit</i> MTBS	52
Gambar A.7. Proses pemeliharaan KPL MT-11	53

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4.1. Daftar Alat Berat	32
Tabel 4.2. Kebutuhan Material	34
Tabel 4.3. Biaya Sewa Alat	35
Tabel 4.4. Biaya Bahan Bakar Alat	36
Tabel 4.5. Biaya Harga Material	37
Tabel 4.6. Total Biaya Pembuatan Saluran Terbuka KPL AL-04	37
Tabel 4.7. Total Biaya Pembuatan Saluran Terbuka KPL AL-04	40
Tabel 4.8. Biaya Sewa Alat perhitungan penulis	41
Tabel 4.9. Biaya Bahan Bakar Alat perhitungan penulis	42
Tabel 4.10. Biaya Harga Material perhitungan penulis	43
Tabel 4.11. Tabel Total biaya perbandingan	43

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A. Dokumentasi Lapangan	48

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

PT Bukit Asam Tbk merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dalam bidang pertambangan batubara yang terletak di Tanjung Enim Sumatera Selatan. Sistem penambangan yang diterapkan dalam mengeksploitasi batubara yaitu tambang terbuka (*open pit*) dengan metode *strip mine*. Dari penambangan tersebut ternyata menghasilkan air yang disebut dengan Air Asam Tambang (AAT) yang dapat merusak lingkungan jika dialirkan secara langsung ke sungai. Kegiatan sistem penyaliran tambang yang diterapkan di PT. Bukit Asam Tbk saat ini menggunakan *mine drainage system* yang tujuannya untuk mengendalikan air yang potensi alirannya dapat menuju lokasi tambang, dan menggunakan *mine dewatering system*, yang berfungsi memompakan air yang berada di *sump* tambang untuk kemudian dialirkan keluar dari *pit* (Julisti, 2024).

Menurut (Dhaifullah, 2024) Sistem penyaliran tambang yang diterapkan pada lokasi penambangan berupa pembuatan drainase pada bagian bawah jenjang tambang. Hal ini ditujukan untuk menangkap air limpasan tambang. Pada bagian lantai tambang dibuat miring ke arah drainase, hal ini dimaksudkan supaya air yang ada di lantai tambang bisa langsung mengalir ke saluran drainase, sehingga tidak mengganggu aktifitas penambangan. Kolam pengendapan pada lokasi tambang dibuat pada 1 titik lokasi yang berada di bagian elevasi terendah dan hal ini dimaksudkan supaya dapat menampung air limpasan yang ada dan untuk memaksimalkan pengelolaan air sebelum dialirkan ke badan air yang ada.

Sumber air tambang umumnya terdiri dari air hujan, air limpasan, dan air tanah. Untuk mengatasi permasalahan air tersebut dibutuhkan manajemen sistem penyaliran tambang yang dapat dibedakan dalam dua metode yaitu *mine drainage* dan *mine dewatering*. Beberapa parameter yang mempengaruhi sistem penyaliran tambang diantaranya tinggi curah hujan dan intensitasnya. Pada penelitian ini penulis berfokus pada pembuatan saluran terbuka, Untuk memastikan sistem pembuatan saluran terbuka pada area tambang mampu berjalan dengan optimal perlu diadakannya

analisis mengenai kebutuhan alat pembuatan saluran terbuka, dimensi saluran terbuka, kebutuhan material, biaya sewa alat dan bahan bakar alat, serta waktu yang dibutuhkan untuk pembuatan saluran terbuka. Agar nantinya analisis ini dapat menjadi dasar usulan pembuatan biaya pembuatan saluran terbuka yang baru sehingga proses pembuatan saluran dapat berjalan dengan lancar dan efisien. Pembuatan saluran ini memerlukan biaya karena membutuhkan bantuan alat berat, seperti *excavator*, dan *dump truck*, serta mencari referensi perbandingan harga batu *boulder* dari jurnal dan sumber yang terpercaya agar mendapatkan referensi biaya yang dikeluarkan untuk kebutuhan material. Alat berat tersebut juga memiliki kemampuan produksi tertentu sesuai dengan spesifikasinya karena dalam melakukan pekerjaan tersebut akan dikeluarkan biaya untuk pembelian bahan bakar dan penyewaan alat.

1.2. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini hanya dibatasi pada Analisis kebutuhan alat pada pembuatan saluran terbuka pada Kolam pengendap lumpur (KPL) AL-04 di PT Bukit Asam Tbk., Penelitian ini juga hanya mengetahui tahapan kegiatan pembuatan saluran terbuka pada KPL AL-04 di PT Bukit Asam Tbk.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian Tugas Akhir ini antara lain sebagai berikut:

1. Mengetahui proses pembuatan saluran terbuka di kolam pengendap lumpur AL- 04 di PT Bukit Asam Tbk.
2. Mengetahui alat dan material yang digunakan dalam proses pembuatan saluran terbuka di kolam pengendap lumpur AL-04 di PT Bukit Asam Tbk.
3. Menghitung kebutuhan biaya yang digunakan dalam proses pembuatan saluran terbuka di Kolam Pengendap Lumpur AL-04 di PT Bukit Asam Tbk.
4. Menghitung jumlah kebutuhan alat ideal dan biaya berdasarkan perhitungan penulis yang digunakan dalam proses pembuatan saluran terbuka di kolam pengendap lumpur AL-04 di PT Bukit Asam Tbk.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini antara lain yaitu:

1. Manfaat Teoritis

Mengetahui Secara umum bagaimana proses pembuatan saluran terbuka pada kolam pengendap lumpur dan biaya pembuatan saluran terbuka di kolam pengendap lumpur.

2. Manfaat Praktis

Sebagai bahan bacaan untuk menambah wawasan sekaligus rujukan bagi penelitian yang akan dilakukan selanjutnya serta dapat memberikan pemahaman bagi pembaca tentang proses pembuatan saluran terbuka dan menganalisis biaya pembuatan saluran terbuka di kolam pengendap lumpur.

1.5. Metode Penelitian

Metode penelitian merupakan serangkaian tahapan yang dilakukan untuk memecahkan permasalahan dalam penelitian. Dalam penelitian ini, tahapan-tahapan yang dilakukan akan dijelaskan secara sistematis. Penelitian ini menggunakan dua metode, yaitu penelitian langsung di lapangan dan tidak langsung melalui pencarian, pengumpulan, serta pengolahan data, dengan tujuan memperoleh hasil yang diinginkan.

1.5.1. Waktu dan Lokasi Penelitian

Kegiatan penelitian Tugas Akhir ini dilakukan di *site* Tambang Air Laya, pada PT Bukit Asam Tbk. yang berlokasi di Kecamatan Lawang kidul, Kabupaten Muara enim, Provinsi Sumatra selatan. Penelitian ini dilaksanakan selama 2 bulan pada tanggal 28 April – 30 Juni 2025 lokasi penelitian ini berada di area KPL AL-04, tanjung enim Sumatera Selatan.

1.5.2. Tahapan Penelitian

Metode penelitian yang penulis gunakan untuk mengambil data yang dibutuhkan untuk keperluan penyelesaian laporan Tugas Akhir ini berupa observasi lapangan adalah kegiatan yang berupa kunjungan dan pengamatan langsung, tujuan

dari observasi langsung untuk mengumpulkan data yang terkait dengan penelitian tugas akhir. Data dapat berupa data primer dan data sekunder.

1.5.3. Pengambilan dan Pengumpulan data

Pengumpulan data dilaksanakan untuk menghimpun data-data yang didapat dilapangan dan data dari Perusahaan untuk diolah dengan literatur-literatur dan referensi-referensi Adapun data yang diperlukan dalam penelitian terbagi menjadi 2 yaitu data primer dan data sekunder. Berikut data primer dan data sekunder yang diambil dalam penelitian serta data-data yang menjadi pendukung pada penelitian yang dilakukan.

1. Data Primer: data primer adalah data yang didapat dengan melakukan pengamatan dan pengukuran langsung di lapangan. data primer ini nanti pengambilanya menggunakan.

- a. Observasi

Observasi lapangan adalah kegiatan yang berupa kunjungan dan pengamatan langsung tujuannya untuk mengumpulkan data yang terkait dengan penelitian tugas akhir.

- b. Dimensi Saluran Kolam Pengendap Lumpur

Data dimensi Saluran KPL yaitu dilakukan dengan melakukan Pengukuran lapangan dan setelah mendapatkan ukuran panjang, lebar, dan kedalaman Saluran KPL berapa kemudian dikalikan supaya mendapatkan berapa dimensi kolam tersebut.

- c. Alat dan Material yang digunakan

Data Alat dan Material diperoleh dengan melihat secara langsung dan menganalisis alat berat apa saja yang beroperasi dan material apa saja yang digunakan dalam proses pembuatan saluran terbuka pada KPL AL-04.

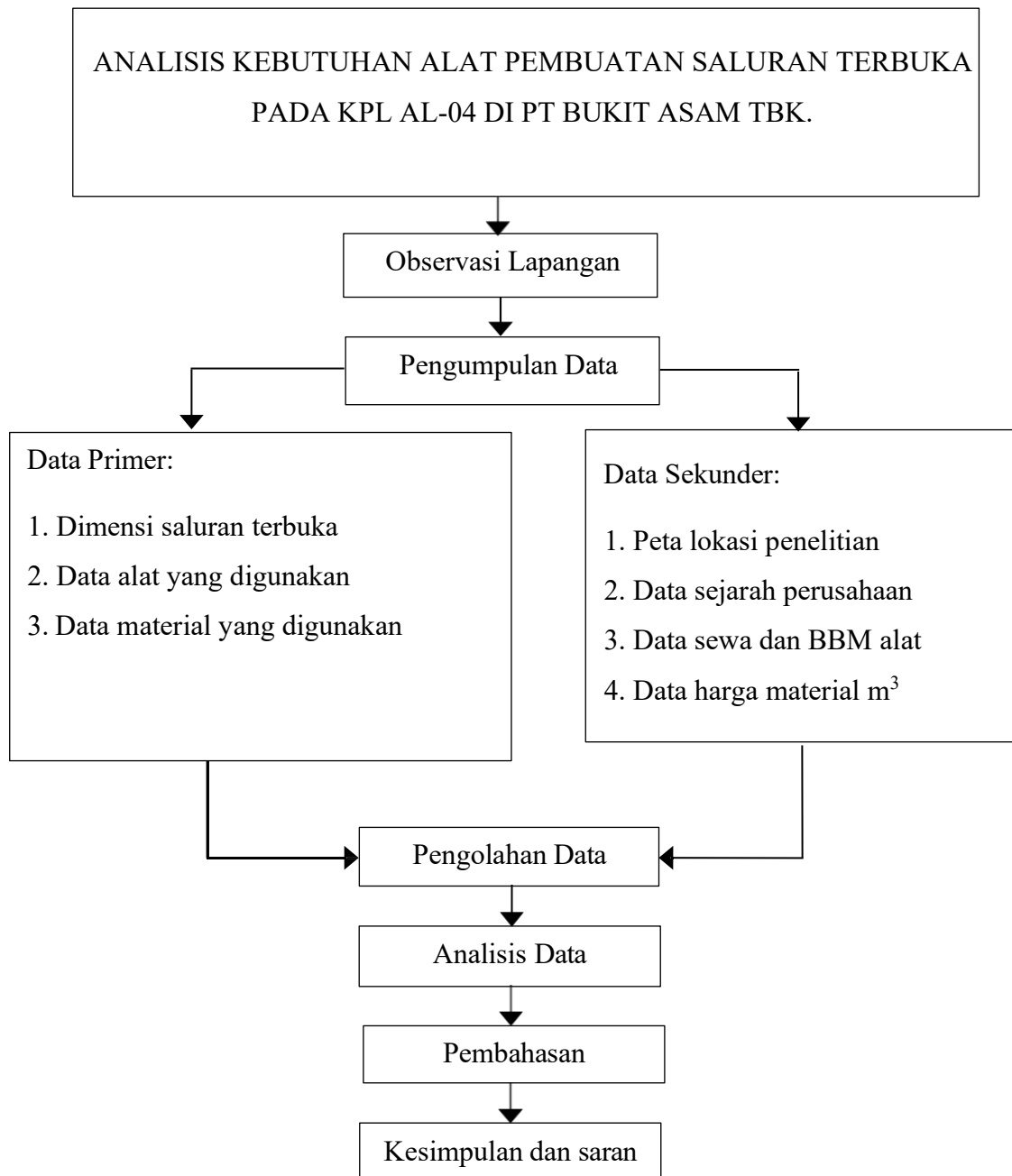
2. Data Sekunder: data sekunder adalah data pendukung atau data penunjang dari berhasil nya penelitian, maksudnya data tersebut juga berpengaruh pada penelitian, data sekunder didapatkan dari sumber sumber lain seperti jurnal, e-book, ataupun data yang didapat dari perusahaan, data sekunder dalam penelitian tugas akhir ini yaitu:

- a. Peta lokasi penelitian

- b. Data sejarah perusahaan
- c. Data biaya sewa dan biaya BBM alat berat
- d. Data total material yang digunakan (m^3)
- e. Data perbandingan harga material dari sumber lain (m^3)

1.6. Bagan Alir Penelitian

Bagan Alir adalah diagram yang menggambarkan Langkah-langkah, urutan, dan keputusan dari suatu proses alur kerja (asana, 2025). Bagan alir adalah kegiatan yang dilakukan dengan tahapan dari penelitian, Bagan alir dapat dilihat pada Gambar 1.2 berikut.



