

TUGAS AKHIR

ANALISIS PENGENDALIAN AIR ASAM TAMBANG MENGUNAKAN KAPUR TOHOR PADA KPL AL-14 (TAMAN) *SITE* TAMBANG AIR LAYA PT BUKIT ASAM TBK TANJUNG ENIM SUMATERA SELATAN



AGUS SUPRIYANTO

2022310044

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

2025

TUGAS AKHIR

ANALISIS PENGENDALIAN AIR ASAM TAMBANG MENGUNAKAN KAPUR TOHOR PADA KPL AL-14 (TAMAN) *SITE* TAMBANG AIR LAYA PT BUKIT ASAM TBK TANJUNG ENIM SUMATERA SELATAN

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



AGUS SUPRIYANTO

2022310044

Dosen Pembimbing:

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

Rodiyah Nursani, S.Si., M.T.

PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS PRABUMULIH

2025

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS PENGENDALIAN AIR ASAM TAMBANG MENGUNAKAN KAPUR TOHOR PADA KPL AL-14 (TAMAN) SITE TAMBANG AIR LAYA PT BUKIT ASAM TBK TANJUNG ENIM SUMATERA SELATAN

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

Oleh:

AGUS SUPRIYANTO
2022310044

Prabumulih, 4 Agustus 2025

Pembimbing I

Ahmad Husni, S.T., M.T.
NIDN. 0206106903

Pembimbing II

Rodiyah Nursani, S.St., M.T.
NIDN. 0201037802

**Ketua Program Studi
Teknik Pertambangan**
Ridho Yovanda, S.T., M.T.
NIDN. 0218099302

HALAMAN PERSETUJUAN

Laporan Tugas Akhir dengan judul "ANALISIS PENGENDALIAN AIR ASAM TAMBANG MENGGUNAKAN KAPUR TOHOR PADA KPL AL-14 (TAMAN) SITE TAMBANG AIR LAYA PT BUKIT ASAM TBK TANJUNG ENIM SUMATERA SELATAN" telah diseminarkan di hadapan Tim Penguji Tugas Akhir Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik, Universitas Prabumulih pada 4 Agustus 2025 dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai dengan masukan Tim Penguji Sidang Laporan Tugas Akhir.

Prabumulih, 4 Agustus 2025.

Tim Penguji Sidang Laporan Tugas Akhir

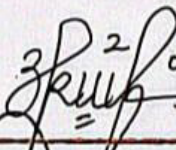
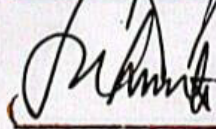
Ketua :

1. Ridho Yovanda, S.T., M.T.
NIDN. 0207017701


()

Anggota :

2. Reni Arisanti, S.T., M.T.
NIDN. 0218099302
3. Suhardiman Gumanti, S.T., M.T.
NIDN. 0221027003


()

()

Ketua Program Studi
Teknik Pertambangan



Ridho Yovanda, S.T., M.T.
NIDN. 0218099302

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Agus Supriyanto

Nim : 2022310044

Judul : Analisis Pengendalian Air Asam Tambang Menggunakan Kapur Tohor
Pada Kpl A1-14 (Taman) Site Tambang Air Laya PT Bukit Asam Tbk
Tanjung Enim Sumatera Selatan

Menyatakan bahwa laporan Tugas Akhir saya merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan plagiat tugas akhir orang lain. Apabila kemudian dari pernyataan saya tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi akademik yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Prabumulih, 4 Agustus 2025

Yang bersangkutan



Agus Supriyanto

ABSTRAK

ANALISIS PENGENDALIAN AIR ASAM TAMBANG MENGUNAKAN KAPUR TOHOR PADA KPL AL-14 (TAMAN) SITE TAMBANG AIR LAYA PT BUKIT ASAM TBK TANJUNG ENIM SUMATERA SELATAN

AGUS SUPRIYANTO, 2022310044,2025

xii + 48 halaman, 7 tabel, 22 gambar, 2 lampiran

Penelitian ini membahas pengendalian air asam tambang (AAT) menggunakan kapur tohor (CaO) pada Kolam Pengendapan Lumpur (KPL) AL-14 (Taman) di site Tambang Air Laya PT Bukit Asam Tbk, Tanjung Enim, Sumatera Selatan. Air asam tambang merupakan limbah yang terbentuk akibat oksidasi mineral sulfida, yang dapat menurunkan kualitas air dan merusak lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sistem pengendalian AAT, menentukan dosis ideal kapur tohor, menghitung biaya pengapuran, serta mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi kebutuhan kapur harian. Metode penelitian yang digunakan adalah pendekatan eksperimental dan observasional, meliputi uji laboratorium dengan metode *jar test* dan pengamatan langsung di lapangan selama periode 28 April hingga 30 Juni 2025. Pengujian dilakukan terhadap sampel air asam tambang dengan variasi dosis kapur tohor (0–0,5 gr/L) untuk menentukan dosis optimum dalam menaikkan pH dan menurunkan TSS. Hasil pengujian menunjukkan bahwa dosis ideal kapur tohor untuk menaikkan pH dari 5,20 ke rentang baku mutu (6–9) adalah antara 0,1121–0,2812 gr/L, dengan kebutuhan aktual sekitar 5 karung/hari. Namun, pemakaian lapangan mencapai rata-rata 10 karung/hari, menyebabkan pembengkakan biaya hingga Rp 381.600.000/bulan. Faktor utama yang memengaruhi kebutuhan kapur adalah curah hujan dan aliran *run off*. Penelitian ini memberikan rekomendasi penerapan sistem monitoring otomatis dan blending system untuk meningkatkan efisiensi pengolahan AAT serta mengurangi pemborosan bahan kimia.

Kata Kunci : Air Asam Tambang, Kapur Tohor, PT Bukit Asam Tanjung Enim.
Kepustakaan : 11 / 2017 - 2024

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul judul **”Analisis Pengendalian Air Asam Tambang Menggunakan Kapur Tohor pada Kpl Al-14 (Taman) Site Tambang Air Laya PT Bukit Asam Tbk Tanjung Enim Sumatera Selatan”** 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, sekaligus sebagai Pembimbing I dan tim penguji.
3. Bapak Ridho Yovanda, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Pertambangan dan sekaligus sebagai tim prnguji
4. Ibu Rodiyah Nursani, S.Si., M.T. sebagai pembimbing II.
5. Bapak Suhardiman Gumanti, ST., M.T. sebagai tim penguji
6. Ibu Reni Arisanti, S.T., M.T. sebagai Tim Penguji
7. Bapak/Ibu Dosen Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Prabumulih.
8. Bapak/Ibu staf administrasi Fakultas Teknik Universitas Prabumulih.
9. Kedua orang tua yang selalu memberikan semangat dan doa.
10. Rekan-rekan Mahasiswa Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Prabumulih khususnya angkatan 2022.
11. Bapak Arsal Ismail Selaku Direktur Utama PT Bukit Asam Tbk, yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian Tugas Akhir diperusahaan PT Bukit Asam Tbk.
12. Bapak Mirwan Fahlevi selaku *Assistant vice President* Penunjang Tambang PT Bukit Asam Tbk.
13. Bapak Suprayogi Yudha Pratama selaku *Assistant Manager* penunjang tambang PT Bukit Asam Tbk Sumatra Selatan.

14. Bapak Henry Widiatmoko selaku Pembimbing Lapangan yang telah memberikan arahan, bantuan, serta koreksi selama proses penyelesaian Tugas Akhir ini.
15. Kak Willy Ari Tindaon, Kak Sepri Pardinal, Kak Abi Mayu, serta staf satuan kerja pengelolaan lingkungan STambang Air Laya PT Bukit Asam Tbk yang telah memberikan ilmu, bantuan, masukan, serta koreksi selama proses penyelesaian Tugas Akhir.
16. Bapak Karno dan Ibu Sutarmi, 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 titik ini. Semoga Allah SWT memberikan keberkahan di dunia serta tempat terbaik di akhirat kelak, karena telah menjadi figur orang tua terbaik bagi penulis.
17. Sahabat-sahabat terbaik, Rismayanti, Rangga Destiawan (along), Rezky Nopriyansah, AR Hasibuan, Irvan Dwi SH, beserta Rekan-rekan plenger dan dupir yang telah memberikan dukungan, semangat, serta tawa di setiap langkah perjalanan akademik ini. Kehadiran kalian bukan hanya menjadi penguat dalam proses penyelesaian tugas akhir, tetapi juga menjadi bagian tak terpisahkan dari kenangan dan pembelajaran berharga selama masa studi. Semoga persahabatan ini tetap terjaga dan menjadi inspirasi untuk terus melangkah bersama menuju masa depan yang lebih baik.

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 tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca. Aamiin.

Prabumulih, 4 Agustus 2025

Agus Supriyanto
2022310044

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	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 Tahapan Penelitian	3
1.5.1 Jenis Penelitian.....	3
1.5.2 Lokasi dan Jadwal Penelitian	3
1.5.3 Analisis Data	3
1.5.4 Pengujian Laboratorium.....	4
1.5.5 Alat dan Bahan.....	4
1.5.6 Prosedur Pengujian	7
1.6 Bagan Alir Penelitian	8
BAB II TINJAUAN UMUM	9
2.1 Sejarah PTBA Unit Tanjung Enim	9
2.2 Lokasi Kesempaan Daerah	11
2.3 Struktur Organisasi perusahaan	12
2.3.1 Struktur Organisasi Umum	12
2.3.2 Struktur Organisasi Pengelolaan Lingkungan	13
2.4 Pembagian Wilayah Unit Pertambangan PT Bukit Asam Tbk.....	14

	Halaman
2.5 Keadaan Topografi	15
2.6 Keadaan Geologi	15
2.7 Keadaan Stratigrafi dan Litologi	17
2.8 Kegiatan Penambangan PT Bukit Asam Tbk	19
2.9 Sumber Daya dan Cadangan Batubara	22
BAB III TINJAUAN PUSTAKA	23
3.1 Air Asam Tambang.....	23
3.2 Proses Pembentukan Air Asam Tambang	24
3.3 Sumber Air Asam Tambang	25
3.4 Dampak Air Asam Tambang	26
3.5 Kandungan Pencemar Pada Air Asam Tambang Batubara	27
3.6 Kriteria Baku Mutu Air	28
3.7 Kolam Pengendapan Lumpur	29
3.8 Metode Pengolahan Air Asam Tambang	31
3.9 Kapur tohor (CaO).....	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1 Analisis Sistem Pengendalian Air Asam Tambang Pada KPL AL-14 (Taman).....	33
4.2 Jumlah Ideal Penggunaan Dosis Kapur Tohor.....	36
4.2.1 Uji Laboratorium Untuk Dosis Kapur Tohor.....	36
4.2.2 Perhitungan Kapur Tohor Secara Aktual di Lapangan.....	39
4.3 Menghitung Biaya Kapur Tohor Yang Ideal dan Pemakaian Aktual Lapangan.....	43
4.4 Faktor Yang Mempengaruhi Jumlah Penggunaan Kapur Tohor Setiap Harinya	44
4.4.1 Curah Hujan.....	44
4.4.2 Aliran <i>Run Off</i>	45
BAB V PENUTUP	47
5.1 Kesimpulan	47
5.2 Saran.....	48
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1 Neraca digital	5
Gambar 1.2 Alat <i>Jar Test</i>	5
Gambar 1.3 Gelas Ukur 500 ml	5
Gambar 1.4 pH meter laboratorium	6
Gambar 1.5 Sampel Air Sebanyak 5 liter.....	6
Gambar 1.6 Kapur Tohor (CaO)	6
Gambar 1.7 Bagan Alir Penelitian	8
Gambar 2.1 Peta Lokasi Kesampaian Daerah PT Bukit Asam Tbk	11
Gambar 2.2 Struktur Organisasi PT Bukit Asam Tbk	12
Gambar 2.3 Struktur Organisasi PLPT	13
Gambar 2.5 Peta WIUP di PT Bukit Asam Tbk	15
Gambar 2.6 Keadaan Geologi PT Bukit Asam Tbk.....	17
Gambar 2.7 Sekuen Stratigrafi dan Kolom Litologi Tanjung Enim	19
Gambar 3.1 Kapur Tohor (CaO)	32
Gambar 4.1 Lokasi KPL AL-14 (taman)	34
Gambar 4.2 Kompartemen KPL AL-14 (Taman)	34
Gambar 4.3 Tanaman Eceng Gondok pada Kompartemen 1 sampai 5	35
Gambar 4.4 Kapur tohor dan pH <i>Adjuster</i> pada Kompartemen 6 sampai 10	35
Gambar 4.5 Hubungan Dosis Kapur Tohor terhadap kenaikan pH (AAT)	37
Gambar 4.6 Hubungan Dosis Kapur Tohor terhadap kenaikan TSS (AAT)	38
Gambar 4.7 Proses pengapuran.....	39
Gambar 4.8 Aliran <i>Run off</i>	45

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Baku Mutu Air Limbah Pertambangan Batubara	29
Tabel 4.1 Parameter Baku Mutu Lingkungan	33
Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian Optimum dengan Metode <i>Jar test</i>	36
Tabel 4.3 pH Air Asam Tambang Pada Saluran <i>Inlet-Outlet</i> dan Debit.....	40
Tabel 4.4 Data Perhitungan Ideal Kapur Tohor Berdasarkan Data Aktual.....	41
Tabel 4.5 Kebutuhan Kapur dan Pada Tanggal 17 mei -15 juni 2025.....	42
Tabel 4.6 Data Curah Hujan Perusahaan 2025	44

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A Daftar Harga Kapur Tohor PT Bukit Asam Tbk	46
Lampiran B Dokumentasi Lapangan	46

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Menurut UU No 3 Tahun 2020 Pertambangan yaitu sebagian atau seluruh tahapan kegiatan dalam rangka penelitian, pengolahan dan pengusahaan mineral atau batubara yang meliputi penyelidikan umum, eksplorasi, studi kelayakan konstruksi, penambangan, pengolahan dan pemurnian, pengangkutan dan penjualan, serta kegiatan pasca tambang.

PT Bukit Asam Tbk, merupakan sebuah perusahaan tambang batubara yang terletak di Tanjung Enim, Kecamatan Lawang Kidul, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan. PT Bukit Asam Tbk ini dalam sistem penambangannya menggunakan sistem tambang terbuka dengan metode (*Open Pit*) yang terdiri dari 3 IUP yaitu Tambang Air Laya, Tambang Muara Tiga Besar, dan Tambang Banko Barat (Sari, dkk. 2024.).

Penambangan dengan metode *Open Pit* yang dimana siklus penambangan yaitu dengan pemecahan batuan menggunakan sistem pengeboran dan peledakan, diikuti dengan operasi penggalian material, pemuatan dan pengangkutan batubara ke *stockpile*, yang dimana dalam kegiatan ini menimbulkan dampak negatif terhadap kondisi lingkungan. Salah satu dampak yang timbul dari aktivitas kegiatan penambangan adalah terbentuknya air asam tambang yang dapat mengganggu ekosistem perairan, menurunkan kualitas air permukaan, dan mencemari tanah.

Dalam Pengendalian air asam tambang, PT Bukit Asam Tbk melakukan pengawasan terhadap kualitas lingkungan tambang agar tidak mencemari lingkungan yaitu dengan penyediaan Kolam Pengendap Lumpur (KPL), dimana dalam proses pengendaliannya menggunakan metode *active treatment* menggunakan bahan kimia seperti kapur tohor (CaO), tawas ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) dan pH *adjuster* (NaOH), metode *passive treatment* menggunakan tanaman seperti enceng gondok (*Eichornia Crassipers*), akar wangi (*Ververia Zizanioides*), kiambang (*Salvinia Natans*), ekor kucing (*Typha Latifolia*), dan melati air (*Echinodorus Palaefolius*) (Febrianti, dkk. 2024).

Dengan melakukan penelitian tugas akhir ini yang dimana berfokus pada pengendalian dan penetralan air asam tambang menggunakan kapur tohor (CaO) melalui pengujian laboratorium dan observasi lapangan, diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi teknis dalam pengelolaan air asam tambang yang lebih efisien dan sesuai standar baku mutu lingkungan. Maka dari itu, dengan permasalahan yang ada penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul “Analisis Pengendalian Air Asam Tambang Menggunakan Kapur Tohor (CaO) pada Kpl AL-14 (Taman) *Site* Tambang Air Laya PT Bukit Asam Tbk Tanjung Enim Sumatera Selatan”

1.2 Batasan Masalah

Dalam pelaksanaan penelitian ini perlu adanya pembatasan masalah hal ini agar dapat dicapai. Adapun permasalahan yang di bahas dalam penelitian ini yaitu berfokuskan pada pengendalian air asam tambang menggunakan kapur tohor (CaO) sebagai bahan penetral dalam meningkatkan pH air asam tambang pada Kolam Pengendapan Lumpur AL-14 (Taman) yang berada di *Site* Tambang Air Laya PT Bukit Asam Tbk, Tanjung Enim, Sumatera Selatan.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yang dilakukan di tambang batubara PT Bukit Asam Tbk, Tanjung Enim Sumatra Selatan adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis sistem pengendalian Air Asam Tambang pada KPL AL-14 (Taman) *Site* Tambang air laya PT Bukit Asam Tbk.
2. Mengetahui jumlah ideal penggunaan kapur tohor
3. Menghitung biaya kapur tohor yang ideal dan pemakaian aktual lapangan pada tanggal 17 Mei 2025 sampai 15 Juni 2025.
4. Mengetahui faktor yang mempengaruhi jumlah penggunaan kapur tohor setiap harinya pada Tambang Air Laya PT Bukit Asam Tbk.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini antara lain yaitu:

1. **Manfaat Teoritis**

Mendapatkan pembelajaran dan wawasan. Hasil penelitian ini juga dapat digunakan sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya terkait pengelolaan air asam tambang.

2. **Manfaat Praktis**

Memperoleh hasil analisis penggunaan kapur tohor dalam proses penetralan air asam tambang, setra dapat dijadikan acuan untuk pengendalian air asam tambang di PT Bukit Asam.

1.5 Tahapan Penelitian

1.5.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini termasuk dalam jenis penelitian eksperimental, karena untuk mendapatkan data dalam penelitian ini dilakukan dengan cara percobaan di laboratorium untuk mengetahui pengaruh bahan yang ditambah bisa membantu penetralan terhadap perubahan air asam tambang jika dilihat dari beberapa parameter pengujian sesuai baku mutu yang ditetapkan. Penelitian ini bisa dibilang menggunakan metode kuantitatif, karena data yang di hasilkan berbentuk angka dan dilakukan perhitungan matematis untuk kemudian dijadikan sebagai bahan dalam menganalisis dan penarikan kesimpulan.

1.5.2 Lokasi dan Jadwal Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di PT Bukit Asam Tbk Tanjung Enim Sumatera Selatan. Waktu pelaksanaan penelitian ini sudah dilaksanakan selama 2 bulan dari tanggal 28 April 2025 sampai 30 Juni 2025.

1.5.3 Analisis Data

Proses ini dilakukan saat data primer dan data sekunder sudah diperoleh dari hasil uji laboratorium dan pengamatan. Adapun data-data yang diolah diantaranya yaitu:

1. Sampel air asam tambang yang diambil sebanyak 5 liter dalam 1 lokasi di KPL AL-14 (Taman) dan kapur tohor (CaO) untuk pengujian di laboratorium.
2. Data Debit Air Kolam Pengendapan Lumpur (KPL) selama 2 bulan
3. Pengujian air pada sampel yang dicampur dengan kapur tohor (CaO) dimana dilakukan pengujian *jar test*. Dalam tiga kali pengujian dilakukan berulang menggunakan sampel yang berbeda-beda yaitu penambahan dosis kapur tohor (CaO) sebanyak 0,0 0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 gr/L ke sampel air tersebut dengan waktu 5 menit dan kecepatan 60 *Revolution Per Minute* (RPM). Setelah dilakukan pengujian menggunakan *jar test*, kemudian sampel di diamkan selama 1 jam. Tahapan selanjutya dilakukan pengecekan baku mutu lingkungan.

1.5.4 Pengujian Laboratorium

Pengujian laboratorium dengan menggunakan *Jar test* adalah suatu pengujian yang dilakukan untuk mencampurkan bahan penetral ke dalam air agar bahan penetral dapat larut dengan cepat dan untuk menentukan dosis bahan penetral yang diperlukan yang dilakukan dalam skala laboratorium.

1.5.5 Alat dan Bahan

Bahan dan alat ini yang digunakan pada saat *jar test* dengan alat dan bahan ini dapat memperlancar pengujian laboratorium dan menstabilkan pengujian laboratorium dan mengetahui hasil akhir pH.

Alat:

1. Neraca digital (Gambar 1.1)
2. Alat *jar test* (Gambar 1.2)
3. Gelas ukur 500 ml (Gambar 1.3)
4. pH meter laboratorium (Gambar 1.4)

Bahan

1. Sampel air sebanyak 5 liter (Gambar 1.5)
2. Kapur tohor (Gambar 1.6)



Sumber: Penulis, 2025

Gambar 1.1 Neraca digital.



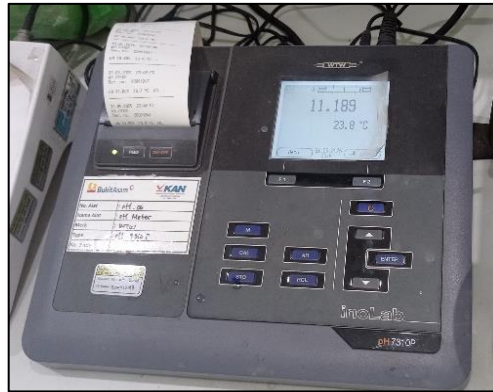
Sumber: Penulis, 2025

Gambar 1.2 Alat *jar test*.



Sumber: Penulis, 2025

Gambar 1.3 Gelas ukur 500 ml.



Sumber: Penulis, 2025

Gambar 1.4 pH meter laboratorium.



Sumber: Penulis, 2025

Gambar 1.5 Sampel air sebanyak 5 liter.