Sumber: Penulis, 2025

Gambar 1.2 Bagan Alir Penelitian

BAB II

TINJAUAN UMUM

2.1. Sejarah Singkat Perusahaan

PT Bukit Asam, memiliki sejarah yang sangat panjang di industri batu bara nasional. Operasional perusahaan ini ditandai dengan beroperasinya tambang Air Laya di Tanjung Enim tahun 1919 oleh pemerintah kolonial Belanda. Kala itu, penambangan masih menggunakan metode penambangan terbuka. Pada periode tahun 1923 hingga 1940, Tambang Air Laya mulai menggunakan metode penambangan bawah tanah. Dan pada periode tersebut mulai dilakukan produksi untuk kepentingan komersial, tepatnya sejak tahun 1938.

Seiring dengan berakhirnya kekuasaan kolonial Belanda di tanah air, para karyawan Indonesia kemudian berjuang menuntut perubahan status tambang menjadi pertambangan nasional. Pada 1950, Pemerintah Republik Indonesia kemudian mengesahkan pembentukan Perusahaan Negara Tambang Arang Bukit Asam (PN TABA).

Pada tanggal 1 Maret 1981, PN TABA kemudian berubah status mejadi Perseroan Terbatas dengan nama PT Bukit Asam (Persero), yang selanjutnya disebut PTBA atau Perseroan. Dalam rangka meningkatkan pengembangan industri batubara di Indonesia, pada 1990 Pemerintah menetapkan penggabungan Perum Tambang Batubara dengan Perseroan.

Sesuai dengan program pengembangan ketahanan energi nasional, pada 1993 Pemerintah menugaskan Perseroan untuk mengembangkan usaha briket batubara. Pada 23 Desember 2002, Perseroan mencatatkan diri sebagai perusahaan publik di Bursa Efek Indonesia dengan kode perdagangan “PTBA”. Pengurus Perseroan. Dengan beralihnya saham pemerintah RI ke Inalum, ketiga perusahaan tersebut resmi menjadi anggota *Holding* BUMN Industri Pertambangan engan inalum sebagai induknya (*Holding*).

Pada tanggal 29 November 2017, menjadi catatan sejarah bagi PTBA saat menyelenggarakan Rapat Umum Pemegang Saham Luar Biasa. Agenda utama dalam RUPSLB PTBA mencakup tiga hal, yakni persetujuan perubahan Anggaran

Dasar Perseroan terkait perubahan status Perseroan dari Persero menjadi NO-Persero sehubungan dengan PP 47/2017 tentang Penambahan Penyertaan modal Negara Republik Indonesia kedalam Modal Saham PT Inalum (Persero) Persetujuan Pemecahan Nominal Saham (*stock split*) dan perubahan susunan pengurus perseorangan.

2.2. Data Umum Perusahaan

Data Umum Perusahaan

Nama : PT. Bukit Asam Tbk
 Alamat : Jalan Parigi No.1 Talang Jawa, Tanjung Enim, Kecamatan Lawang Kidul, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan, Kode Pos 31716
 Telp. : 0734-451096
 Email : corsec@PT Bukit AsamTbk.co.id
 Website : <http://www.PT Bukit AsamTbk.co.id>

2.3. Visi dan Misi Perusahaan

Adapun visi dan misi PT Bukit Asam Tbk. Sebagai berikut:

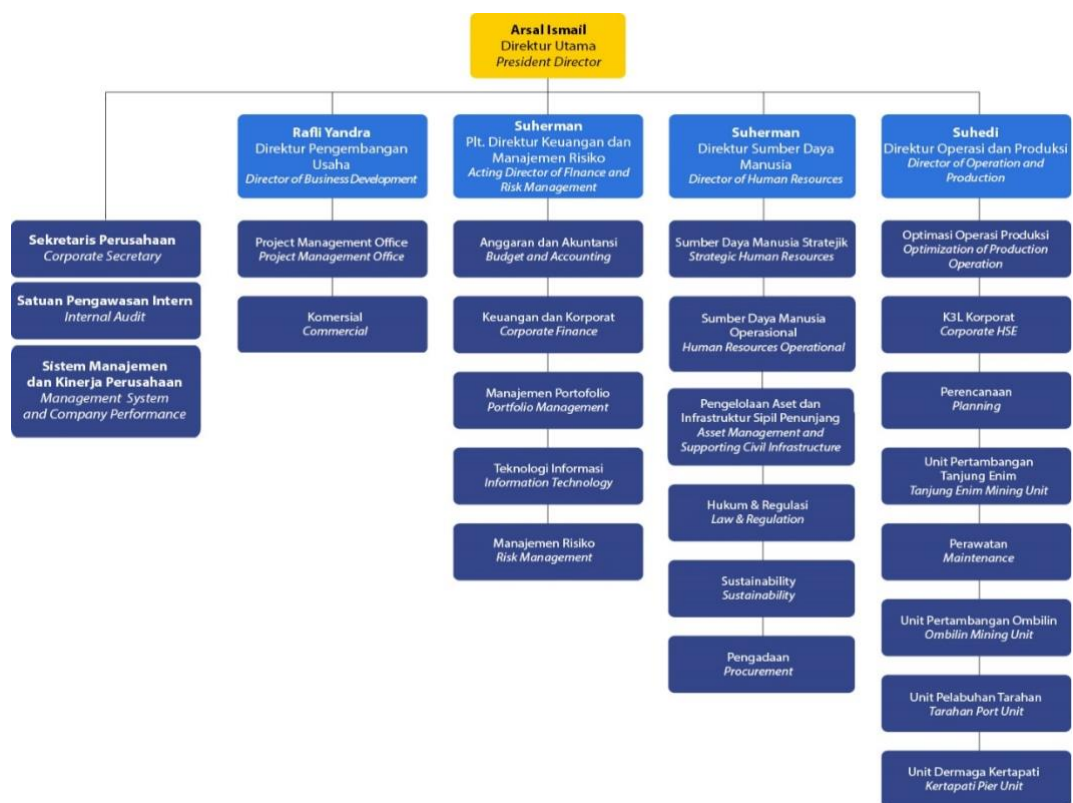
1. Visi
 menjadi perusahaan energi kelas dunia yang peduli lingkungan.
2. Misi
 Mengelola sumber energi dengan mengembangkan kompetensi korporasi dan keunggulan insani untuk memberikan nilai tambah maksimal bagi stakeholder dan lingkungan.

2.4. Struktur Organisasi Perusahaan

Struktur organisasi perusahaan dibuat untuk meningkatkan kinerja dari setiap divisi penyokong dalam suatu perusahaan diharapkan mampu mendukung pencapaian target disetiap tahunnya. Penyusunan struktur organisasi dibuat berdasarkan spesifikasi dan fungsi kinerja yang ada sehingga dapat dipertanggung jawabkan untuk tugas operasionalnya.

1. Struktur Organisasi Umum

pengoperasian PT Bukit Asam Tbk dipimpin oleh Dewan Direksi. Berdasarkan Rapat Umum Pemegang Saham Luar Biasa (RUPSLB) tanggal 27 Desember 2006, anggota direksi berubah dari lima orang menjadi enam orang, dan dalam organisasi baru ini terdapat dua direktorat yang tugasnya menjadi lebih fokus, yaitu Direktorat Niaga dan Direktorat Pengembangan Usaha. Direktur Niaga fokus pada upaya peningkatan dan efisiensi biaya melalui proses pengadaan barang dan jasa berdasarkan prinsip *Good Corporate Governance* (GCG). Struktur organisasi PT Bukit Asam Tbk. dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut.

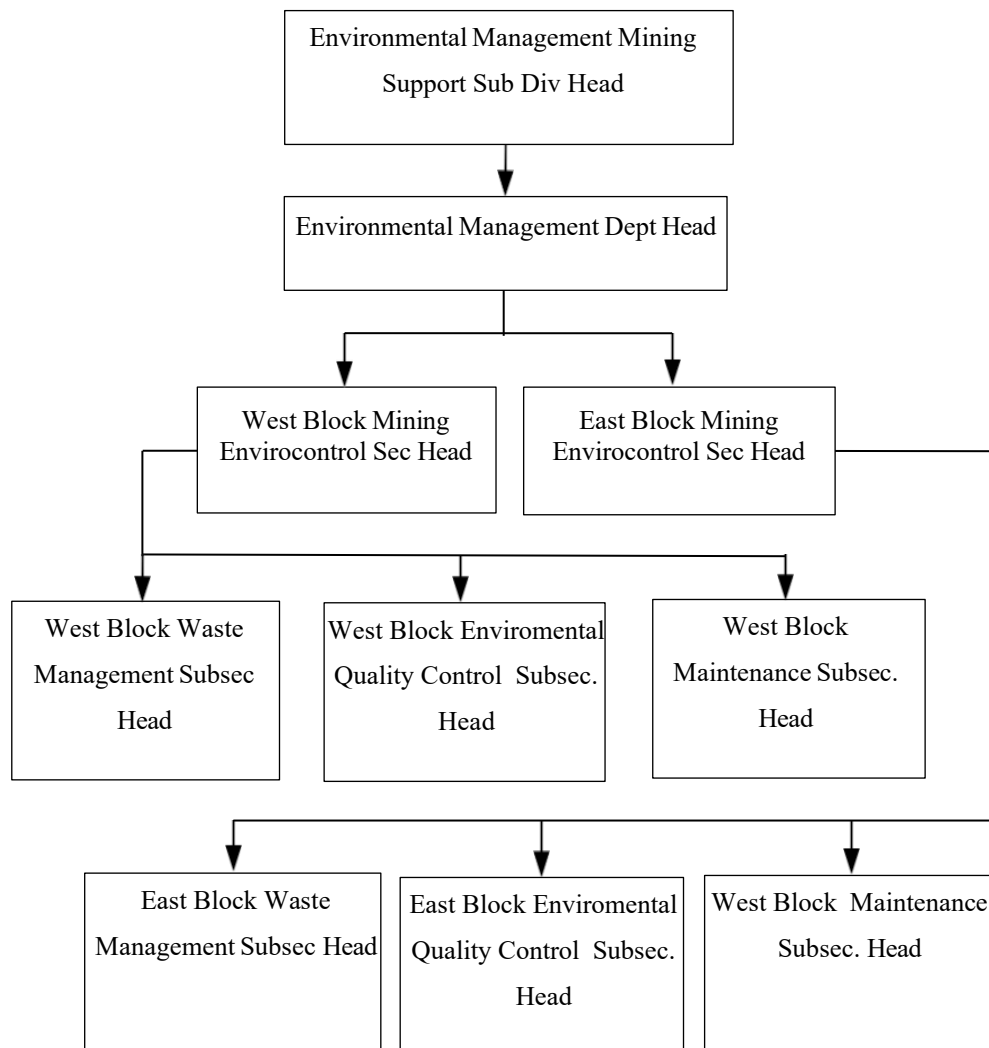


Sumber: Website PT Bukit Asam Tbk (www.ptba.co.id).

Gambar 2.1. Struktur Organisasi

2. Struktur Organisasi Pengelolaan Lingkungan

Satuan kerja pengelolaan lingkungan dan penunjang tambang merupakan satuan kerja yang bertugas dalam mengawasi dan menangani permasalahan lingkungan yang terjadi akibat dari proses penambangan sampai pada pasca penambangan, Struktur organisasi satuan kerja pengelolaan lingkungan dan penunjang tambang dapat dilihat pada Gambar 2.2 berikut.



Sumber: Website PT Bukit Asam Tbk (www.ptba.co.id)

Gambar 2.2 Struktur organisasi Pengelolaan lingkungan

2.5. Peta WIUP Bukit Asam Tbk.

Peta WIUP PT Bukit Asam Tbk. Dapat dilihat pada gambar 2.3 berikut.