Sumber: Penulis, 2025

Gambar 1.6 Kapur tohor (CaO)

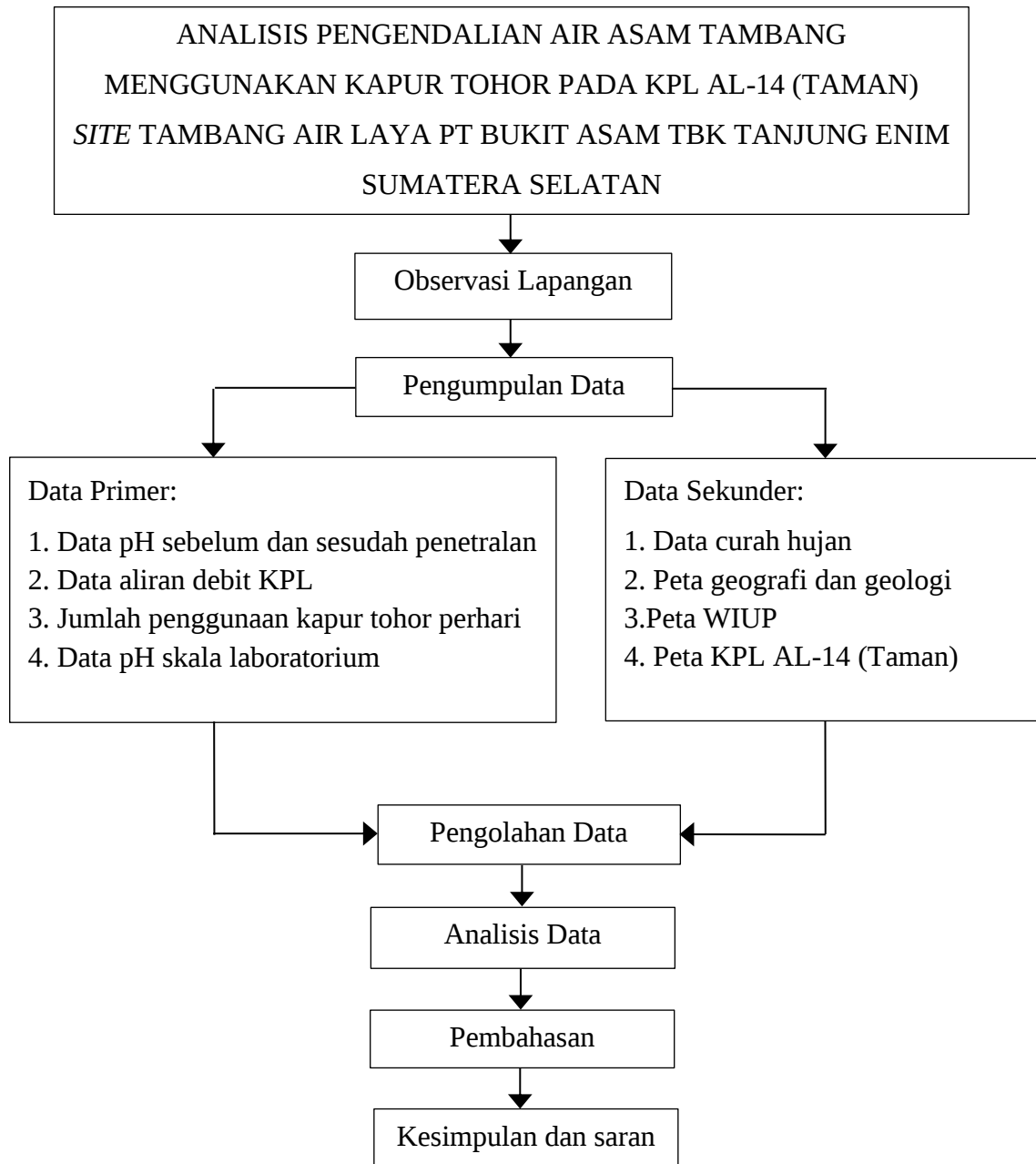
1.5.6 Prosedur Pengujian

Dengan mengetahui urutan prosedur pengujian *jar test* merupakan aspek penting yang perlu diperhatikan, karena setiap tahapan memiliki peran penting dalam memperoleh hasil akhir pH yang optimal.

1. Air asam tambang diambil dari saluran *inlet* KPL AL-14 (Taman) sebanyak 5 liter. Air tersebut mewakili karakteristik awal sebelum proses pengolahan.
2. Air dipisahkan ke dalam enam gelas ukur masing-masing 500 ml untuk pengujian dengan variasi dosis kapur tohor 0,0 0,1 0,2 0,3 0,4 dan 0,5 gram.
3. Penimbangan dilakukan menggunakan *neraca digital*, dan setiap gelas diberi label sesuai dosis.
4. Dosis kapur tohor ditambahkan ke masing-masing gelas secara terpisah.
5. Pengadukan dilakukan menggunakan alat *jar test* selama 5 menit dengan kecepatan 60 *Revolution Per Minute* (RPM) untuk memastikan distribusi bahan kimia secara homogen.
6. Setelah pengadukan, sampel didiamkan selama 1 jam agar terjadi pengendapan partikel dan stabilisasi nilai pH.
7. pH diukur menggunakan pH meter laboratorium untuk menilai seberapa besar peningkatan pH setelah penambahan kapur tohor dan catat hasilnya.

1.6 Bagan Alir Penelitian

Bagan alir dari kegiatan penelitian yang dilakukan disesuaikan dengan tahapan dari penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.7.



Sumber: Penulis, 2025

Gambar 1.7 Bagan Alir Penelitian

BAB II

TINJAUAN UMUM

2.1 Sejarah PTBA Unit Tanjung Enim

Pada 1876 perusahaan baru beroperasi pada pertambangan batubara di Ombilin, Sumatera Barat. Kemudian, pada 1919, perusahaan berekspansi ke tambang terbuka di Air Laya, Tanjung Enim, Sumatera Selatan. Setelah merdeka, Air Laya dinasionalisasi menjadi Perusahaan Negara (PN) dan pada 1950 namanya berubah menjadi PN Tambang Arang Bukit Asam (PN TABA). Pada 1981 PN TABA berubah menjadi Perseroan terbatas dan namanya berganti menjadi PT Tambang Batubara Bukit Asam (Persero).

Tanggal 2 Maret 1981 menjadi tanggal resmi berdirinya PTBA. pada 1990 perusahaan batubara lainnya yang dimiliki oleh negara, yaitu Perusahaan Umum Tambang Batubara bergabung dengan PT Tambang Batubara Bukit Asam (Persero). Sejak saat itulah PTBA menjadi perusahaan batubara satu-satunya yang dimiliki negara. Tahun 2002 menjadi tonggak bersejarah bagi PTBA, karena perusahaan tercatat sebagai perusahaan publik di Bursa Jakarta dengan melepas 25 persen sahamnya ke publik. Harga saham pertama tercatat pada Rp575 dengan kode saham PTBA. Selanjutnya pada 2011, saham PTBA mencapai harga tertinggi di level Rp27.000 per saham.

Pada 2018, perusahaan berniat untuk membangun PLTU Mulut Tambang Sumatera Selatan. Untuk merealisasikan proyek tersebut PTBA melakukan Financial Closed dengan China Export Import Bank untuk meraih pinjaman. Aksi korporasi dengan mengakuisisi PT Tabalong Prima Resources (TPR) perusahaan yang bergerak di bidang penanganan batubara dan memiliki sumber daya batubara sebanyak 292 juta ton serta cadangan sebesar 109 juta ton serta PT Mitra Hasrat Bersama (MHB) perusahaan yang bergerak di bidang infrastruktur dan sarana transportasi batubara. Untuk meningkatkan tata kelola perusahaan yang baik, dua tahun setelahnya Bukit Asam menerapkan Manajemen Anti Suap ISO 37001:2016 dan menjadi BUMN pertama di sektornya yang menerapkan ISO 37001:2016.

Tahun 2021 juga menjadi tahun bersejarah bagi PTBA karena perseroan Asam mencatatkan kinerja keuangan tertinggi sepanjang sejarah dengan Laba Bersih sebesar Rp7,91 Triliun. Perusahaan juga mengalami kenaikan total aset sebesar 50 persen dari Rp24,06 triliun di 2020 menjadi Rp36,12 triliun per 31 Desember 2021.

PT Bukit Asam Tbk. di Unit Pertambangan Tanjung Enim (UPTE) memiliki beberapa *site* dalam Wilayah Kuasa Pertambangan, yaitu:

1. Tambang Air Laya (TAL)

Pada lokasi Tambang Air Laya (TAL), kegiatan penambangan dilakukan dengan dua metode, yaitu metode *convensional mining* kombinasi antara excavator *dump truck* dan metode *continuous mining* yang merupakan suatu sistem penambangan yang berkesinambungan dengan menggunakan *Bucket Wheel Excavator* (BWE) sebagai alat utama atau dikenal juga dengan istilah BWE. Pada metode BWE sistem ini sepenuhnya dilaksanakan oleh pihak PTBA sedangkan untuk penambangan dengan metode kombinasi excavator-*dump truck* dilaksanakan oleh pihak ketiga (kontraktor). Nilai kalori batubara yang terdapat di Tambang Air Laya (TAL) berkisar antara 6.300-7.300 kkal/kg (adb).

2. Tambang Muara Tiga Besar (MTB)

Tambang Muara Tiga Besar (MTB) terdiri atas dua lokasi, yaitu Muara Tiga Besar Utara (MTBU) dan Muara Tiga Besar Selatan (MTBS). Operasi penambangan di Muara Tiga Besar ini menggunakan metode kombinasi antara excavator-*dump truck* semuanya dikerjakan oleh pihak ketiga (kontraktor). Nilai kalori batubara yang terdapat di Muara Tiga Besar berkisar antara 5.300-6.300 kkal/kg (adb). Spesifikasi ini sesuai dengan kebutuhan PLTU Suralaya dan PLTU Bukit Asam.

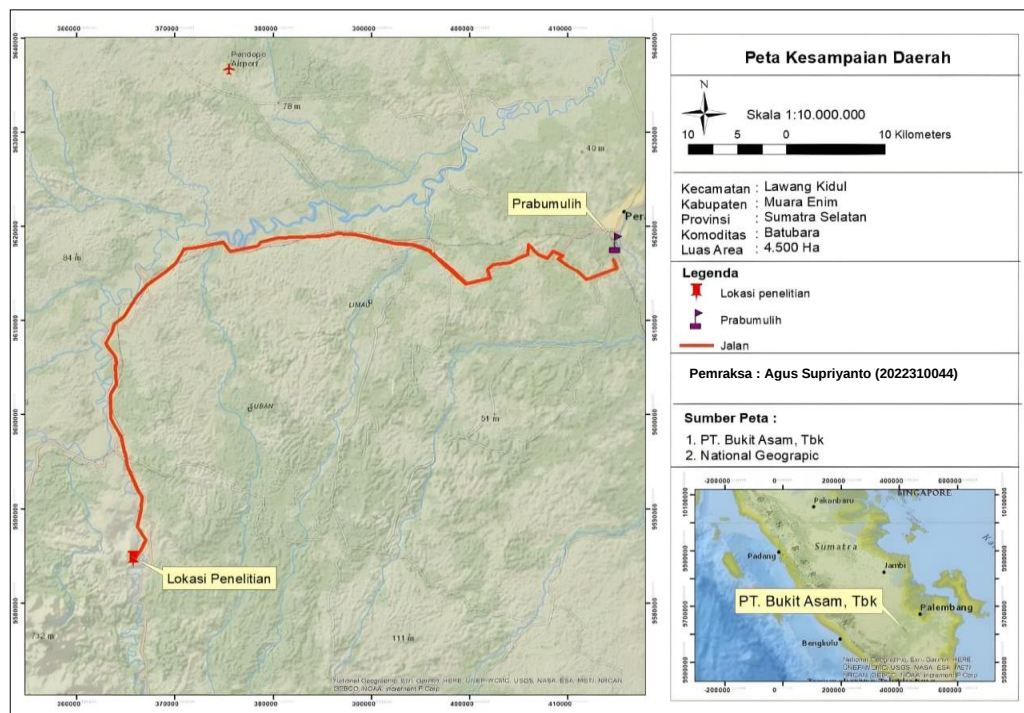
3. Tambang Banko Barat

Tambang Banko Barat saat ini terdiri atas Pit 1, Pit 2, Pit 3, Pit E. Pekerjaan penambangan batubara dilakukan oleh Swakelola dengan kontraktor PT Perusahaan Pengelola Aset (PPA) dan kontraktor PT Satria Bahana Sarana (SBS), Pama Persada Nusantara (PAMA) dengan menggunakan metode kombinasi antara excavator-*dump truck*. Nilai kalori batubara yang terdapat di Banko Barat berkisar antara 5.900-6.300 kkal/kg (adb).