Sumber: Website PT Bukit Asam Tbk (www.PTBukitAsamTbk.co.id)

Gambar 2. 3 Peta WIUP PT Bukit Asam Tbk

PT. Bukit Asam Tbk di Unit Penambangan Tanjung Enim (UPTE) beberapa *site* di Wilayah Izin Usaha Pertambangan (WIUP) yaitu sebagai berikut:

1. Tambang Muara Tiga Besar

Tambang Muara Tiga Besar (MTB) menggunakan sistem penambangan dengan *shovel* dan *truck*. Semua dikerjakan oleh pihak ketiga yaitu PT Pama Persada Nusantara. Di MTB ada dua wilayah penambangan, yaitu Muara Tiga Besar Utara (MTBU) dan Muara Tiga Besar Selatan (MTBS). Cara kerja sistem penambangan MTB dimulai dengan *land clearing* (pembersihan semak- semak dan pepohonan), pengupasan *topsoil* (tanah pucuk), pengupasan *overburden* (tanah penutup) dengan *shovel*, lalu diangkat dengan *dump truck*. Tanah diangkut menuju lokasi penimbunan sedangkan batubara ditumpuk di *stockpile*.

2. Tambang Air Laya

Pada lokasi Tambang Air Laya terdapat dua metode penambangan utama yaitu metode *shovel* dan *truck* (menggunakan *excavator* dan *dump truck*) serta memanfaatkan *Bucket Wheel Excavator* (BWE) sistem untuk mengangkat

batubara dari *temporary* menuju ke *stockpile*. Pada metode BWE, sistem ini sepenuhnya dilaksanakan oleh pihak Bukit Asam. Semua hasil penggalian batubara dengan metode *shovel* dan *truck* akan ditampung di *train loading station* untuk dikirim ke pelabuhan Tarahan (Lampung) dan dermaga Kertapati (Palembang) menggunakan kereta api yang memiliki 40-60 gerbong sekali jalan, dengan kapasitas 30-50ton untuk satu gerbong kemudian dipasarkan baik untuk keperluan domestik maupun keperluan ekspor.

3. Banko Barat

Tambang Banko Barat memiliki luas WIUP 4500 Ha. Tambang Banko Barat yang terdiri dari *Pit 1*, *Pit 2*, *Pit 3*, dan *Pit E*. dimana pada masing-masing *Pit* telah dibagi lagi *Pit 1* Utara dan *Pit 1* Timur, sedangkan pada *Pit 3* dibagi menjadi *Pit 3* Timur dan *Pit 3* Barat dipegang oleh kontraktor yaitu PT. SMJ (Sumber Mitra Jaya) dan *Pit 3* Timur oleh PT BKPL (Bangun Karya Pratama Lestari). Pada *Pit 3* Timur, pengelolaan dipegang oleh PT SMJ, di *Pit 1* Utara oleh Swakelola PT Bukit Asam Tbk. Untuk mendukung produktivitas dan efisiensi kerja PT Bukit Asam Tbk mengoperasikan tiga pelabuhan khusus batubara, yaitu:

- a. Pelabuhan Tarahan (Lampung)
- b. Pelabuhan Kertapati (Sumatera Selatan)
- c. Pelabuhan Teluk Bayur (Sumatera Barat)

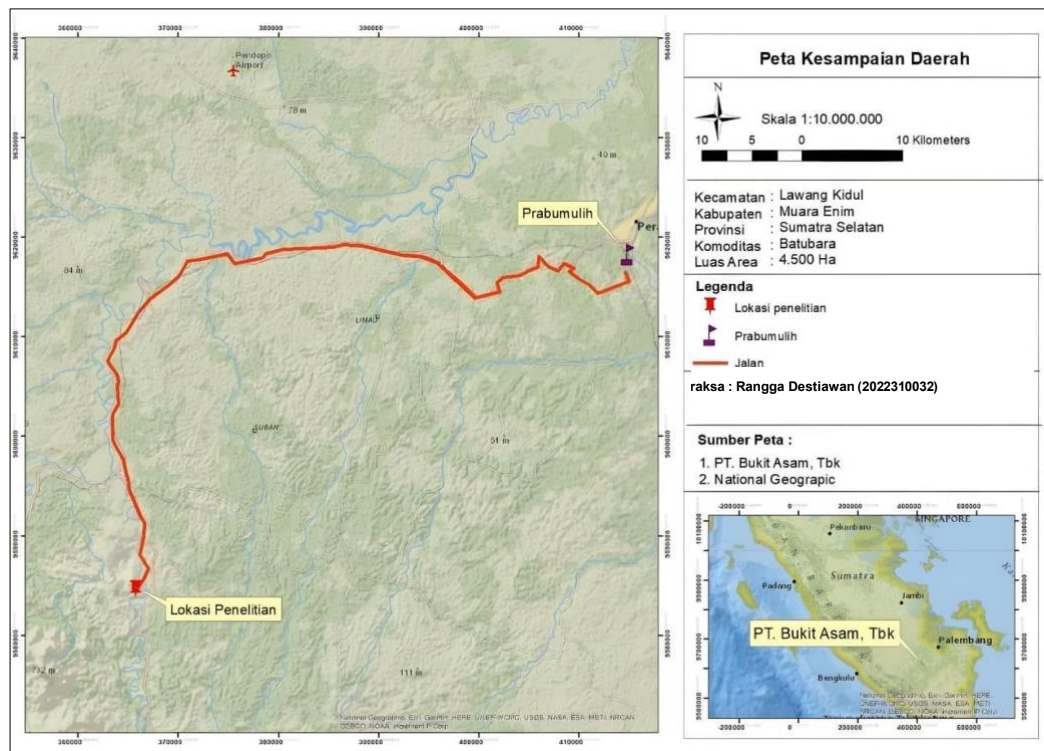
2.6. Ruang Lingkup dan Proses Produksi Perusahaan

PT Bukit Asam, Tbk. berlokasi di sekitar Pulau Sumatera dan kantor pemasaran berada di Jakarta, serta 3 dermaga di Teluk Bayur, Kertapati, dan Tarahan. Lokasi PT Bukit Asam, Tbk. dapat dilihat pada Gambar 2.5 dengan luas daerah operasi tambang seluas 93.977 ha. Wilayah PT Bukit Asam Tbk. terletak pada posisi 103 043'00" BT – 103050'10" BT dan 3042'30" LS – 4047'30" LS Atau Garis Bujur 9.583.200-9.593.200 dan lintang 360.600–367.000 dalam *Universal Transverse Mercator* (UTM). Secara administratif lokasi PT Bukit Asam Tbk. di Desa Tanjung Enim, Kecamatan Lawang Kidul, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan.

secara administratif lokasi penelitian berbatasan dengan:

1. Utara : Kota Muara Enim.
2. Barat : Kecamatan Merapi.
3. Selatan : Kabupaten Tanjung Agung.
4. Timur : Rambang Dangku.

Dari Prabumulih menuju Kecamatan Lawang Kidul, Kabupaten Muara Enim menempuh waktu $\pm 2,5$ jam dengan jarak ± 100 km (Google Maps). Gambar peta kesampaian daerah PT Bukit Asam Tbk. Dapat dilihat pada Gambar 2.4 berikut.



Sumber : Penulis, 2025

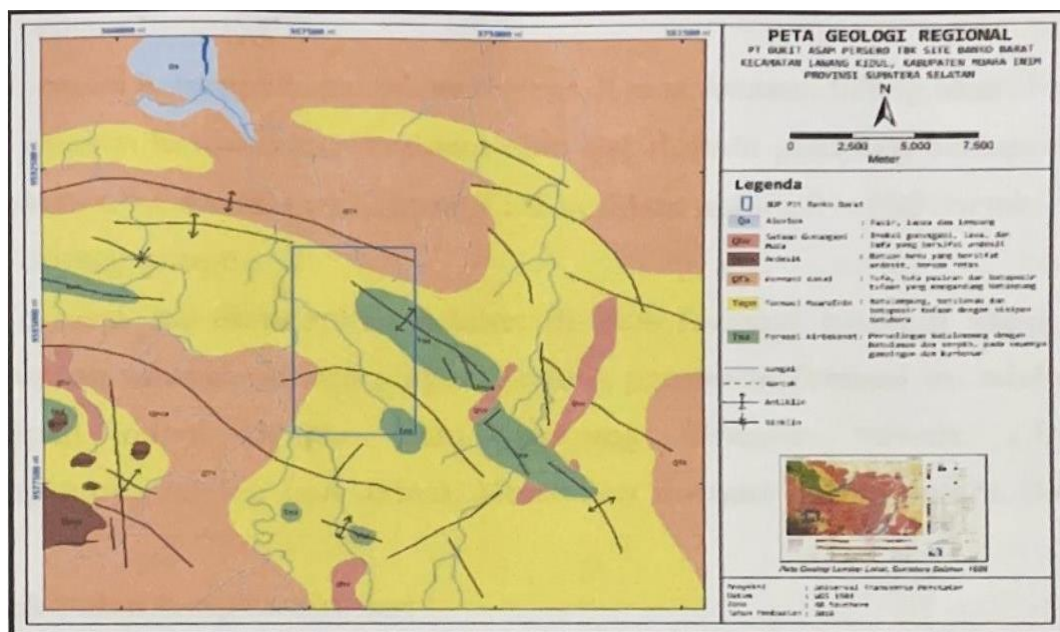
Gambar 2.4 Lokasi Penelitian

2.7. Keadaan Topografi

Keadaan topografi Secara umum daerah tambang PT Bukit Asam Tbk. mempunyai topografi yang bervariasi mulai dari daratan rendah, hingga perbukitan. Dataran rendah menempati sisa bagian Selatan, yaitu daerah yang terdapat aliran sungai-sungai kecil yang bermuara di Sungai Lawai dan Sungai Lematang dengan ketinggian ± 50 meter di atas permukaan laut. Daerah perbukitan terdapat bagian Barat dengan elevasi tertinggi lebih kurang 282 meter di atas permukaan laut.

2.8. Keadaan Geologi

Struktur geologi yang berkembang adalah iklim yang membentuk kubah, secara normal, sesar-sesar minor dengan radial, dan sesar yang tidak menerus sampai dengan bagian bawah dari lapisan bantuan yang ada. Hal ini terjadi sebagai akibat dari intrusi andasit di daerah cadangan dan juga dipengaruhi adanya gaya tektonik pada zaman pliosen dengan arah utama utara– selatan. Secara regional wilayah penambangan PT Bukit Asam Tbk termasuk dalam Sub Cekungan Palembang yang merupakan bagian dari cekungan Sumatera Selatan dan terbentuk pada jaman Tersier. Sub cekungan Sumatera Selatan yang diendapkan selama jaman Kenozoikum terdapat urutan litologi yang terdiri atas dua kelompok besar, yaitu kelompok Telesia dan kelompok Palembang. Kelompok Telesia terdiri dari formasi lahat, formasi talang akar, formasi baturaja dan formasi gumai. Kelompok Palembang terdiri dari Formasi Air Bekanat, Formasi Muara Enim dan Formasi Kasai, Peta Geologi PT Bukit Asam dapat dilihat pada Gambar 2.5 berikut.



Sumber: Website PT Bukit Asam Tbk (www.ptba.co.id)

Gambar 2. 5 Peta Geologi Regional PT Bukit Asam Tbk.

1. Formasi Lahat

Formasi Lahat diendapkan tidak selaras di atas batuan pra tersier pada lingkungan lahat. Formasi ini berumur Oligosen bawah, tersusun oleh tuffabreksi, lempung tuffan, breksi dan konglomerat. Pada tempat yang lebih

dalam fasiesnya berubah menjadi serpih tuffan, batu lanau dan batu pasir dengan sisipan batubara. Ketebalan formasi ini antara 0-300 meter.

2. Formasi Talang Akar

Formasi Talang Akar diendapkan tidak selaras di atas formasi Lahat. Formasi ini berumur Oligosen atas dan Oligosen bawah, tersusun oleh batu pasir, batu sampingan, batu lempung dan batu lempung sisipan batubara. Formasi Talang Akar diendapkan di lingkungan fluviatil, delta dan laut dangkal dengan ketebalan berkisar 0 – 400 meter.

3. Formasi Baturaja

Formasi Baturaja diendapkan selaras di atas formasi Talang Akar. Formasi ini berumur Miosen bawah yang tersusun oleh napal, batu gamping terumbu. Ketebalan formasi ini berkisar antara 0 – 400 meter.

4. Formasi Gumai

Formasi Gumai diendapkan selaras di atas Formasi Baturaja yang berumur miosen bawah sampai miosen tengah. Formasi ini tersusun oleh serpih dan sisipan napal dengan batu gamping di bagian bawah. Lingkungan pengendapan formasi ini adalah laut dalam dengan ketebalan 300 – 2200 meter.

5. Formasi Air Benakat

Formasi Air Bekanat diendapkan selaras di atas Formasi Gumai yang berumur Miosen tengah tersusun oleh batu lempung pasiran dan batu pasir Glaukonitan. Formasi Air Berkanat diendapkan pada lingkungan laut neritic dan berangsur menjadi laut dangkal, dengan ketebalan antara 100 – 800 meter.

6. Formasi Muara Enim

Formasi Muara Enim diendapkan selaras di atas Formasi Air Bekanat. Formasi ini berumur Miosen atas yang tersusun oleh batu pasir lempungan dan batubara. Formasi ini merupakan pengendapan lingkungan laut neritic sampai rawa, dengan ketebalan berkisar anatar 150 – 750 meter.

7. Formasi Kasai

Formasi kasai diendapkan selaras di atas formasi Muara Enim. Formasi ini tersusun oleh batubara tuffan yang dicirikan berwarna putih, batu lempung dan sisipan batubara tipis seperti yang tersingkap di daerah suban.

BAB III

TINJAUAN PUSTAKA

3.1. Saluran Terbuka

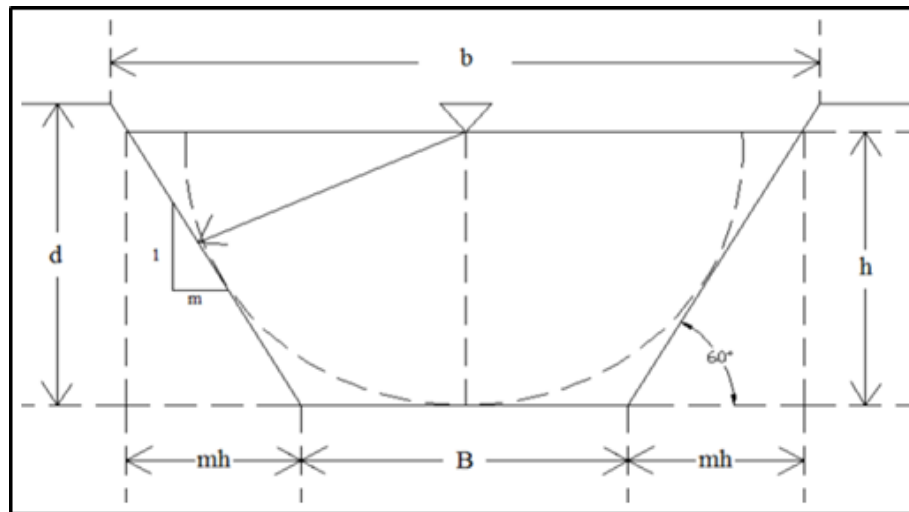
Saluran terbuka adalah sarana yang digunakan untuk mengalirkan air tambang yang dapat berasal dari air hujan yang jatuh di area tambang, air sungai atau rawa yang ada di sekitarnya. Saluran terbuka merupakan suatu tindakan yang dilaksanakan di area penambangan dengan tujuan untuk mencegah maupun mengeluarkan air dengan cara mengalirkannya keluar dari area penambangan. Saluran terbuka merupakan suatu usaha yang diterapkan pada lokasi penambangan untuk mencegah, mengeringkan, atau mengeluarkan air yang masuk ke area penambangan, Hal ini dimaksudkan untuk mengurangi gangguan produksi akibat terlalu banyaknya air limpasan yang masuk ke area penambangan, terutama pada musim hujan. Saluran terbuka berfungsi untuk mencegah air limpasan permukaan masuk ke area penambangan dan mengalirkannya langsung menuju ke kolam pengendapan. Saluran terbuka atau biasa disebut puritan merupakan sarana dasar dari sistem penyaliran tambang yang berfungsi untuk menampung air limpasan permukaan atau air rembesan yang berasal dari air tanah dan mengarahkan aliran ke sarana pengendalian kualitas air atau langsung ke sumber air alami (umumnya sungai). Dengan demikian paritan merupakan sarana yang sangat penting dalam pengendalian dan pengelolaan air tambang, terutama di tambang terbuka (Kartika, 2024).

Saluran terbuka berfungsi untuk mengalirkan air yang akan masuk ke area penambangan menuju ke area yang telah ditentukan. Pemilihan bentuk dimensi saluran ini atas dasar pertimbangan pada debit air, jenis tanah pada pembuatan saluran terbuka serta cara pembuatannya, Ada beberapa macam bentuk saluran terbuka seperti bentuk trapesium, setengah lingkaran, segitiga, serta bentuk persegi. Parameter untuk menentukan saluran terbuka meliputi debit air tambang, nilai koefisien kekerasan dinding saluran, kemiringan rata – rata dasar saluran, dan luas penampang basah.

Saluran terbuka berfungsi untuk menampung dan mengalirkan air limpasan

menuju kolam penampungan atau tempat lain. Bentuk penampungan saluran umumnya dipilih berdasarkan debit air yang ditangani, tipe material serta kemudahan dalam pembuatannya (Salman, 2023)

Dalam sistem penyaliran tambang bentuk yang paling umum digunakan ialah bentuk trapesium karena bentuk trapeisium lebih mudah membuatnya dan mudah merawatnya, Bentuk trapesium dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut:



Sumber: Suripin, 2004

Gambar 3.1 Bentuk Trapesium

3.2. Kolam Pengendap Lumpur (*Settling pond*)

Settling pond adalah suatu daerah yang dibuat khusus untuk menampung air limpasan sebelum dibuang langsung menuju daerah pengaliran umum atau badan air dan berfungsi untuk menampung air yang berasal dari tambang serta dapat mengendapkan partikel-partikel padatan yang ikut bersama air dilokasi penambangan. Air yang masuk ke dalam *settling pond* selanjutnya dilakukan *treatment* secara khusus agar dapat dialirkan kesungai atau saluran pembuangan. Setelah diproses di *settling pond*, air yang sudah di-*treatment* yang keluar dari lokasi penambangan sudah bersih, tidak menyebabkan sungai menjadi keruh sebagai tempat pembuangan akhir dan juga tidak menimbulkan pedangkalan pada sungai karena partikel padatan yang terbawa bersama dengan air.

Settling pond mempunyai 4 zona penting keempat zona tersebut yaitu :

1. *Sediment zone*

Yaitu tempat awalnya masuk air lumpur kedalam *settling pond* dan dianggap

campuran padatan dan cairan yang masuk distribusinya seragam pada zona ini material berat akan mengendap kebawah.

2. *Safety pond zone*

Pada zona ini akan di cek secara berskala kondisi kandungan air nya apakah sudah sesuai dengan baku mutu lingkungan atau belum.

3. *Treatment facilities zone*

Pada zona kolam mini akan dilakukan treatment khusus dengan menggunakan bahan kimia ntuk menetralkan pH air sesuai baku mutu lingkungan.

4. *Mud zone*

Pada zona ini padatan lumpur akan mengalami sedimentasi yang terkumpul dibagia dasar kolam.

3.3. ***Settling Under Mining Pond (SUMP)***

Settling Under Mining Pond (SUMP) berfungsi sebagai tempat penampung air yang dibuat sementara sebelum air itu dipompakan. Dimensi *sump* tergantung dari jumlah air yang masuk serta keluar dari *sump*. *Sump* yang dibuat di disesuaikan dengan keadaan kemajuan *front* penambangan. Jumlah air yang masuk kedalam *sump* merupakan jumlah air yang dialirkan oleh saluran-saluran. Jumlah limpasan permukaan yang langsung mengalir ke *sump* serta curah hujan yang langsung jatuh ke *sump*. Sedangkan jumlah air yang keluar dapat dianggap sebagai yang berhasil dipompa, karena penguapan dianggap tidak terlalu berarti dengan melakukan Optimalisasi antara *input* (masukan) dan *output* (keluaran). Dimensi *sump* tambang tergantung pada kuantitas (debit) air limpasan, kapasitas pompa, volume, waktu pemompaan, kondisi lapangan seperti kondisi penggalian terutama pada lantai tambang (*floor*) dan lapisan batu gamping serta jenis tanah atau batuan dibukaan tambang volume sump ditentukan dengan menggabungkan grafik intensitas hujan yang dihitung dengan teori *mononobe versus* waktu dan grafik debit pemompaan *versus* waktu.

3.4. **Sistem Penyaliran Tambang**

Kegiatan sistem penambangan terbuka sangat dipengaruhi oleh kondisi cuaca, terutama hujan. Saat hujan, air dapat masuk ke lokasi penambangan,

membasahi material dan membuat jalan licin, mengganggu aktivitas penambangan, menunda produksi dan menyebabkan pencemaran air di lokasi lain (Kurnianda dkk, 2022). Oleh karena itu, air yang menggenangi lokasi penambangan menjadi masalah yang penting untuk ditangani bagi perusahaan penambangan. Salah satu cara untuk mengendalikan air di area penambangan agar tidak mengganggu aktivitas penambangan yaitu dengan dengan cara membuat sarana sistem penyaliran.

Sistem penyaliran tambang adalah salah satu kegiatan yang bukan merupakan kegiatan utama dalam kegiatan penambangan melainkan salah satu aspek pendukung. Kegiatan ini merupakan kegiatan yang utama jika di dalam area penambangan memiliki permasalahan terhadap air permukaan (*run off*) atau air tanah. Terdapatnya air limpasan dan air tanah pada lokasi tambang dapat menghambat kegiatan penambangan yang sedang berlangsung, karena kerja alat berat tidak optimal (Zendrato dkk, 2021)

Sistem penyaliran tambang ialah teknik penanggulangan air sehingga air yang berasal dari air hujan maupun air tanah dapat diatasi dengan cara dikeluarkan maupun dialirkan langsung ke daerah titik terendah. Sistem penyaliran tambang diterapkan oleh perusahaan dengan maksud agar air yang masuk ke dalam area penambangan tidak mengganggu kegiatan operasi sehingga target produksi dapat tercapai. Air hujan merupakan salah satu sumber air yang terdapat di area penambangan, dimana air yang masuk ke bukaan tambang langsung mengalir melalui saluran terbuka yang menuju ke muara dan air hujan yang tidak tertampung mengalir ke penampungan sementara *sump* pada *pit* di dasar lubang kemudian dibuang melalui pemompaan ke saluran terbuka menuju kolam (Afrizal dkk, 2022).

Sistem penyaliran tambang bertujuan untuk mencegah terganggunya aktivitas penambangan akibat adanya air dalam jumlah yang berlebihan, terutama pada musim hujan. Selain itu, sistem penyaliran tambang ini juga dikatakan dapat memperlambat kerusakan alat dan menjaga kondisi kerja yang aman agar alat mekanik dapat digunakan dalam waktu yang lama. Sistem penyaliran tambang adalah usaha yang dilakukan untuk mencegah, mengeringkan, dan mengatasi air yang masuk ke area penambangan yang berasal dari aktivitas penambangan seperti penggalian, peledakan, serta air hujan atau air limpasan dan air tanah. Secara umum,

ada dua sistem penyaliran pada tambang terbuka yaitu *mine drainage system* (penyaliran) maupun *mine dewatering system* (penirisan) (Chakti dan Har, 2020).

Penanganan masalah air dalam suatu tambang terbuka dapat dibedakan menjadi:

1. *Mine Drainage*

Merupakan upaya untuk mencegah masuknya air ke daerah pertambangan. Hal ini umumnya dilakukan untuk penanganan air tanah dan air yang berasal dari sumber air permukaan (Minerba, 2023).

2. *Mine Dewatering*

Mine Dewatering adalah suatu penanganan masalah air tambang dengan cara mengeluarkan air yang telah masuk ke daerah penambangan (dengan memanfaatkan beda tinggi dan gaya gravitasi) melalui saluran penyaliran menuju kolam penampungan sementara (*sump*). Sistem ini biasa diterapkan untuk penanganan limpasan dari air hujan (Minerba, 2023).

3.5. Faktor-Faktor Penting dalam Sistem Penyaliran Tambang

Faktor-faktor penting dalam merancang sistem penyaliran tambang adalah sebagai berikut:

3.5.1. Curah Hujan

Hujan adalah fenomena jatuhnya air ke permukaan bumi, hasil dari kondensasi uap air di atmosfer. Dalam konteks penambangan, manajemen drainase terutama berfokus pada pengendalian air permukaan, mengingat mayoritas air yang memasuki zona operasi berasal dari air hujan.