2.2 Lokasi Kesampaian Daerah

Wilayah PT Bukit Asam Tbk. terletak pada posisi $103^{\circ}50'54.978''$ BT dan $3^{\circ}45'1.510''$ LS *Universal Transverse Mercator* (UTM). Secara administrasi lokasi PT Bukit Asam Tbk. di Desa Tanjung Enim, Kecamatan Lawang Kidul, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan. Jarak tempuh lewat jalan raya ± 97 kilo meter dari kota Prabumulih. Untuk bisa sampai ke lokasi penelitian jika dimulai dari kota Prabumulih ditempuh dengan transportasi darat menuju ke kota Muara Enim membutuhkan waktu tempuh selama ± 2 jam. Selanjutnya dari Muara Enim untuk sampai ke Tanjung Enim dibutuhkan waktu tempuh ± 30 menit.

Wilayah Izin Usaha Penambangan (WIUP) PT Bukit Asam Tbk. terletak di daerah Tanjung Enim, Kecamatan Lawang Kidul, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan pada posisi $3^{\circ}42'30''$ LS - $4^{\circ}47'30''$ LS dan $103^{\circ}45'00''$ BT - $103^{\circ}50'00''$ BT atau garis bujur 9.583.200 – 9.593.2.00 dan lintang 360.600 – 367.000 dalam sistem koordinat Internasional. Lokasi kesampaian daerah dapat dilihat pada Gambar 2.1.



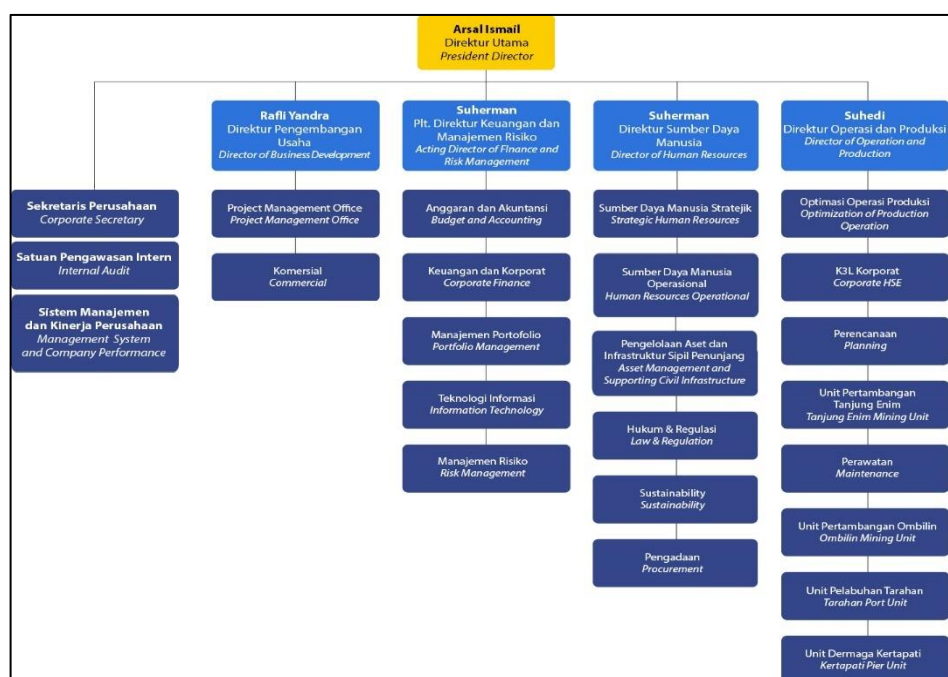
Sumber: Penulis, 2025

Gambar 2.1. Peta Lokasi Kesampaian Daerah PT Bukit Asam Tbk.

2.3 Struktur Organisasi Perusahaan

2.3.1 Struktur Organisasi Umum

Struktur organisasi perusahaan dibuat untuk meningkatkan performa pekerjaan perusahaan, sehingga kegiatan perusahaan dapat terstruktur dengan baik. Penyusunan struktur organisasi dibuat berdasarkan spesifikasi dan fungsi kinerja yang ada sehingga dapat dipertanggung jawabkan. Berikut struktur organisasi PT Bukit Asam Tbk dapat dilihat pada gambar 2.2 dibawah ini.



Sumber: PT Bukit Asam Tbk, 2025

Gambar 2.2. Struktur Organisasi PT Bukit Asam Tbk

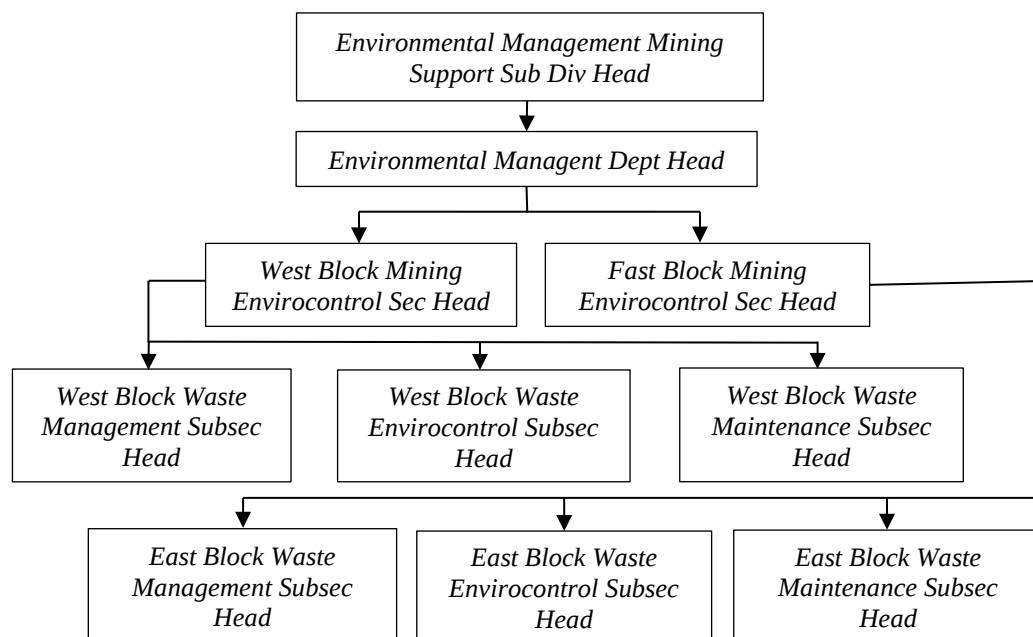
Jumlah karyawan PT Bukit Asam Tbk. lebih dari 5000 orang. terus meningkatkan kompetensi SDM-nya melalui perancangan 12 *emperature* administrasi dan pengembangan SDM yang kredibel. Beberapa 12 *emperature* strategis yang telah dijalankan untuk mempersiapkan manajemen dan pemimpin yang meliputi: penyelarasan (*alignment*) organisasi dan penyempurnaan 12 *emperature* manajemen SDM, serta pembentukan dan sosialisasi budaya unggul yang menekankan pada motivasi diri dan peningkatan kesadaran akan peran dan kontribusi untuk meningkatkan performa PT Bukit Asam Tbk., Sedangkan untuk menyiapkan supervisor dan tingkatan dibawahnya, PT Bukit Asam Tbk.

Memfokuskan pengembangan pada pemenuhan kompetensi teknis terutama dibidang pertambangan, mesin, dan listrik. Pembagian jam kerja di PT Bukit Asam Tbk. yaitu:

1. Tenaga staff, hari kerja senin sampai jumat
2. Tenaga Penunjang, shift kerja dengan grup A, B, C dan D, waktu kerja untuk setiap shift adalah 8 (delapan) jam dengan rincian sebagai berikut:
 - a. Shift 1 (malam), pukul 23.00 WIB s/d pukul 07.00 WIB.
 - b. Shift II (pagi), pukul 07.00 WIB s/d pukul 15.00 WIB.
 - c. Shift III (siang), pukul 15.00 WIB s/d pukul 23.00 WIB

2.3.2 Struktur Organisasi Pengelolaan Lingkungan dan Penunjang Tambang

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. Satuan kerja pengelolaan lingkungan memiliki 13 *emperature* penanganan lingkungan pada bidang manajemen air asam tambang (AAT) dan limba B3 yang berkelanjutan. Struktur organisasi pengelolaan lingkungan dan penunjang tambang dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Sumber: PT Bukit Asam Tbk, 2025

Gambar 2.3. Struktur Organisasi PLPT

2.4 Pembagian Wilayah Unit Pertambangan PT Bukit Asam Tbk

Pada pembagian wilayah unit pertambangan pada PT Bukit Asam Tbk terdapat tiga lokasi yang dimana sampai sekarang masih berjalan yaitu Tambang Air Laya (TAL), Muara Tiga Besar (MTB) dan Tambang Bangko Barat, dapat dilihat pada Gambar 2.5.

1. Tambang Air Laya (TAL)

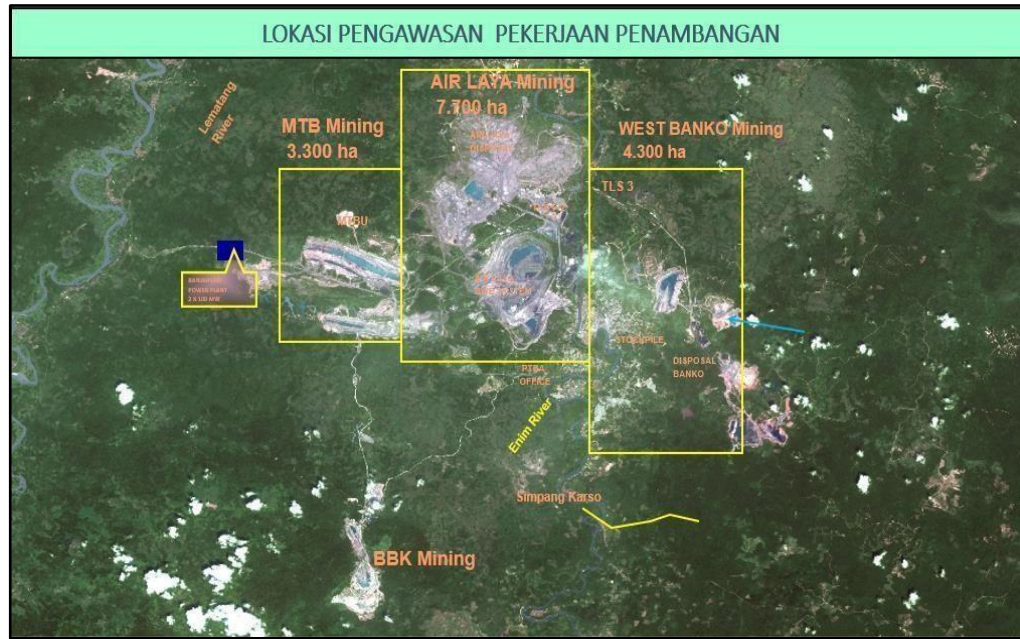
Pada lokasi Tambang Air Laya (TAL), kegiatan penambangan dilakukan dengan dua metode, yaitu metode *convensional mining* kombinasi antara *excavator-dump truck* dan metode *continuous mining* yang merupakan suatu sistem penambangan yang berkesinambungan dengan menggunakan *Bucket Wheel Excavator* (BWE) sebagai alat utama atau dikenal juga dengan istilah BWE sistem. Metode BWE sistem ini sepenuhnya dilaksanakan oleh pihak PTBA sedangkan untuk penambangan dengan metode kombinasi *excavator-dump truck* dilaksanakan oleh pihak ketiga (kontraktor). Nilai kalori batubara yang terdapat di Tambang Air Laya (TAL) berkisar antara 6.300-7.300 kkal/kg.