Air yang terakumulasi di area tambang dikumpulkan dalam cekungan penampungan. Selanjutnya, air tersebut dievakuasi menggunakan sistem pompa melalui jaringan pipa menuju fasilitas pengendapan/KPL. Aliran yang meluap dari fasilitas ini dialirkan keluar dari zona tambang atau ke badan air terdekat, sementara sedimen yang mengendap dibersihkan secara berkala.

Intensitas hujan diukur sebagai volume air yang jatuh pada area tertentu, umumnya dinyatakan dalam milimeter. Sebagai ilustrasi, 1 mm curah hujan sama dengan 1 liter air yang jatuh pada permukaan seluas 1 meter persegi. Dalam operasi

tambang terbuka, hujan merupakan sumber utama air permukaan yang perlu dikelola.

Curah hujan menjadi parameter krusial dalam desain sistem drainase tambang, karena volumenya secara langsung mempengaruhi kuantitas air yang harus ditangani. Pengukurannya dapat dinyatakan dalam meter kubik per satuan luas atau, lebih umum, sebagai ketinggian air dalam milimeter. Proses pengamatan curah hujan dilakukan menggunakan instrumen khusus yang dirancang untuk mengukur volume presipitasi.

Salah satu metode dalam analisa frekuensi yang sering digunakan dalam menganalisa data curah hujan adalah metode distribusi ekstrim, atau juga dikenal dengan metode distribusi Gumbel (Endriantho dkk, 2013). Persamaan Gumbel tersebut adalah sebagai berikut:

$$X_t = X + \left(\frac{y_t - y_n}{s_n} \right) (S) \dots\dots\dots (3.1)$$

Keterangan:

X_t = Curah Hujan Rencana (mm/hari)

X = Curah hujan rata-rata (mm)

Y_t = *Reduce Variate*

Y_n = *Reduce Mean*

S = *Standart Deviation*

s_n = *Reduce Standart Deviation*

3.5.2. Periode Ulang Hujan

Periode ulang hujan merujuk pada estimasi frekuensi kejadian curah hujan maksimum dalam rentang waktu tahunan. Ketika suatu nilai curah hujan tertentu (X) diproyeksikan terjadi sekali dalam rentang n tahun, maka n tahun tersebut dapat dianggap sebagai siklus berulang untuk intensitas hujan (X).

Untuk memperkirakan curah hujan yang direncanakan, seringkali digunakan metode distribusi statistik tertentu. Salah satu pendekatan yang umum diaplikasikan adalah model Gumbel. Dalam penerapannya, metode ini mempertimbangkan beberapa parameter kunci, meliputi Rerata curah hujan, Deviasi standar, Deviasi

standar tereduksi, Variabel tereduksi, Rerata tereduksi. Penggunaan model ini memungkinkan perencana untuk membuat proyeksi curah hujan yang lebih akurat, yang sangat penting dalam berbagai aspek perencanaan infrastruktur dan manajemen sumber daya air.

3.5.3. Intensitas Curah Hujan

Intesitas curah hujan sebagai volume air hujan dalam interval waktu singkat, umumnya dinyatakan dalam satuan milimeter per jam. Penghitungan intensitas ini sering menggunakan formula Mononobe, terutama ketika data yang tersedia hanya mencakup curah hujan harian.

3.5.4. Daerah Tangkapan Hujan

Area resapan presipitasi didefinisikan sebagai wilayah di mana air hujan yang jatuh akan mengalir ke zona yang lebih rendah menuju titik konvergensi. Ketika hujan turun, sebagian air meresap ke dalam tanah, sebagian tertahan oleh vegetasi, dan sisanya tertahan oleh kontur permukaan bumi sebelum akhirnya mengalir ke daerah yang lebih rendah.

Perlu diperhatikan bahwa tidak semua air yang mengalir di permukaan berkontribusi pada sistem drainase. Hal ini bergantung pada karakteristik area tangkapan, yang dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti topografi, densitas vegetasi, dan kondisi geologi setempat. Penentuan luas area tangkapan dilakukan dengan menganalisis peta kontur elevasi. Proses ini melibatkan identifikasi puncak-puncak bukit atau gunung, lembah-lembah diantaranya, serta mempertimbangkan arah aliran air dan jaringan sungai yang ada di wilayah yang diteliti.

Setelah batas-batas area tangkapan ditentukan, perhitungan luasnya dilakukan pada peta kontur. Metodenya melibatkan penghubungan titik-titik tertinggi di sekeliling area tambang untuk membentuk poligon. Dengan mempertimbangkan arah aliran air potensial, luas area kemudian dihitung menggunakan perangkat lunak khusus.

3.5.5. Air Limpasan

Aliran permukaan merujuk pada bagian air hujan yang mengalir di atas tanah menuju badan air seperti sungai, danau, atau laut. Fenomena ini terjadi ketika air

hujan tidak dapat meresap ke dalam tanah, baik karena intensitas yang tinggi atau faktor lain seperti kemiringan lahan dan tutupan vegetasi. Perhitungan volume aliran permukaan menggunakan rumus khusus (Rustan dkk, 2024).

$$Q = C \times I \times A \dots\dots\dots (3.2)$$

Dimana :

Q = debit limpasan (m^3/s)

C = koefisien air limpasan

I = intensitas curah hujan (mm/s)

A = luasan daerah pengaliran (m^2)

3.6. *Mine Dewatering System*

Mine dewatering merupakan upaya untuk mengeluarkan air yang telah masuk ke lokasi penambangan. Adapun metode *mine dewatering* adalah sebagai berikut:

1. Metode Saluran Terbuka

Metode ini merupakan metode penyaliran yang paling murah dibandingkan dengan metode yang lainnya. Beberapa lubang paritan dibuat pada lokasi penambangan guna menampung sementara serta mengalirkan air limpasan, sehingga tidak mengganggu pekerjaan tambang.

2. Metode Pemompaan

Sistem ini diterapkan untuk mengalirkan air yang telah masuk ke daerah penambangan menuju keluar. Air yang dikumpulkan pada ceruk, kemudian dipompa menuju saluran terbuka diluar *pit*, setelah itu akan dialirkan menuju kolam pengendapan untuk proses selanjutnya. Jumlah dan kapasitas pompa menyesuaikan debit air yang masuk ke dalam lokasi penambangan. Apabila kapasitas pompa lebih besar dari debit air yang masuk, maka penggunaan pompa bisa secara periodik sehingga pompa tidak mengalami kelelahan.

3.7. *Biaya Pembuatan Saluran Terbuka*

Pembuatan saluran terbuka adalah proses pembuatan saluran terbuka yang ada di kolam pengendap lumpur, kegiatan ini memerlukan biaya karena saat

pembuatan perlu penyewaan alat, biaya bahan bakar, serta biaya material yang digunakan untuk mendukung kegiatan ini.

Perhitungan biaya sewa alat dapat dihitung dengan berapa HM pemakaian alat selama pengerjaan saluran terbuka, kemudian dikali dengan berapa harga satuan per HM Alat Berat.

Perhitungan biaya bahan bakar alat dapat dihitung dengan berapa banyak bahan bakar yang dikonsumsi alat selama pengerjaan saluran terbuka kemudian dikalikan dengan harga satuan bahan bakar per liter.

Perhitungan material yang digunakan adalah dengan menghitung dimensi saluran, serta untuk menghitung biaya untuk material adalah mengalikan berapa kubik (m^3) jumlah material yang terpakai lalu dikalikan dengan harga material per kubik (m^3).

Perhitungan kebutuhan ideal alat adalah dengan menggunakan *cycle time* alat, yaitu adalah dengan menghitung manuver alat *loading*, serta manuver pasang material untuk *excavator*, dan untuk *dump truck* adalah dengan menghitung kapasitas pemasangan material *excavator* per hari. biaya pembuatan saluran bisa dilihat pada rumus sederhana dibawah ini:

$$\text{Biaya pembuatan} = (HM \times HS) + (PB \times HB) + (KM \times Hm) \dots\dots\dots (3.3)$$

Dimana:

HM : *Hours meter* Alat

HS : Harga sewa

PB : Pemakaian BBM

HB : Harga BBM

KM: Kebutuhan material m^3

Hm : Harga material m^3

Kebutuhan Ideal Alat:

1. Kapasitas Maksimal Area *Stock* Material.
2. Kapasitas Volume material yang dapat disuplai 1 *Dump Truck*/hari.
3. Kapasitas pemasangan batu oleh *Excavator*, dimana :
 - a. Volume pemasangan material jarak terjauh

$$CT \text{ Excavator} = (\text{Manuver loading batu} + \text{Manuver pasang batu}/1 \text{ m}^3)$$

- b. Volume pemasangan material jarak Terdekat

$$CT \text{ Excavator} = (\text{Manuver loading batu} + \text{Manuver pasang batu}/1 \text{ m}^3)$$

- c. Volume pemasangan material jarak rata-rata

$$CT \text{ Excavator} = (\text{Jarak terjauh} / \text{Jarak terdekat})$$

3.8. Alat Berat

Dibawah ini merupakan daftar alat berat yang sering digunakan di dunia pertambangan.

3.8.1. Excavator

Excavator atau mesin pengeruk adalah alat berat yang terdiri dari batang, tongkat, keranjang dan rumah rumah dalam sebuah wahana putar dan digunakan untuk penggalian. Rumah diletakkan di atas kereta bawah yang dilengkapi Roda rantai atau roda. *Excavator* kabel menggunakan *Winch* dan tali besi untuk bergerak. Gambar *Excavator* yang digunakan di lapangan dapat dilihat pada Gambar 3.2 berikut.



Sumber : Penulis, 2025

Gambar 3.2 *Excavator*

Berikut ini adalah jenis-jenis *Excavator* yang sering digunakan di dalam pembuatan maupun perawatan kolam pengendap lumpur di pertambangan.

1. *Crawler*

Alat berat ini disebut dengan *crawler* karena dijalankan menggunakan roda berantai atau trek yang berada di sisi kanan dan kirinya. Jika diperhatikan, roda berantai ini mirip dengan *tank* yang sering digunakan oleh tentara. Fungsinya pun tidak jauh berbeda, yakni membuat alat ini berjalan lebih stabil pada permukaan yang kasar atau berlumpur.

2. *Wheeled*

Jenis berikutnya yakni yang disebut dengan *excavator wheeled* di mana alat ini dapat bekerja di permukaan yang keras dan lebih datar. Tidak mengherankan jika alat tersebut dirancang untuk dapat berjalan dengan cepat dan mudah di berbagai kondisi datar seperti beton atau aspal.

3. *Long reach*

Jika Anda mencari jenis *excavator* yang cocok digunakan pada berbagai daerah karena memiliki *boom* dan *arm* yang dapat diperpanjang sesuai kebutuhan.

3.8.2. *Dump Truck*

Dump truck merupakan kendaraan berat yang dilengkapi dengan bak belakang yang dapat diangkat dan dibuang isinya ke tempat tujuan. Bak belakang *dump truck* juga bahkan dapat diatur kemiringannya sehingga memudahkan pembuangan material, kegiatan pertambangan, khususnya penambangan umumnya tidak terlepas dari penggunaan *Dump truck*, ada banyak jenis *Dump Truck* yang digunakan di industri ini, Gambar *Dump Truck* dapat dilihat pada Gambar 3.4 berikut.



Sumber : Penulis, 2025

Gambar 3.3 Dump Truck

Berikut ini adalah jenis-jenis *dump truck* yang sering digunakan di dalam pembuatan maupun perawatan kolam pengendap lumpur di pertambangan.

1. *Standard dump truck*

Merupakan jenis paling umum digunakan dalam industri konstruksi. *Truck* ini memiliki struktur badan bak terbuka yang dapat diangkat pada satu sisi untuk membongkar muatan.

2. *dump truck rigid*

Alat ini dengan bak yang terintegrasi secara permanen dengan sasis *truck* pengernaknya biasanya digunakan untuk transportasi material dalam jarak yang lebih pendek.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Proses Pembuatan Saluran Terbuka Pada KPL AL-04

Dibawah ini merupakan proses-proses dalam pembuatan saluran terbuka pada KPL AL-04 di PT Bukit Asam Tbk.

4.1.1. Sumber-sumber Air Yang Melewati Saluran Terbuka KPL AL-04

Sumber air yang melewati KPL AL-04 adalah *sump* Kelimutu, sumber air *SUMP* Kelimutu pada dasarnya berasal dari air limpasan hujan dan air tanah yang kemudian ditampung pada *Mine sump*, yaitu *sump* Kelimutu, kemudian dipompakan menuju saluran yang kemudian dibagi menjadi dua satunya dialirkan langsung ke KPL AL-04 (Sungai Mere), dan satunya dialirkan menuju KTU (Kolam Tandon Utama/Embung) yang berfungsi sebagai transit, yang kemudian akan dikelola di KPL AL-03 (Saluran ALP), Dan KPL AL-04 (Sungai Mere).

4.1.2. Pembuatan Saluran Terbuka

Proses Pembuatan saluran terbuka ini pada dasarnya didasari oleh adanya pelebaran jalan yang dilakukan di sisi selatan KTU (Kolam Tandon Utama/Embung) yang pada proses ini mengakibatkan berkurangnya dimensi dan juga berkurangnya kapasitas/daya tampung (Kolam Tandon Utama/Embung) tersebut dan berpotensi mengakibatkan jebolnya tanggul, maka pada proses ini dibuatlah saluran terbuka yang berfungsi untuk mengontrol level air, agar tidak terjadi limpasan air, hal ini dapat mengganggu proses aktivitas berjalannya operasi produksi tambang, dimana jalan yang ada di sisi selatan KTU (Kolam Tandon Utama/Embung) yang dilakukan pelebaran merupakan jalan penghubung dari *Pit* penambangan menuju *Stockpile*, dan apabila terjadi kejebolan tanggul penahan air, hal ini dapat merugikan perusahaan.

Proses pembuatan saluran terbuka yaitu dengan cara penggalian saluran terbuka, Saluran digali dengan dimensi yang telah ditentukan sebelumnya, kemudian setelah itu dilakukan proses pemasangan batu pondasi menggunakan batu *Boulder* dan kemudian dilanjutkan pemasangan batu pengunci yang menggunakan

batu siap giling, kedua material itu berfungsi sebagai penguat saluran terbuka agar meminimalisir terjadinya erosi yang diakibatkan oleh air.

Proses pembuatan saluran terbuka dilakukan dengan menggunakan alat berat yaitu *Excavator* dengan jenis SK-200, dan suplai batu *Boulder* serta batu siap giling dengan menggunakan *Dump Truck* berjenis HINO 500. Proses pembuatan saluran terbuka KPL AL-04 dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut.



Sumber : Penulis, 2025

Gambar 4.1. Pembuatan saluran dan Pemasangan Batu KPL AL-04

Pada praktiknya dilapangan yang penulis teliti, 100 % pekerjaan di lapangan dilakukan sepenuhnya menggunakan alat mekanis yang dioperasikan oleh operator, dan diawasi langsung oleh para pengawas lapangan, dan diketahui setelah melakukan pengukuran di lapangan, dimensi saluran terbuka ini adalah panjang 100 meter, lebar alas 2 meter, lebar atas 4 meter, dan kedalaman 2 meter, dengan bentuk trapesium, dan juga proses pengerjaannya berlangsung selama 27 hari, dengan periode dimulai pada tanggal 9 Mei sampai dengan tanggal 4 Juni, dengan rincian: 27 hari

1. 5 Hari Penggalian
2. 16 Hari pemasangan material
3. 3 Hari unit *Breakdown*

4. 3 Hari libur

Berdasarkan perhitungan secara teoritis, total volume material yang digali 600 m³, tetapi aktualnya di lapangan adalah 700 m³, karena adanya perbedaan elevasi yang ada di lokasi kerja, dengan menghitung kapasitas *bucket Excavator* adalah sebesar 0.93 m³, dan jenis material yang digali adalah tanah bercampur lumpur dan *bucket fill factor*-nya adalah 0.90 m³, kemudian mengalikan 0.93×0.90 didapatkan hasil $1 \times$ ritase *Excavator* adalah sebesar 0,837 m³ material, maka dibutuhkan $837 \times$ ritase untuk menggali saluran dengan dimensi yang telah ditentukan, dengan jam kerja alat 6 jam perhari, kapasitas maksimal alat adalah 167 ritase perhari, dan 28 ritase perjam, kenapa bisa 28 ritase perjam karena pada saat penggalian menggunakan metode *sidecast* yang pada aktualnya di lapangan material yang digali ini juga dijadikan tanggul dan di-*treatment* juga oleh *Excavator*, hal ini menyebabkan penambahan waktu pada proses penggalian, hal itulah yang menjadikan mengapa penggalian membutuhkan waktu penggalian selama 5 hari. Proses Pembuatan Saluran terbuka KPL AL-04 dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut.



Sumber : Penulis, 2025

Gambar 4.2 Pembuatan KPL AL-04 (Sungai Mere)

4.2. Alat yang digunakan dan kebutuhan Alat

4.2.1. Alat yang Digunakan

Pada proses pembuatan saluran terbuka Pada KPL AL-O4 menggunakan dua jenis alat yaitu *Excavator* Kobelco SK200 Dengan Kapasitas *Bucket* sebesar 0,93 m³, serta menggunakan *Dump Truck* HINO 500 Dengan kapasitas pengangkutan dalam satu ritase batu *Boulder* serta batu siap giling sebesar 5 m³, *Excavator* Kobelco SK-200 yang dipakai di lapangan dapat dilihat pada Gambar 4.3 berikut.



Sumber : Penulis, 2025

Gambar 4.3 *Excavator* Kobelco SK200

Dump Truck HINO 500 yang dipakai di lapangan dapat dilihat pada gambar 4.4 berikut.



Sumber : Penulis, 2025

Gambar 4.4 *Dump Truck* HINO 500

4.2.2. Kebutuhan alat

Pada Saat proses pembuatan saluran terbuka KPL AL-04 tidak terlepas dari peran alat berat, ada beberapa unit alat berat yang dipakai dalam pembuatan saluran terbuka ini, adapun daftar alat berat yang dipakai Serta nomor lambung kendaraan dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Daftar Alat yang digunakan

No	Nama alat dan no lambung	Jenis alat
1	PC LMT-172	<i>Excavator</i>
2	DT KS 68	<i>Dump Truck</i>
3	DT KS 69	<i>Dump Truck</i>
4	DT KS 70	<i>Dump Truck</i>
5	DT CIP 024	<i>Dump Truck</i>
6	DT CIP 026	<i>Dump Truck</i>
7	DT CIP 027	<i>Dump Truck</i>
8	DT CIP 028	<i>Dump Truck</i>
9	DT CIP 029	<i>Dump Truck</i>
10	DT CIP 030	<i>Dump Truck</i>
11	DT CIP 031	<i>Dump Truck</i>

Sumber : Penulis, 2025

Pada saat pembuatan saluran terbuka ini total membutuhkan 11 unit Alat berat, terdiri dari 1 unit *Excavator*, dan 10 unit *Dump Truck*.

4.3. Material Yang Digunakan dan Kebutuhan Material

4.3.1. Material Yang Digunakan

Ada dua ukuran material yang digunakan dalam proses pembuatan saluran terbuka pada KPL AL-04 (Sungai Mere) ini yaitu material batu *Boulder*, dan juga material batu siap giling, dari kedua batu ini memiliki dimensi yang berbeda, dimana biasanya ukuran batu *boulder* adalah lebih dari 100 cm, dan dimensi batu siap giling adalah biasanya 24-31cm, dan kedua material ini memiliki fungsi masing-masing yaitu, batu *boulder* sebagai pondasi, dan batu siap giling sebagai

pengunci, serta kedua material ini juga berfungsi sebagai penangkap lumpur dan juga sebagai penahan dinding saluran agar tidak mudah tergerus oleh air, lalu terjadi erosi, hal itu dapat mengurangi umur dari saluran terbuka itu sendiri. Gambar dari kedua material itu dapat dilihat pada Gambar 4.5 dan 4.6 berikut.



Sumber : Penulis, 2025

Gambar 4.5 *Batu Boulder*



Sumber : Penulis, 2025

Gambar 4.6 Batu siap giling

4.3.2. Kebutuhan Material

Pada saat proses pembuatan saluran terbuka KPL AL-04 (Sungai Mere) juga tidak terlepas dari peran material, peran material di sini sangatlah krusial, ada dua ukuran material yang digunakan, yaitu material *Batu Boulder*, dan batu siap

giling, yang memiliki fungsi sebagai pondasi dari saluran terbuka, yang pada prosesnya dapat mengurangi erosi pada yang ada pada saluran terbuka, adapun daftar jenis dan total material dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2 Total kebutuhan material

No	Ukuran material	Total (m ³)	Total terpakai
1	Batu Boulder	660 m ³	660 m ³
2	Batu Siap Giling	230 m ³	150 m ³
		890 m ³	835 m ³
			Sisa : 55 m ³

Sumber : Penulis, 2025

Total keseluruhan material yang dipakai adalah 890 m³ material, tetapi berdasarkan pengamatan di lapangan, material yang terpakai hanya 835 m³, material sisa adalah berjenis batu siap giling, dengan jumlah sisa adalah 55 m³, material sisa itu tidak dibiarkan begitu saja, material sisa digunakan sebagai *stock* batu di dekat KPL AL-04 (Sungai Mere), biasanya dipergunakan untuk perawatan jalan menuju area *Dumping Dump Truck*, dan apabila diperlukan bisa langsung dipakai.

4.4. Biaya Pembuatan Saluran Terbuka

Perhitungan biaya pembuatan saluran terbuka merupakan suatu aspek yang sangat penting dalam proses pembuatan saluran terbuka, ada beberapa aspek yang dihitung biayanya dalam proses pembuatan saluran terbuka, antara lain adalah, biaya sewa alat, biaya bahan bakar alat, serta biaya yang dikeluarkan untuk biaya material, hal-hal ini wajib dihitung, yang nantinya bisa dijadikan sebagai acuan dan pertimbangan untuk membuat saluran terbuka selanjutnya, adapun biaya-biaya yang dikeluarkan dimuat penulis pada tabel-tabel di bawah ini.

1. Tabel biaya sewa alat

Tabel biaya sewa alat merupakan tabel yang dibuat berdasarkan perhitungan dari berapa unit alat yang terpakai kemudian, berapa total HM alat, kemudian dikalikan dengan harga satuan HM alat berat, harga Sewa alat berat dapat

berbeda-beda di setiap perusahaan, Biaya sewa alat dapat dilihat pada Tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.3 Biaya Sewa alat

No	Alat	Satuan harga	HM pemakaian	Biaya satuan
1	PC LMT 172	Rp. 375.000	118,3	Rp. 44.362.500
2	DT KS 68	Rp. 184.000	16	Rp. 2.944.000
3	DT KS 69	Rp. 184.000	24	Rp. 4.416.000
4	DT KS 70	Rp. 184.000	24	Rp. 4.416.000
5	DT CIP 24	Rp. 184.000	8	Rp. 1.472.000
6	DT CIP 26	Rp. 184.000	56	Rp. 10.304.000
7	DT CIP 27	Rp. 184.000	48	Rp. 8.832.000
8	DT CIP 28	Rp. 184.000	8	Rp. 1.472.000
9	DT CIP 29	Rp. 184.000	16	Rp. 2.944.000
10	DT CIP 30	Rp. 184.000	15	Rp. 2.760.000
11	DT CIP 31	Rp. 184.000	40	Rp. 7.360.000
				Total : Rp. 91.552.500

Sumber : Penulis, 2025

Jadi pada perhitungan penulis diatas, dapat ditotal bahwa biaya sewa alat ada di angka Rp.91.552.500, Biaya sewa di atas dihitung dengan cara mengalikan HM alat dengan berapa lama waktu pengerjaan saluran terbuka.

2. Tabel Bahan bakar alat

Tabel Biaya bahan bakar alat merupakan tabel yang dibuat berdasarkan perhitungan dari berapa liter bahan bakar yang dikonsumsi oleh unit alat yang beroperasi pada saat pembuatan saluran terbuka, jumlah bahan bakar yang terpakai kemudian dikalikan dengan harga satuan per liter bahan bakar yang ada

di perusahaan, harga satuan per liter bahan bakar dapat berbeda-beda di setiap perusahaan, Biaya sewa alat dapat dilihat pada Tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.4 Biaya Bahan bakar alat

No	Alat	Satuan harga per liter	Pemakaian BBM	Biaya satuan
1	PC LMT 172	Rp. 14.100	1340	Rp. 18.894.000
2	DT KS 68	Rp. 14.100	62	Rp. 874.000
3	DT KS 69	Rp. 14.100	60	Rp. 846.000
4	DT KS 70	Rp. 14.100	61	Rp. 860.100
5	DT CIP 24	Rp. 14.100	120	Rp. 1.692.000
6	DT CIP 26	Rp. 14.100	200	Rp. 2.820.000
7	DT CIP 27	Rp. 14.100	182	Rp. 2.566.200
8	DT CIP 28	Rp. 14.100	70	Rp. 987.000
11	DT CIP 31	Rp. 14.100	199	Rp. 2.805.000
				Total : Rp. 32.344.300

Sumber : Penulis, 2025

Jadi pada perhitungan penulis di atas, dapat ditotal bahwa biaya bahan bakar alat ada di angka Rp.32.344.300, Biaya bahan bakar diatas dihitung dengan cara mengalikan pemakaian bahan bakar alat dengan harga satuan / per liter bahan bakar, yang di PT Bukit Asam Tbk. sendiri pada praktiknya di lapangan menggunakan bahan bakar dengan jenis Bio solar (B40 *Biodiesel*) dengan harga satuan per liter adalah Rp. 14.100 .