2. Tambang Muara Tiga Besar (MTB)

Tambang Muara Tiga Besar (MTB) terdiri atas dua lokasi, yaitu Muara Tiga Besar Utara (MTBU) dan Muara Tiga Besar Selatan (MTBS). Operasi penambangan di Muara Tiga Besar ini menggunakan metode kombinasi antara *excavator-dump truck*, semuanya dikerjakan oleh pihak ketiga (kontraktor). Nilai kalori batubara yang terdapat di Muara Tiga Besar berkisar antara 5.300-6.300 kkal/kg. Spesifikasi ini sesuai dengan kebutuhan PLTU Suralaya dan PLTU Bukit Asam.

3. Tambang Banko Barat

Tambang Banko Barat saat ini terdiri atas Pit 1, Pit 2, Pit 3, Pit E. Pekerjaan penambangan batubara dilakukan oleh Swakelola dengan kontraktor PT Perusahaan Pengelola Aset (PPA) dan kontraktor PT Satria Bahana Sarana (SBS), Pama Persada Nusantara (PAMA) dengan menggunakan metode kombinasi antara *excavator-dump truck*. Nilai kalori batubara yang terdapat di Banko Barat berkisar antara 5.900-6.300 kkal/kg.



Sumber: Website PT Bukit Asam Tbk, 2025

Gambar 2.5. Peta WIUP di PT Bukit Asam Tbk

2.5 Keadaan Topografi

Secara umum daerah tambang PT Bukit Asam Tbk mempunyai Topografi yang bervariasi mulai dari daratan rendah, hingga perbukitan. Dataran rendah menempati sisi 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 ± 282 meter di atas permukaan laut.

2.6 Keadaan Geologi

Struktur geologi yang berkembang adalah antiklin 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. Dapat dilihat pada Gambar 2.6.

1. Formasi Lahat

Formasi Lahat diendapkan tidak selaras di atas batuan pra *tersier* pada lingkungan lahat. Formasi ini berumur *Oligosen* bawah, tersusun oleh *tuffa breksi*, 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 dilingkungan *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 isipan napal dengan batu gamping di bagian bawah. Lingkungan pengendapan formasi ini adalah laut dalam dengan ketebalan 300-2200 meter.

5. Formasi Air Bekanat

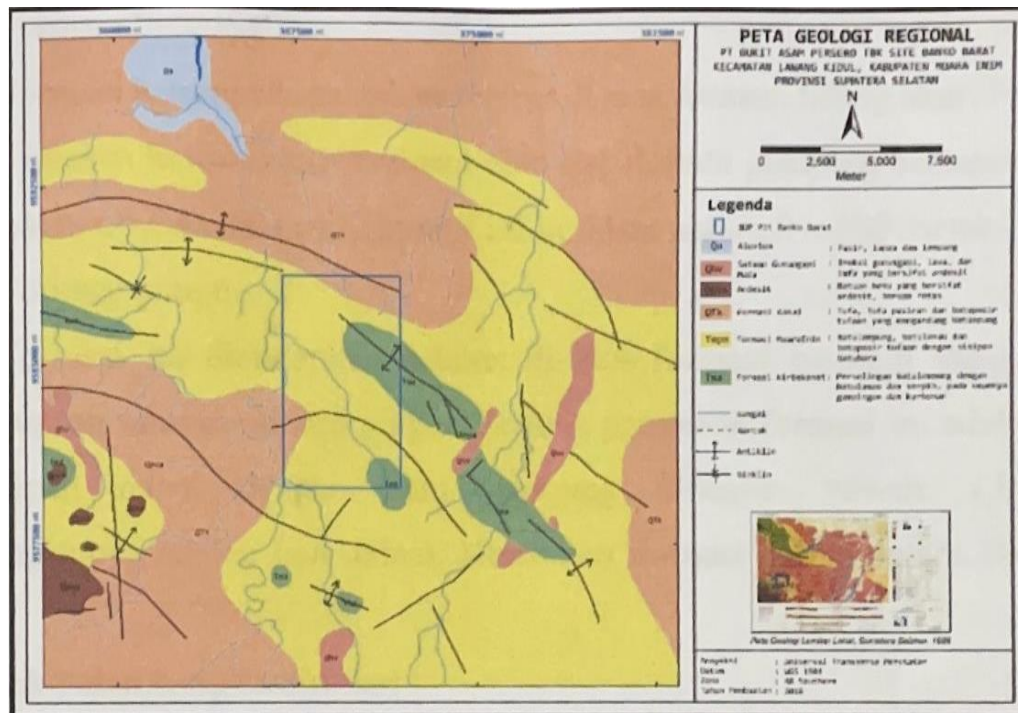
Formasi Air Bekanat diendapkan selaras di atas Formasi Gumai yang berumur *Miosen* tengah tersusun oleh batu lempung pasiran dan batu pasir *Glaukonitan*. Formasi Air Berkanat diendapkan pada lingkungan laut *neritic* dan berangsur menjadi laut dangkal, dengan ketebalan antara 100-800 meter.

6. Formasi Muara Enim

Formasi Muara Enim diendapkan selaras di atas Formasi Air Bekanat. Formasi 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. Lingkungan pengendapan formasi ini adalah darat sampai transis.



Sumber: PT Bukit Asam Tbk, 2025

Gambar 2.6 Keadaan Geologi PT Bukit Asam Tbk

2.7 Keadaan Stratigrafi dan Litologi

Formasi pembawa batubara di daerah penambangan PT Bukit Asam Tbk. adalah formasi Muara Enim. Lapisan batubara pada formasi Muara Enim dibagi menjadi empat bagian, yaitu M1, M2, M3, dan M4. Unit M1 adalah lapisan paling

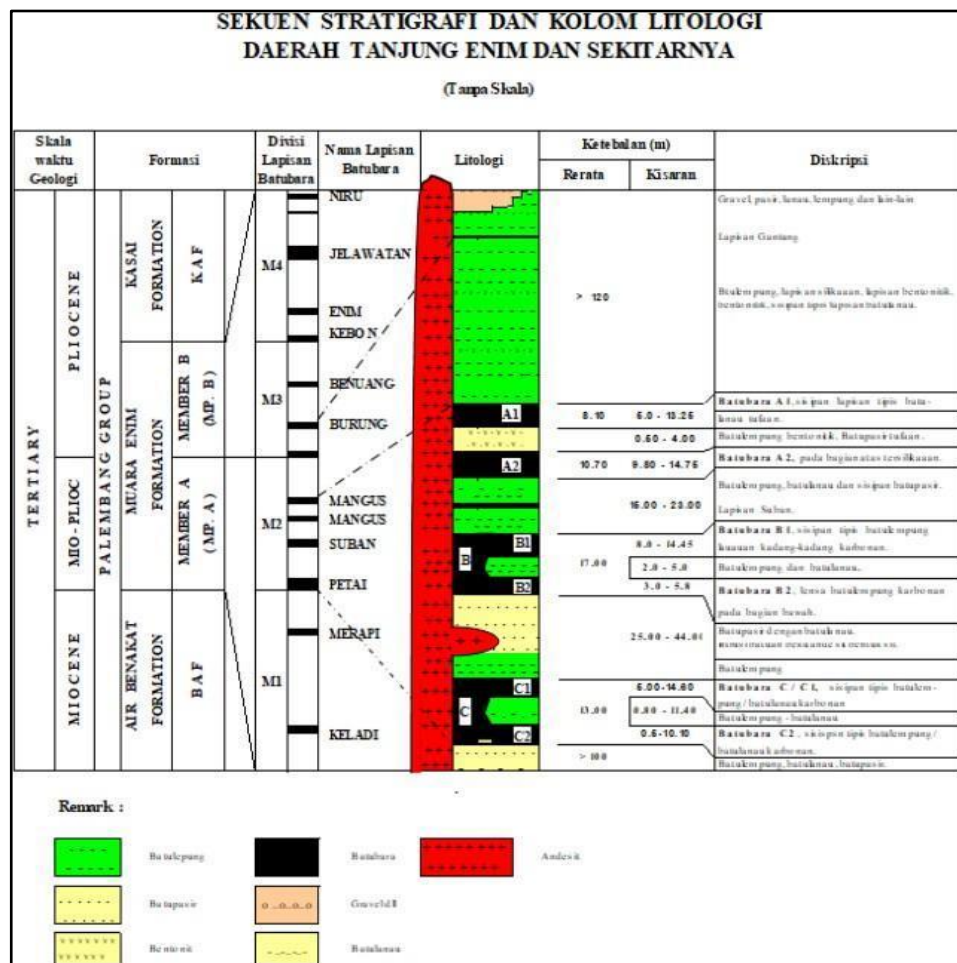
bawah dari Formasi Muara Enim yang mengandung dua lapisan, yaitu lapisan Keladi dan Merapi. Unit ini terdiri dari batu pasir dan batu lanau dengan ketebalan mencapai 150-250m. Unit M2 mengandung mayoritas dari sumberdaya batubara di Tanjung Enim. Unit M3 pada dasarnya terdiri dari *sand* dan *silt* (40-120m). Lebih banyak *fluvial* dari pada *limnic*. Unit M4 dari bawah ke atas terdiri dari lapisan Benuang, Kebon, Enim, Lematang, Jelawatan, Niru dan lapisan Lempung tufaan, Lanau dan endapan pasir *fluvial*. Dari empat sub-bagian tersebut, lapisan M2 dan M4 mengandung lapisan batubara yang paling ekonomis dan potensial secara ekonomis.

Lapisan-lapisan itu diberi nama berdasarkan urutan dari bawah yang potensial untuk ditambang. Stratigrafi unit M2 (dari tua sampai muda) yaitu:

1. Lapisan Batubara C disebut juga Lapisan Petai. Dengan ketebalan 13 m, berwarna hitam mengkilat dan mengandung lapisan pengotor batu lempung dan batu lanau dengan ketebalan 0,8 - 11 meter.
2. Lapisan Interburden B2 dan C, dicirikan oleh batu pasir dengan sisipan batu lanau memiliki ketebalan 25 – 44 meter.
3. Lapisan Batubara B2 atau disebut Suban Bawah. Lapisan ini memiliki ketebalan 3-5,58meter dan terdapat sisipan mineral *pyrite*.
4. Lapisan Interburden B1 dan B2, merupakan batu lempung sisipan tipis batu lanau dengan ketebalan 2-5 meter.
5. Lapisan Batubara B1 atau disebut Suban Atas dengan ketebalan 8 – 14,45 meter. Berwarna hitam mengkilat disekitar intrusi dan berubah warna menjadi hitam kusam pada daerah yang jauh dari intrusi.
6. Lapisan *Interburden* batubara A2 dan B1, berupa batu lempung dan batu lanau dengan sisipan tipis batu pasir. Ketebalan 15-23 meter. Disebut lapisan Suban Marker.
7. Lapisan Batubara A2 atau disebut Mangus Bawah dengan ketebalan 9,8-14,75 meter. Lapisan silikaan terdapat dibagian atas dari lapisan batubara A2.
8. Lapisan *Interburden* batubara A1 dan A2, berupa batu pasir tufaan, batu lempung tufaan dan batu lempung karbonan yang memiliki ketebalan 0,5-4,0 meter.