3. Tabel biaya material

Tabel biaya material merupakan tabel yang dibuat berdasarkan perhitungan dari berapa total m³ material yang terpakai dalam proses pembuatan saluran terbuka jumlah material yang terpakai kemudian dikalikan dengan harga satuan per m³

material yang ada di perusahaan, maupun dari sumber lain, harga satuan per m³ material dapat berbeda-beda di setiap perusahaan, biaya material alat dapat dilihat pada Tabel 4.5 berikut.

Tabel 4.5 Biaya material

No	Material	Satuan harga per m ³	Pemakaian material	Biaya satuan
1	Boulder	Rp. 150.000	660 m ³	Rp. 99.000.000
2	Siap Giling	Rp. 195.000	230 m ³	Rp. 44.850.000
				Total : Rp. 143.850.000

Sumber : Penulis, 2025

Jadi pada perhitungan penulis di atas, dapat ditotal bahwa biaya material ada di angka Rp.143.850.000, Biaya material di atas dihitung dengan cara mengalikan harga material dengan berapa jumlah total material yang terpakai.

4. Total biaya pembuatan saluran terbuka

Tabel biaya total pembuatan saluran terbuka merupakan tabel yang dibuat berdasarkan perhitungan dari total seluruh biaya yang terpakai dalam proses pembuatan saluran terbuka ini, keseluruhan biaya ini dihitung dari biaya sewa alat, kemudian biaya bahan bakar alat, kemudian biaya material, total biaya pembuatan saluran terbuka dapat berbeda beda, tergantung dimensi dari saluran terbuka, Total biaya pembuatan saluran terbuka dapat dilihat pada Tabel 4.6 berikut.

Tabel 4.6 Total biaya pembuatan saluran terbuka

No	Peruntukkan biaya	Biaya yang dikeluarkan
1	Sewa alat berat	Rp. 91.552.500
2	Bahan bakar alat	Rp. 32.344.300
3	Biaya material	Rp. 143.850.000
		Total : Rp. 267.746.800

Sumber : Penulis, 2025

Jadi setelah semua perhitungan yang dilakukan peneliti dengan dibuktikan perhitungan serta tabel-tabel di atas, maka untuk membuat saluran terbuka dengan dimensi:

1. Panjang : 100 Meter
2. Lebar alas : 2 Meter
3. Lebar atas : 4 Meter
4. Kedalaman : 2 Meter

Alat yang digunakan:

1. 1 unit *Excavator*
2. 10 unit *Dump Truck*

Total bahan bakar yang digunakan Biosolar (B40 *Biodiesel*) 2.294 liter terdiri dari:

1. *Excavator* : 1.340 liter
2. *Dump Truck* : 954 liter

Total material yang digunakan 890 m³ terdiri dari:

1. Batu *Boulder* : 660 m³
2. Batu Siap Giling : 230 m³

Dengan waktu pengerjaan selama 27 hari, dengan periode dimulai pada tanggal 9 Mei sampai dengan tanggal 4 Juni, Membutuhkan biaya sebesar Rp.267.746.800.

Dikarenakan PT Bukit Asam Tbk. Mempunyai area penambangan *Quarry* nya sendiri maka perhitungan material bisa digantikan dengan menghitung biaya, yang dikeluarkan untuk memenuhi suplai batu untuk pembuatan saluran terbuka, tetapi disini penulis memutuskan untuk menghitung secara rinci semua biaya yang harus dikeluarkan untuk pembuatan saluran terbuka, agar dapat jadi bahan pertimbangan untuk membuat saluran terbuka dengan dimensi yang sama untuk kedepannya.

Penulis melampirkan harga material dari sumber yang aktual sebagai biaya perbandingan harga material, dimana menurut sumber :

[https://silikabandung.com/daftar-harga-material -alam/](https://silikabandung.com/daftar-harga-material--alam/) harga material batu *Boulder* per m³ adalah Rp. 150.000, dan harga material batu siap giling per m³ adalah Rp. 195.000. (silica , 2025)

4.5. Kebutuhan ideal Alat berat yang dibutuhkan

Berdasarkan pengamatan penulis di lapangan dapat dilihat bahwa:

1. Area stok batu di lokasi dapat menampung 220 m^3
2. Kapasitas volume material yang dapat disuplai 1 *Dump Truck*/hari adalah 25 m^3
3. Kapasitas pemasangan batu oleh *Excavator* sekitar 56 m^3

Yang didapat dari perhitungan sebagai berikut:

- a. Volume pemasangan material jarak terjauh

$$CT \text{ Excavator} = (\text{Manuver loading batu} + \text{Manuver pasang batu}/1 \text{ m}^3)$$

$$CT \text{ Excavator} = (4 \text{ Menit} + 4 \text{ Menit} + 1 \text{ Menit})$$

$$CT \text{ Excavator} = 1 \text{ ritase (9 Menit)}$$

Dengan EWH (*Efektif Work Hour*) 6 jam maka didapat :

$$6 \text{ jam}/9 \text{ menit} = (360/9) = 40 \text{ m}^3$$

- b. Volume pemasangan material jarak terdekat

$$CT \text{ Excavator} = (\text{Manuver loading batu} + \text{Manuver pasang batu}/1 \text{ m}^3)$$

$$CT \text{ Excavator} = (2 \text{ Menit} + 2 \text{ Menit} + 1 \text{ Menit})$$

$$CT \text{ Excavator} = (5 \text{ Menit})$$

Dengan EWH (*Efektif Work Hour*) 6 jam maka didapat

$$6 \text{ jam}/5 \text{ menit} = (360/5) = 72 \text{ M}^3$$

- c. Volume pemasangan material jarak rata-rata

$$\text{Jarak terjauh} = 40 \text{ m}^3$$

$$\text{Jarak terdekat} = 72 \text{ m}^3$$

$$72 \text{ M}^3 + 40 \text{ M}^3 = 112 \text{ m}^3 / 2 = 56 \text{ m}^3$$

Dengan kebutuhan material 890 m^3 , Maka dengan 1 *Excavator* butuh waktu 5 hari penggalian dan 16 hari pemasangan material.

Kebutuhan DT untuk suplai harian mengikuti kemampuan pemasangan batu *Excavator*.

Dimana:

$$\text{Volume pemasangan rata-rata} = 890/16 \text{ hari} = 56 \text{ m}^3$$

$$\text{Kapasias pengangkutan harian DT} = 25 \text{ m}^3$$

$$\text{Kebutuhan DT} = 56 \text{ m}^3 / 25 \text{ m}^3 = 3 \text{ DT per hari}$$

Dan dapat lebih efektif dengan 2 *Excavator* dengan 6 DT, Maka waktu pemasangan material bisa dipangkas menjadi hanya 8 hari, dan waktu penggalan material menjadi 3 hari, dan waktu pengerjaan bisa dipangkas menjadi 11 hari.

4.6. Perbandingan Aktual Di Lapangan Dan Perhitungan Penulis

Berdasarkan analisis peneliti di lapangan dapat dilihat bahwa untuk membuat saluran terbuka KPL AL-04 (Sungai Mere) total biayanya dapat dilihat pada Tabel 4.7 berikut.

Tabel 4.7 Total biaya pembuatan saluran terbuka

No	Peruntukkan biaya	Biaya yang dikeluarkan
1	Sewa alat berat	Rp. 91.552.500
2	Bahan bakar alat	Rp. 32.344.300
3	Biaya material	Rp. 143.850.000
		Total : Rp. 267.746.800

Sumber : Penulis, 2025

Dan menurut perhitungan penulis dalam membuat saluran terbuka dapat dioptimalkan lagi, adapun total biaya yang diperlukan dalam membuat saluran terbuka KPL AL-04 (Sungai Mere) menurut perhitungan penulis dapat dilihat pada Tabel-tabel berikut.

1. Tabel biaya sewa alat

Tabel biaya sewa alat merupakan tabel yang dibuat berdasarkan perhitungan dari berapa unit alat yang terpakai kemudian, berapa total HM alat, kemudian dikalikan dengan harga satuan HM alat berat, harga Sewa alat berat dapat berbeda-beda di setiap perusahaan, Biaya sewa alat dapat dilihat pada Tabel 4.9 berikut.

Tabel 4.8 Biaya Sewa alat perhitungan penulis

No	Alat	Satuan harga	HM pemakaian	Biaya satuan
1	PC LMT 172	Rp. 375.000	66	Rp. 24.750.000
2	PC LMT 174	Rp. 375.000	66	Rp. 24.750.000
3	DT CIP 26	Rp. 184.000	48	Rp. 8.832.000
4	DT CIP 27	Rp. 184.000	48	Rp. 8.832.000
5	DT CIP 28	Rp. 184.000	48	Rp. 8.832.000
6	DT CIP 29	Rp. 184.000	48	Rp. 8.832.000
7	DT CIP 30	Rp. 184.000	48	Rp. 8.832.000
8	DT CIP 31	Rp. 184.000	48	Rp. 8.832.000
				Total : Rp. 102.492.000

Sumber : Penulis, 2025

Jadi pada perhitungan penulis diatas, dapat ditotal bahwa biaya sewa alat ada di angka Rp. Rp. 102.492.000, Biaya sewa di atas dihitung dengan cara mengalikan HM alat dengan berapa lama waktu pengerjaan saluran terbuka.

1. Tabel Bahan bakar alat

Tabel Biaya bahan bakar alat merupakan tabel yang dibuat berdasarkan perhitungan dari berapa liter bahan bakar yang dikonsumsi oleh unit alat yang beroperasi pada saat pembuatan saluran terbuka, jumlah bahan bakar yang terpakai kemudian dikalikan dengan harga satuan per liter bahan bakar yang ada di perusahaan, harga satuan per liter bahan bakar dapat berbeda-beda di setiap perusahaan, Biaya sewa alat dapat dilihat pada Tabel 4.10 berikut.

Tabel 4.9 Biaya Bahan bakar alat perhitungan penulis

No	Alat	Satuan harga per liter	Pemakaian BBM	Biaya satuan
1	PC LMT 172	Rp. 14.100	670	Rp. 9.447.000
2	PC LMT 174	Rp. 14.100	670	Rp. 9.447.000
3	DT CIP 26	Rp. 14.100	182	Rp. 2.566.200
4	DT CIP 27	Rp. 14.100	182	Rp. 2.566.200
5	DT CIP 28	Rp. 14.100	182	Rp. 2.566.200
6	DT CIP 29	Rp. 14.100	182	Rp. 2.566.200
7	DT CIP 30	Rp. 14.100	182	Rp. 2.566.200
8	DT CIP 31	Rp. 14.100	182	Rp. 2.566.200
				Total : Rp. 34.291.200

Sumber : Penulis, 2025

Jadi pada perhitungan penulis di atas, dapat ditotal bahwa biaya bahan bakar alat ada di angka Rp. 34.291.200, Biaya bahan bakar diatas dihitung dengan cara mengalikan pemakaian bahan bakar alat dengan harga satuan / per liter bahan bakar, yang di PT Bukit Asam Tbk. sendiri pada praktiknya di lapangan menggunakan bahan bakar dengan jenis Bio solar (B40 *Biodiesel*) dengan harga satuan per liter adalah Rp. 14.100 .

2. Tabel biaya material

Tabel biaya material merupakan tabel yang dibuat berdasarkan perhitungan dari berapa total m³ material yang terpakai dalam proses pembuatan saluran terbuka jumlah material yang terpakai kemudian dikalikan dengan harga satuan per m³ material yang ada di perusahaan, maupun dari sumber lain, harga satuan per m³ material dapat berbeda-beda di setiap perusahaan, biaya material alat dapat dilihat pada Tabel 4.10 berikut.