9. Lapisan Batubara A1 atau Mangus Atas. Berupa lapisan batubara dengan sisipan batubara silikaan dan lapisan pengotor. Memiliki ketebalan 5-13,25
10. *Overburden*, berupa batu lanau, batu lempung, dan batu pasir, terdapat pula batubara gantung (*hanging seam*) yang disebut lapisan burung.

Sekuen stratigrafi dan kolom litologi daerah tanjung enim dan sekitarnya dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Sumber: Satuan Kerja Geologi PT. Bukit Asam Tbk, 2025

Gambar 2.7 Sekuen Stratigrafi dan Kolom Litologi Tanjung Enim

2.8 Kegiatan Penambangan PT Bukit Asam Tbk

Kegiatan Penambangan yang dilakukan di PT Bukit Asam Tbk. menggunakan sistem kombinasi *Excavator* jenis *Backhoe* dan *dump truck* (untuk pengangkutan batubara) sedangkan *Shovel* PC 3000 Dan HD *Belaz* untuk pengangkutan *Overburden* dan *Interburden*.

Adapun aktivitas penambangan yang dilakukan di PT Bukit Asam Tbk., secara umum dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Pembersihan Lahan (*Land Clearing*)

Land Clearing adalah kegiatan pembersihan tempat kerja atau *Front* kerja dan tumbuh-tumbuhan baik itu semak belukar, pepohonan maupun tumbuhan lainnya yang dapat mengganggu proses penambangan atau alat-alat mekanis yang bekerja pada lokasi penambangan. Kegiatan *land clearing* dilakukan dengan menggunakan *bulldozer komatsu D155*.

2. Perintisan (*Pionering*)

Setelah dilakukan *land Clearing*, maka tahapan selanjutnya adalah perintisan (*pionering*). Kegiatan perintisan merupakan kegiatan pembuatan jalan angkut dan meratakan *front* kerja agar alat-alat mekanis dapat beroperasi dengan baik. Alat mekanis yang biasanya digunakan pada kegiatan ini adalah *bulldozer komatsu D155*.

3. Pengupasan Lapisan

Tanah Penutup Setelah kegiatan pembersihan lahan dan perintisan selesai dilakukan, tahap selanjutnya adalah melakukan pengupasan lapisan tanah penutup batubara. Kegiatan pengupasan lapisan tanah penutup baik *overburden* ataupun *interburden* yang dilakukan di PT Bukit Asam Tbk. Secara umum adalah sebagai berikut:

- a. *Ripping-Dozing*

Proses pengupasan tanah yang relatif lunak dilakukan dengan menggunakan *Bulldozer Komatsu D375A* atau *Komatsu D155* yang dilengkapi dengan *ripper*, *Hydraulic Excavator Komatsu PC 3000 / PC 2000*, dan *HD Belaz* atau *Dump Truck*. Lapisan tanah digaruh dengan *ripper* terlebih dahulu kemudian lapisan yang sudah *Loose* dikumpulkan dengan *Blade Bulldozer*. Proses selanjutnya yaitu penggalian dan pemuatan material tersebut oleh *Hydraulic Excavator* kedalam *Dump Truck*. Pembuangan lapisan *top soil* atau tanah penutup harus dipisahkan dari *Common Soil* agar nantinya dapat digunakan kembali untuk kegiatan reklamasi pascatambang.

b. *Drilling-Blasting*

Kegiatan pengupasan lapisan tanah penutup dengan metode ini dilakukan ketika *ripper* tidak efisien dan ekonomis lagi untuk digunakan. kegiatan ini digunakan untuk memberai lapisan *Interburden*. Lapisan *interburden* ini terdiri dari lapisan batu lempung dan lapisan batu pasir yang mengandung lensa-lensa tipis batu lanau dengan ketebalan berkisar antara 38-44 meter. Setelah kegiatan pemboran selesai, lubang bor yang ada di isi dengan bahan peledak berupa ANFO dan peledakan dilakukan. Setelah selesai peledakan material yang sudah *loose* akan digali dan dimuat dengan menggunakan *Hydraulic Excavator* ke dalam *Dump Truck* ataupun HD Belaz.

4. Penggalian dan pemuatan lapisan batubara

Setelah lapisan tanah penutup dipidahkan kemudian lapisan batubara akan dibongkar menggunakan *ripper* dan dikumpulkan dengan *blade bulldozer*. Alat yang dipakai di Pit 3 yaitu *Bulldozer komatsu D375A* yang dilengkapi dengan *ripper*. Setelah batubara terbongkar maka kegiatan selanjutnya adalah kegiatan penggalian dan pemuatan lapisan batubara. Kegiatan penggalian merupakan kegiatan pemecahan atau pemberaian material (yang telah dibongkar dengan *Ripping* ataupun yang belum) baik lapisan tanah penutup (*overburden*) maupun lapisan batubara agar mempermudah alat mekanis untuk memuat batubara dengan menggunakan *dump truck*. Sedangkan kegiatan pemuatan adalah suatu proses pengisian batubara maupun tanah yang sudah terberai dan terpisah dari batuan induknya kedalam alat angkut. Adapun alat gali yang dipakai yaitu *power shovel PC 3000*.

5. Penggalian dan pemuatan batubara

Setelah lapisan tanah penutup dipidahkan kemudian lapisan batubara yang akan dibongkar menggunakan *ripper* dan dikumpulkan dengan *blade bulldozer*. Alat yang dipakai di Pit 3 yaitu *Bulldozer komatsu D375A* yang dilengkapi dengan *ripper*. Setelah batubara terbongkar maka kegiatan selanjutnya adalah kegiatan penggalian dan pemuatan lapisan batubara. Kegiatan penggalian merupakan kegiatan pemecahan atau pemberaian material (yang telah dibongkar dengan *ripping* ataupun yang belum) baik lapisan tanah penutup (*overburden*) maupun

lapisan batubara agar mempermudah alat mekanis untuk memuat batubara dengan menggunakan *dump truck*.

6. Pengangkutan (*Hauling*)

Pengangkutan sendiri bertujuan untuk memindahkan material tanah penutup lapisan batubara ke penimbunan (*disposal*) dan memindahkan batubara yang sudah digali menuju *Stockpile*.

7. Reklamasi Bekas Tambang

Adapun kegiatan yang dilakukan bukan hanya pada saat tambang tutup, tapi juga dilakukan saat tambang masih beroperasi yang dilakukan di lokasi yang sudah dianggap tidak ada lagi batubara yang diambil. Tujuan dari kegiatan ini adalah memperbaiki lahan yang telah rusak dan mengembalikan vegetasi yang telah di hilangkan akibat dari kegiatan penambangan. Sehingga penerapan *good mining practice* yaitu kinerja perusahaan yang di capai berjalan dengan ramah lingkungan baik dari operasional hingga hasil produksi.

2.9 Sumber Daya dan Cadangan Batubara

PT Bukit Asam Tbk. adalah perusahaan bagian dari MIND ID yang bergerak pada bidang industri pertambangan batubara. Hingga akhir 2021, PT Bukit Asam memegang 5 Izin Usaha Pertambangan (IUP) dengan total luas lahan sebesar 68.777 hektar. Pendapatan perusahaan ini yang tercatat pada tahun 2021 adalah sebesar Rp 29,261 triliun, dengan laba bersih sebesar Rp 36,124 triliun. Pengoprasian tambang batubara milik PT Bukit Asam saat ini beroperasi di Tanjung Enim (Sumatera Selatan), Ombilin (Sumatera Barat), Peranap (Riau), dan Kalimantan Timur. PT Bukit Asam Tbk, memiliki cadangan batubara yang tertambang sebanyak 3,33 miliar ton dan sumber daya sebesar 8,17 miliar ton.

BAB III

TINJAUAN PUSTAKA

3.1 Air Asam Tambang

Air Asam Tambang merupakan limbah pencemar lingkungan yang terjadi akibat aktifitas pertambangan. Limbah ini terjadi karena adanya proses oksidasi bahan mineral *pirit* (FeS_2) dan bahan mineral sulfida lainnya yang tersingkap ke permukaan tanah dalam proses pengambilan bahan mineral tambang. Proses kimia dan biologi dari bahan-bahan mineral tersebut menghasilkan sulfat dengan tingkat keasaman yang tinggi. Secara langsung maupun tidak langsung tingkat keasaman yang tinggi mempengaruhi kualitas lingkungan dan kehidupan organisme. (Sari, dkk. 2024).

Air Asam Tambang atau disebut juga dengan *Acid Mine Drainage* (AMD) adalah air yang bersifat asam (tingkat keasaman yang tinggi) dan sering ditandai dengan nilai pH yang rendah yaitu dibawah 6, karena sesuai dengan baku mutu air pH normal adalah 6-9 sebagai hasil dari oksidasi mineral sulfida yang tersingkap oleh proses penambangan dan terkena air. (Wahyudin, ddk. 2018)

Air Asam Tambang adalah istilah yang digunakan untuk merujuk pada Air Asam Tambang yang timbul akibat kegiatan penambangan serta sering juga disebut air rembesan (*seepage*), atau aliran (*drainage*). Air ini terjadi akibat pengaruh oksidasi alamiah mineral sulfida (mineral belerang) yang terkandung dalam batuan yang terpapar selama penambangan

Perlu diketahui air asam tambang sebenarnya tidak terbentuk akibat kegiatan penambangan saja tetapi setiap kegiatan yang berpotensi menyebabkan terbuka dan teroksidasinya mineral sulfida akan menyebabkan terbentuknya air asam tambang. Beberapa kegiatan seperti pertanian, pembuatan jalan, drainase dan pengolah tanah lainnya pada area yang mengandung mineral belerang akan menghasilkan air asam, karakteristiknya pun sama dengan air asam tambang. (Saptawartono, dkk. 2024).

3.2 Proses Pembentukan Air Asam Tambang

Air asam tambang dapat terbentuk melalui proses kimia maupun biologi. Reaksi kimia terjadi ketika logam-logam terlarut mengalami reaksi hidrolisis yang menghasilkan H^+ sehingga pirit mengalami reaksi oksidasi dan menghasilkan keasamaan berupa air asam tambang. Proses pembentukan Air Asam Tambang (AAT) terdiri dari beberapa tahapan reaksi. Reaksi pertama adalah reaksi oksidasi mineral pirit dengan kehadiran air, yang menghasilkan dua mol keasamaan. Reaksi selanjutnya adalah reaksi oksidasi pirit oleh ion ferri, jumlah mol keasamaan lebih banyak per mol pirit, reaksi berlangsung selama ion ferri tersedia atau kondisi asam. Terbentuknya AAT ditandai oleh:

1. PH yang rendah (1,5-4), konsentrasi logam terlarut yang tinggi (besi, aluminium, mangan, cadmium, tembaga, timbal, seng, arsenik dan merkuri),
2. Nilai Acidity yang tinggi (50-1500 mg/L $CaCO_3$).
3. Nilai Sulfat yang tinggi (500-10.000 mg/L).
4. Nilai Salinitas (1-20 mS/cm).
5. Konsentrasi Oksigen terlarut yang rendah.