Tabel 4.10 Biaya material perhitungan penulis

No	Material	Satuan harga per m ³	Pemakaian material	Biaya satuan
1	Boulder	Rp. 150.000	660 m ³	Rp. 99.000.000
2	Siap Giling	Rp. 195.000	230 m ³	Rp. 44.850.000
				Total : Rp. 143.850.000

Sumber : Penulis, 2025

Jadi pada perhitungan penulis di atas, dapat ditotal bahwa biaya material ada di angka Rp.143.850.000, Biaya material di atas dihitung dengan cara mengalikan harga material dengan berapa jumlah total material yang terpakai.

Tabel 4.11 Total biaya perbandingan

No	Peruntukkan biaya	Biaya yang dikeluarkan
1	Sewa alat berat	Rp. 102.492.000
2	Bahan bakar alat	Rp. 34.291.200
3	Biaya material	Rp. 143.850.000
		Total : Rp. 280.633.200

Sumber : Penulis, 2025

Berdasarkan perhitungan penulis di atas untuk membuat saluran terbuka dengan spesifikasi yang sama dengan saluran terbuka pada KPL AL-04 membutuhkan biaya Rp. 280.633.200 ,tetapi dengan waktu pengerjaan yang bisa dipangkas dari 27 hari menjadi hanya 11 hari, dapat disimpulkan hal ini ber-efek pada efisiensi waktu pengerjaan, meskipun harus menambah biaya sewa alat dan biaya bahan bakar alat berat.

4.7. Faktor Penghambat Pembuatan Saluran Terbuka

Pada prosesnya pembuatan saluran terbuka pada KPL AL-04 ini tidak terlepas dari adanya hambatan sewaktu pengerjaannya, hambatan-hambatan di bawah ini perlu dibahas agar bisa diminimalisir sewaktu ada kegiatan pembuatan saluran terbuka selanjutnya, Adapun hambatan-hambatan itu dimuat penulis dibawah ini.

1. Cuaca yang buruk

Cuaca yang buruk menjadi salah satu faktor penghambat pembuatan saluran terbuka KPL AL-04 ini, hal itu terjadi pada tanggal 9 Mei, terjadi hujan selama 3,4 jam, yang berdampak berkurangnya jam operasi pada alat, yang harusnya dapat dimaksimalkan.

2. Unit *Excavator* yang *Breakdown*

Unit *Excavator* yang *Breakdown* juga menjadi masalah serius dalam bertambahnya waktu proses pembuatan saluran terbuka KPL AL-04 ini, dimana unit *Excavator* ini *Breakdown* selama 3 hari, yaitu pada tanggal 28 Mei, 30 Mei, dan 31 Mei, disebabkan oleh putus *Van-Belt* radiator, dan servis *Under carriage*, dimana unit tidak beroperasi sama sekali pada hari itu, hal ini jelas sangat menghambat proses pembuatan saluran terbuka, dan juga terjadi lepas *track* pada unit *Excavator* pada tanggal 21 Mei, meskipun tidak menyebabkan unit sampai *Breakdown*, tetapi menyebabkan berkurangnya 1,9 jam operasional alat, dimana hal itu juga menjadi penghambat proses pembuatan saluran terbuka KPL AL-04.

3. *Dumping* batu dari *Dump Truck* yang terlalu jauh

Dumping material yang terlalu jauh juga menjadi salah satu faktor penghambat pembuatan saluran terbuka KPL AL-04 ini dimana pekerjaan unit *Excavator* menjadi bertambah, dimana pada dasarnya pekerjaan unit ini adalah melakukan penggalian dan pemasangan batu, tetapi karena *Dumping* material yang terlalu jauh, menyebabkan pekerjaan *Excavator* menjadi bertambah yaitu mendekatkan material yang akan dipasang.

4. Keterlambatan suplai material dari *Quarry*

Hal yang menjadi salah satu penghambat proses pembuatan saluran terbuka KPL-AL 04 adalah keterlambatan suplai material dari *Quarry* PT Bukit Asam Tbk. suplai material merupakan hal yang krusial pada pembuatan saluran terbuka, karena kecepatan pembuatan saluran terbuka sangat bergantung pada suplai material dari *Quarry*, hal ini disebabkan oleh antrian *loading* material di *Quarry* yang padat, hal ini didasari oleh konsumen material dari *Quarry* juga sangat banyak, dan jarak dari *Quarry* menuju lokasi pembuatan saluran terbuka juga lumayan jauh, hal-hal itu menjadi salah satu penghambat pembuatan saluran terbuka KPL AL-04 ini.

5. Area manuver dan *Dumping Dump Truck* yang terbatas

Dikarenakan area *Manuver* dan area *Dumping* yang terbatas mengakibatkan terbatasnya material yang bisa di suplai dimana luas area manuver adalah 111,75 m² maka kapasitas daya tampung material hanyalah sebesar 223,5 m³ dengan ketinggian penumpukan material 2 meter, yang pada proses ini juga dapat menghambat proses pembuatan saluran terbuka KPL AL-04.

6. Kurangnya *Excavator* dan DT yang beroperasi

Menurut perhitungan penulis maka dapat dilihat bahwa untuk efisiensi waktu maka harus adanya penambahan alat berat berupa 1 unit *Excavator* dan 3 unit *Dump Truck*, agar waktu pengerjaan dapat disingkat menjadi 11 hari saja, tetapi pada praktiknya dilapangan pembangunan hanya dilakukan dengan 1 Unit *Excavator*, dan 1 unit *Dump Truck* yang beroperasi untuk suplai harian material.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan, didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Proses pembuatan saluran terbuka KPL AL-04 ini dilakukan dengan cara menggali saluran, lalu dilanjutkan dengan pemasangan material batu *Boulder* sebagai batu pondasi, lalu pemasangan material batu siap giling sebagai batu pengunci, kedua material ini berfungsi sebagai penguat saluran terbuka agar tidak abrasi ketika dilalui oleh air, Perkerjaan ini 100% dilakukan oleh alat mekanis dan diawasi oleh para pengawas lapangan, proses pengerjaannya dilakukan selama 27 hari, dari periode tanggal 9 Mei sampai dengan 4 Juni.
2. Pada proses pembuatan saluran terbuka KPL AL-04 menggunakan alat berjenis *Excavator* Kobelco SK-200, dan juga *Dump Truck* Hino 500, dengan jumlah alat yang digunakan adalah 1 unit *Excavator* Kobelco SK-200, Dan 10 unit *Dump Truck* Hino 500. Pada proses pembuatan saluran terbuka KPL AL-04 ada dua ukuran material, yaitu batu *Boulder* dan batu siap giling, jumlah total material yang diangkut menuju Saluran yang dibangun adalah 890 M³, tetapi material yang terpakai hanya 835 m³, bersisa 55 m³, material sisa digunakan sebagai *stock* batu didekat KPL AL-04, dipergunakan untuk perawatan jalan menuju area *Dumping Dump Truck*.
3. Pada proses pembuatan saluran terbuka ini membutuhkan 2 jenis alat berat, yaitu *Excavator* dan *Dump Truck*, berdasarkan perhitungan penulis, didapat angka ideal alat yang digunakan, yaitu menggunakan 2 *Excavator*, dan 6 *Dump Truck* yang harus men-suplai material harian, agar pengerjaan dapat dilakukan hanya dengan waktu 11 hari saja, yang pada praktiknya di lapangan proses pengerjaannya berlangsung selama 27 hari, karena ada berbagai faktor penghambat.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan, didapatkan beberapa saran sebagai berikut:

1. Lebih memaksimalkan pembuatan saluran terbuka pada cuaca ideal, karena ada beberapa kondisi cuaca buruk yang menyebabkan terhambatnya proses pembuatan saluran terbuka KPL AL-04.
2. Memberikan arahan kepada operator *Excavator* agar lebih rutin melakukan P2H, agar bisa melihat apa saja kerusakan yang ada pada alat berat, dan juga lebih sering melakukan servis rutin pada alat, agar tidak sering terjadi *Breakdown* pada unit alat, atau juga bisa menyediakan unit pengganti, agar proses pengerjaan saluran terbuka tidak terganggu.
3. Memberikan arahan kepada para operator *Dump Truck* agar *Dumping* material lebih dekat lagi kepada *Excavator*, agar meringankan beban kerja *Excavator*, juga bisa lebih mempercepat proses pembuatan saluran terbuka KPL AL-04.
4. Menambah alat berat *Excavator* yang melakukan pemasangan material dan *Dump Truck* yang mengangkut material dari *Quarry*, karena suplai material merupakan hal yang penting, karena proses penggalian saluran itu bisa selesai dalam waktu yang cepat, dan kalau suplai material terganggu, hal ini menyebabkan proses pembuatan saluran terbuka KPL AL-04 ini jadi terganggu, meskipun pada tabel daftar alat yang digunakan ada 11 unit *Dump Truck*, tetapi tidak semuanya digunakan secara bersamaan, jadi pada pengamatan dilapangan, dalam satu hari itu *Excavator* hanya dilayani 1-2 *Dump Truck* per harinya, yang menurut perhitungan penulis idealnya untuk pembuatan saluran terbuka ini harusnya membutuhkan 2 *Excavator* dan 6 *Dump Truck*, agar pembuatan saluran terbuka KPL AL-04 lebih cepat dan efisien, meskipun harus menambah biaya sewa alat, dan bahan bakar alat, tetapi bisa mempercepat waktu pengerjaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrizal, Roni, Partama Misdiyanta, and Mustapa Ali Mohamad. "Kajian Teknis Sistem Mine Drainage Pada Tambang Terbuka Batubara Di Pt. Sims Jaya Kaltim." *Mining Insight* 3.1 (2022): 33-42.
- asana, t. (2025, Mei 17). *resources*. Retrieved from <https://asana.com/id/:https://asana.com/id/resources/what-is-a-flowchart>
- Dhaifullah, M. D. (2024). Perencanaan Drainase Saluran Terbuka Pada Area Tambang Komoditas Tanah Liat Kabupaten Trenggalek. *Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro dan Informatika*, 185-193.
- Endriantho, M. e. (2013). Perencanaan Sistem Penyaliran Tambang Terbuka Batubara. *Jurnal Geosains*, 9.01.
- Julisti, R. S. (2024). Analisis Biaya Pengurasan Sedimentasi pada Kolam Pengendap Lumpur di PT Bukit Asam Tbk Unit Pertambangan Tanjung Enim Sumatera Selatan. *Journal of Comprehensive Science (JCS)*, 3.10.
- Kartika, M. P. (2024). Desain geometri saluran terbuka tambang batubara pada Pt fajar sakti prima, Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur. *BS thesis. Fakultas Sains dan Teknologi UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.*, 115.
- Kurnianda, dkk. (2022). Evaluasi Sistem Penyaliran Tambang Di Pt. Sinar Karya Mustika Iup Pt. Fajar Bhakti Nusantara Kecamatan Pulau Gebe Kabupaten Halmahera Tengah Provinsi Maluku Utara. *J. GEOMining 3.1* , 33-49.
- Minerba, T. (2023, july 1). Retrieved from <https://teknominerba.com:https://teknominerba.com>
- Rustan, F. R. (2024). Hidrologi. *TOHAR MEDIA*, 10.
- Salman, S. (2023). Evaluasi Sistem Penyaliran Tambang Pada Pit Anoa Blok 4 Site Lameruru PT Tiran Indonesia. *Diss. Universitas Hasanuddin*, 60.
- silica , b. (2025, 2 15). *news*. Retrieved from <https://silikabandung.com:https://silikabandung.com/daftar-harga-material-alam/>
- Zendrato, T. M. (2021). Analisis Perhitungan Debit Air Tanah pada Sistem Penyaliran Tambang Terbuka di Pit X PT. Bukit Asam Tbk., Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan. *Bina Tambang* 6.5, 169-176.

LAMPIRAN

Lampiran A. Dokumentasi Lapangan



Gambar.A.1. Proses pemeliharaan KPL AL-05 (Tower 4)



Gambar.A.2. Proses pemeliharaan KPL AL-05 (Tower 4)



Gambar.A.3. Proses pemeliharaan KPL AL-06 (Tupak)



Gambar.A.4. Proses penambangan batubara di *Pit* Muara tiga besar selatan (MTBS)



Gambar.A.5. Proses pengangkutan *Overburden* menuju *disposal* di *pit* Muara tiga besar utara (MTBU)



Gambar.A.6. Proses pengangkutan *Overburden* menuju *disposal* di *pit* Muara tiga besar utara (MTBU)



Gambar.A.6. Proses perawatan KPL MT-11