Berikut merupakan Reaksi Umum Pembentukan air asam tambang: (Febrianti, dkk. 2024).



Pyrite, Oxygen, water, yellowboy, sulfuric, acid

Dari reaksi di atas terperinci kembali menjadi 4 tahap sebagai berikut:

1. Reaksi pertama adalah reaksi pelapukan dari pirit disertai proses oksidasi. Sulfur dioksidasi menjadi sulfat dan $[Fe(II)]$ dilepaskan. Dari reaksi ini dihasilkan dua mol keasamaan dari setiap mol pirit yang teroksidasi.



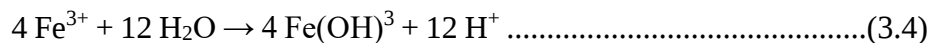
Pyrite Oxygen, Water, Ferrous Iron, Sulfate, Acidity

2. Reaksi kedua terjadi konversi dari $[Fe(II)]$ menjadi $[Fe(III)]$ yang mengkonsumsi satu mol keasamaan. Laju reaksi lambat pada $pH < 5$ dan kondisi abiotik. Bakteri thiobacillus akan mempercepat proses oksidasi.



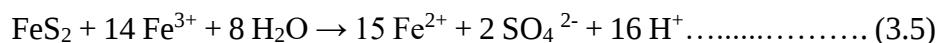
Ferrous Iron Oxygen Acidity Ferric Iron Water

3. Reaksi ketiga adalah hidrolisa dari besi. Hidrolisa adalah reaksi yang memisahkan molekul air. Tiga mol keasaman dihasilkan dari reaksi ini. Pembentukan presipitat (III) hidroksida tergantung pH, yaitu lebih banyak pada pH di atas 3,5.



Ferric Iron Water Ferric Hydroxide Acidity (yellowboy)

4. Reaksi keempat adalah oksidasi lanjutan dari pirit oleh [Fe(III)]. Ini adalah reaksi propagasi yang berlangsung sangat cepat dan akan berhenti jika pirit atau [Fe(III)] habis. Agen pengoksidasi dalam reaksi ini adalah Fe(III)].



Pyrite Ferric Iron Water Ferrous Iron Sulfate Acidity

3.3 Sumber Air Asam Tambang

Air asam tambang terjadi pada kegiatan penambangan terbuka maupun penambangan bawah tanah. Secara umum, air asam tambang terbentuk karena adanya unsur sulfur di dalam batuan yang teroksidasi secara alami dengan didukung oleh curah hujan yang tinggi. Curah hujan yang tinggi akan mempercepat perubahan oksidasi sulfur menjadi asam. Sumber-sumber yang berpotensi menghasilkan air asam tambang yaitu (Hidayat, 2017):

1. Tambang Terbuka

Lapisan batuan akan terbuka sebagai akibat dari terkupasnya lapisan penutup, sehingga unsur sulfur yang terdapat dalam batuan sulfida akan mudah teroksidasi dan bila bereaksi dengan air dan oksigen akan membentuk Air Asam Tambang.

2. Pengelolaan Batuan

Buangan Material yang banyak terdapat pada limbah kegiatan penambangan adalah batuan buangan (waste rock). Jumlah batuan buangan ini akan semakin meningkat dengan bertambahnya kegiatan penambangan. Sebagai akibatnya, batuan buangan yang banyak mengandung sulfur akan berhubungan langsung dengan udara terbuka membentuk senyawa sulfur oksida selanjutnya dengan adanya air akan membentuk Air Asam Tambang.

3. Penimbunan Batuan

Timbunan batuan yang berasal dari batuan sulfida dapat menghasilkan air asam tambang karena adanya kontak langsung dengan udara selanjutnya terjadi pelarutan akibat adanya air.

4. Pengolahan Limbah Tambang (*Tailing*)

Kandungan unsur sulfur di dalam tailing diketahui mempunyai potensi dalam membentuk Air Asam Tambang. Tetapi, pH dalam tailing pond ini biasanya sudah cukup tinggi, karena adanya penambahan kapur untuk menetralkan air limbah tersebut.

5. *Stockpile*

Bahan batubara yang dihasilkan dari proses penambangan diangkut menuju *stockpile* untuk dikumpulkan yang nantinya akan diolah dan dipasarkan. Pada proses pendistribusian, batubara biasanya akan dikecilkan terlebih dahulu (*crushing*). Pada proses penghancuran batubara ini dilakukan penyiraman oleh air untuk mengurangi debu, di mana didalam batubara ini terdapat mineral sulfida yang berpotensi menghasilkan air asam tambang.

3.4 Dampak Air Asam Tambang

Dampak Air Asam Tambang Air asam tambang menyebabkan dampak negatif terhadap lingkungan, yaitu (Febrianti, dkk. 2024).

1. Masyarakat sekitar Area Tambang

Dampak kepada masyarakat tidak dirasakan secara langsung, karena air asam yang dialirkan menuju sungai telah dilakukan pemantauan debit, pH, dan kekeruhan. Apabila terjadi pencemaran terhadap air permukaan dan biota perairan, mengakibatkan mata pencaharian masyarakat terganggu.

2. Biota Perairan

Air asam tambang menyebabkan perubahan terhadap keanekaragaman biota perairan, seperti bentos dan plankton. Bentos merupakan indikator kualitas suatu perairan. Jika kualitas suatu perairan dikatakan baik, maka jumlah bentos akan melimpah. Pada perairan yang buruk, maka bentos tidak akan mampu untuk bertahan hidup.

3. Kualitas Tanah dan Air Permukaan

Terbentuknya air asam tambang menyebabkan penurunan kualitas air permukaan dan tanah. Parameter air permukaan yang mengalami perubahan, yaitu kekeruhan, pH, sulfat, besi, dan mangan. Pertumbuhan tanaman dipengaruhi oleh ketersediaan unsur hara. Tanah yang tercemar oleh air asam, menyebabkan tanah menjadi asam dan banyak mengandung logam berat seperti besi, mangan, dan sulfat. Logam berat tersebut merupakan unsur hara mikro yang menyebabkan tanaman mati akibat keracunan jika kandungan unsur hara yang banyak. Keracunan tanaman ini ditandai dengan busuknya akar tanaman, sehingga tanaman menjadi layu dan mati.

4. Infrastruktur Bangunan

Air asam tambang dapat menyebabkan korosi terhadap bahan-bahan bangunan dan peralatan kerja tambang yang terbuat dari material besi dan aluminium. Berdasarkan uraian mengenai dampak dari terbentuknya air asam tambang, maka perlu dilakukan pengelolaan. Selain karena dampak negatif yang ditimbulkan terhadap lingkungan perairan dan air tanah, air asam tambang juga sulit untuk dihentikan setelah terbentuk kecuali jika salah satu komponennya telah habis sehingga akan menimbulkan dampak dalam jangka panjang bahkan dapat berlangsung sampai dengan ratusan tahun.

3.5 Kandungan Pencemar Pada Air Asam Tambang Batubara

Industri pertambangan batubara terbuka banyak bahan pencemar khususnya, kandungan logam berat dan beberapa senyawa toksik. Selain itu dalam kandungan batubara juga terdapat logam berat kadmium, sianida dan nitrit yang bersifat toksik terhadap lingkungan pada air permukaan. Adapun beberapa kandungan batubara adalah sebagai berikut (Kiswanto, dkk 2020).

1. Besi (Fe), Keberadaan besi pada kerak bumi menempati posisi keempat terbesar. Besi ditemukan dalam bentuk *kation ferro* (Fe^{2+}) dan *ferri* (Fe^{3+}). Pada perairan alami dengan pH sekitar 7 dan kadar oksigen terlarut yang cukup, *ion ferro* bersifat mudah larut dioksidasi menjadi *ion ferri*. Pada oksidasi ini terjadi pelepasan elektron. Pada reduksi *ferri* menjadi *ferro* terjadi penangkapan elektron.

2. Mangan (Mn), adalah kation logam yang memiliki karakteristik kimia serupa dengan besi. Mangan berada dalam bentuk *manganous* (Mn^{+2}) dan *manganik* (Mn^{3+}).
3. *Cadmium/Kadmium* (Cd), merupakan metal berbentuk kristal putih keperakan. *Kadmium* ditemukan bersama-sama dengan unsur Zn, Cu, dan Pb dalam jumlah yang kecil.
4. *Sianida* (CN^-), Bekas penambangan mengalami perubahan akibat tereksposnya lapisan batuan yang tersusun atas senyawa sulfida. Limbah pencucian batubara juga ditemukan pada zat organik dalam perairan tambang batubara mengalami pembusukan dan menimbulkan bau hasil penguraian zat organik dan senyawa lainnya seperti *sulfide*.
5. *Nitrit* (NO_2), keberadaan *nitrit* menggambarkan berlangsungnya proses biologis perombakan bahan organik di perairan, dimana *nitrogen* dalam bentuk *ammonia* dirombak oleh bakteri *nitrosomonas* menjadi *nitrit*.

3.6 Kriteria Baku Mutu Air

Baku mutu lingkungan menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2009 Tentang Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, adalah ukuran batas atau kadar makhluk hidup, zat, energi, atau komponen yang ada atau harus ada dan/atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam suatu sumber daya tertentu sebagai unsur lingkungan hidup. Baku mutu lingkungan ini berfungsi sebagai indikator untuk menentukan terjadinya pencemaran lingkungan hidup. Sedangkan Baku mutu lingkungan hidup meliputi baku mutu air, baku mutu air limbah, baku mutu air laut, baku mutu udara ambien, baku mutu emisi, baku mutu gangguan, dan baku mutu lain sesuai dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Sedangkan baku mutu air limbah batubara menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 113 Tahun 2003 tentang baku mutu air limbah bagi usaha dan atau kegiatan pertambangan batubara, adalah ukuran batas atau kadar unsur pencemar dan atau jumlah unsur pencemaran yang ditenggang keberadaannya dalam air limbah batu bara yang akan dibuang atau dilepas ke air permukaan. Berdasarkan fungsi baku mutu lingkungan, diperlukan cara untuk menentukan

terjadi atau tidaknya pencemaran dari kegiatan industri, berikut ini merupakan dua sistem baku mutu lingkungan:

1. *Effluent Standard*

Merupakan kadar maksimum limbah yang diperbolehkan untuk dibuang ke lingkungan.

2. *Stream Standard*

Merupakan batas kadar untuk sumber daya tertentu, seperti sungai, waduk, dan danau. Kadar yang diterapkan ini didasarkan pada kemampuan sumberdaya beserta sifat peruntukannya. Misalnya batas kadar badan air untuk air minum akan berlainan dengan batas kadar bagi badan air untuk pertanian.

Kegiatan pengolahan/pencucian batubara adalah proses peremukan, pencucian, pemekatan dari/atau penghilangan batuan /mineral pengotor dan atau senyawa belerang dari batubara tanpa mengubah sifat kimianya. Baku mutu air limbah Pengolahan atau Pencucian Batubara berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 113 Tahun 2003 dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Baku Mutu Air Limbah Pertambangan Batubara

No	Parameter	Satuan	Maksimum
1	pH	-	6-9
2	Residu Tersuspensi (TSS)	mg /l	200
3	Besi (Fe) total	mg / l	7
4	Mangan (Mn) total	mg / l	4

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI. Nomor 5 Tahun 2022

3.7 Kolam Pengendapan Lumpur

Kolam pengendapan merupakan elemen penting dalam sistem penyaliran tambang, memberikan kontribusi signifikan untuk menjaga keberlanjutan operasi pertambangan dan melindungi lingkungan sekitar. Sebagai *reservoir* khusus, fungsi utamanya tidak terbatas pada penampungan air tambang, melainkan juga sebagai fasilitas desain khusus untuk melakukan proses pengendapan partikel padatan yang ikut terbawa bersama air tambang.

Settling pond atau kolam pengendapan lumpur merupakan tempat yang digunakan untuk mengumpulkan air yang berada di lokasi penambangan. Biasanya untuk lokasi kolam pengendapan lumpur ini berada di elevasi terendah disuatu lokasi penambangan dan ukuran dari kolam pengendapan lumpur atau settling pond ini tergantung dari perencanaan awal sebelum dilakukannya penambangan. Kolam pengendap lumpur berfungsi sebagai tempat mengendapkan lumpur-lumpur, atau material padatan yang bercampur dari limpasan yang disebabkan adanya aktifitas penambangan maupun karena erosi. (Setianingrum, dkk. 2022).

Dengan adanya kolam pengendap lumpur diharapkan semua air yang ada keluar dari daerah penambangan benar-benar air yang sudah memenuhi ambang batas yang diizinkan sesuai dengan baku mutu lingkungan. Pemerintah telah menetapkan baku mutu air dan baku mutu limbah cair sebagai rambu-rambu dalam pengendalian kualitas air. Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI. Nomor 5 Tahun 2022 tentang Pengolahan Air Limbah Baku Mutu Air Sungai menyatakan bahwa Air merupakan sumber daya alam untuk memenuhi hajat hidup orang banyak, sehingga perlu dipelihara kualitasnya agar tetap bermanfaat bagi kehidupan manusia serta makhluk hidup lainnya. Setiap kolam pengendapan lumpur ada selalu ada 4 zona penting yang terbentuk karena proses pengendapan material padatan. Keempat zona itu adalah sebagai berikut:

1. Zona Masukan (*Inlet*) Adalah tempat masuknya aliran air berlumpur kedalam kolam pengendapan dengan anggapan campuran antara padatan dan cairan terdistribusi secara merata.
2. Zona Pengendapan Tempat dimana partikel akan mengendap, materian padatan disini akan mengalami proses pengendapan disepanjang saluran masing-masing cek dam.
3. Zona Endapan Lumpur Tempat dimana partikel padatan dalam cairan mengalami sedimentasi dan terkumpul pada bagian bawah saluran pengendap.
4. Zona Keluaran (*Outlet*) merupakan tempat keluaran buangan cairan yang jernih. Panjang zona kira-kira sama dengan kedalaman kolam pengendapan, diukur dari ujung.

3.8 Metode Pengolahan Air Asam Tambang

Prinsip utama pengelolaan air asam tambang, yaitu sebisa mungkin untuk melakukan pencegahan terhadap pembentukan air asam tambang. Hal ini dilakukan karena pada dasarnya jika air asam tambang terbentuk, maka akan sangat sulit untuk menghentikannya. Pengolahan air asam tambang dapat digolongkan menjadi dua bentuk pengolahan, yaitu (Febrianti, 2024).

1. *Active Treatment*

Active Treatment merupakan pengolahan air asam tambang yang menggunakan bahan kimia, metode ini terbukti sebagai cara yang paling efektif dalam menetralkan air asam tambang. Metode ini membutuhkan perawatan, operasi, dan pemantauan oleh manusia dengan menggunakan sumber energi eksternal, menggunakan infrastruktur, dan sistem yang direkayasa. *Active Treatment* ini terdiri dari proses netralisasi, penghilangan logam, presipitasi kimiawi, dan penghilangan sulfat secara biologi. Kapur merupakan bahan yang paling sering digunakan untuk menetralkan asam, karena kapur merupakan bahan yang mudah ditemukan, penggunaannya yang mudah, biaya yang murah, dan efektif dalam menaikkan pH. Selain kapur, penambahan tawas juga diperlukan untuk menjernihkan air asam sebelum dialirkan menuju Sungai.

2. *Passive Treatment*

Passive Treatment merupakan teknologi dengan menggunakan tumbuhan yang dapat menetralkan pH dan menghilangkan logam-logam berat terutama logam mangan (Mn) dan besi (Fe). Tumbuhan yang dapat digunakan, yaitu akar wangi (*Vetiveria Zizanioides*), kiambang (*Salvinia Natans*), tanaman tersebut memiliki efisiensi yang tinggi dalam penyerapan logam berat besi (Fe) dan mangan (Mn). *Passive treatment* tidak memerlukan intervensi, operasi, atau perawatan yang dilakukan oleh manusia secara reguler. Hal ini, karena sistem pengolahan airnya memanfaatkan sumber energi yang tersedia secara alami dengan menghilangkan kandungan logam atau keasaman secara bertahap, sehingga tidak memerlukan tenaga atau bahan kimia.

3.9 Kapur Tohor (CaO)

Kapur Tohor (*Kalium Oksida*) adalah bahan yang paling umum digunakan untuk mengolah air asam tambang, karena kapur tohor termasuk salah satu bahan kimia yang dapat meningkatkan pH secara praktis, murah dan aman, serta dapat mengurangi kandungan logam berat yang terkandung dalam air asam tambang (Amsya, dkk. 2021).

Abu terbang (*fly ash*) umumnya bersifat alkalin dialam namun pH abu terbang dapat bervariasi dari 4,5-12. Nilai pH abu terbang sebagian ditentukan oleh kandungan sulfur dalam bahan induk batubara dan kandungan sulfur dalam abu terbang. Adapun sifat-sifatnya adalah sebagai berikut:

1. Rumus molekul : CaO
2. Berat molekul : 56,0774 gr/mol.
3. Penampilan : serbuk putih sampai kuning pucat/coklat.
4. Bau : Tidak berbau.
5. Densitas : 3,34 gr/cm³.
6. Titik lebur : 2613°C, 2886 K, 4735°F.
7. Titik didih : 2850°C, 3123 K (100 hPa).
8. Kelarutan dalam air : 1,19 g/L (25°C); 0,57 g/L (100°C); reaksi eksoterm.
9. Kelarutan dalam asam : Larut (juga dalam gliserol, larutan gula)



Sumber: Penulis, 2025

Gambar 3.1 Kapur Tohor (CaO)

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Sistem Pengendalian Air Asam Tambang Pada KPL AL-14 (Taman)

Kolam Pengendap Lumpur AL 14 (Taman) merupakan salah satu KPL aktif dari 21 KPL yang terdapat di IUP Tambang Air Laya PT Bukit Asam Tbk yang dibuat pada tahun 2017. Area tangkapan air asam tambang yang ditampung mencakup beberapa sumber, umumnya berasal dari limpasan air hujan yang mengalir melalui timbunan tanah dan batuan (*overburden*). Proses ini menyebabkan unsur-unsur pembentuk asam dari material tambang yang terbuka. Selain itu, curah hujan yang langsung jatuh ke permukaan KPL juga menjadi sumber tambahan yang signifikan terhadap pembentukan air asam tambang, maka dari itu adanya *treatment* di KPL AL-14 (taman) agar menetralkan air asam yang masuk dari beberapa sumber tersebut apabila keluar ke titik penataan (sungai) sudah sesuai dengan baku mutu lingkungan yang mengacu pada Permen LHK No. 5 Tahun 2022 Tentang Pengolahan Air Limbah bagi Usaha/Kegiatan Pertambangan dengan Metode Lahan Basah Buatan yang dimana parameter pengolahan tersebut dilihat pada Tabel 4.1 dibawah ini.

Tabel 4.1 Parameter Baku Mutu Lingkungan

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu Maksimum
1	pH	-	6,0 – 9,0
2	TSS	mg/L	200
3	Fe (Besi)	mg/L	7,0
4	Mn (Mangan)	mg/L	4,0

Sumber: <https://peraturan.bpk.go.id/Details/210853/permen-lhk-no-5-tahun-2022>

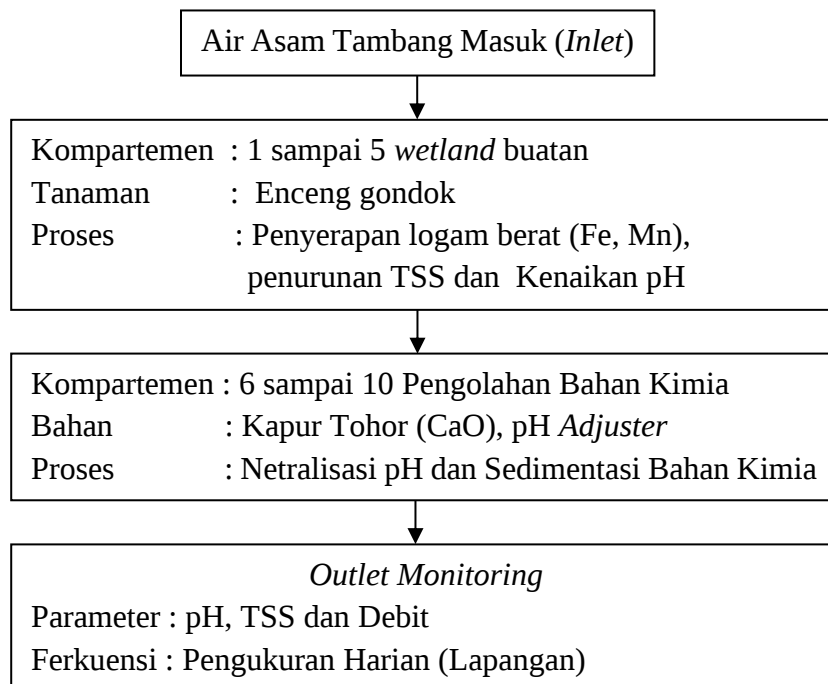
Hasil dari penelitian di lapangan menunjukkan bahwa pengendalian air asam tambang (AAT) pada Kolam Pengendapan Lumpur (KPL) AL-14 (Taman) dibagi ke dalam 10 kompartemen yang dirancang secara strategis untuk memaksimalkan proses Penetrasi air asam tambang. Sistem ini mengintegrasikan dua pendekatan utama, yaitu metode aktif dan metode pasif, yang masing-masing

memiliki fungsi dan karakteristik tersendiri dalam mengatasi kandungan asam dan logam berat dalam air tambang. Metode aktif dilakukan dengan menambahkan bahan kimia yang berfungsi langsung menetralkan keasaman air, sementara metode pasif memanfaatkan vegetasi alami. Kondisi aktual KPL AL-14. (taman) dilihat pada Gambar 4.1 dan kompartemen pada KPL AL- 14 (taman) bisa dilihat pada gambar 4.2.



Sumber: Dokumentasi Perusahaan, 2025

Gambar 4.1 Lokasi KPL AL 14 (taman)



Sumber: Penulis, 2025

Gambar 4.2 Kompartemen KPL AL-14 (Taman)

Pada kompartemen 1 sampai 5 menggunakan lahan basah buatan (*treatment wetland*) yang dimana adanya tanaman seperti eceng gondok, melalui proses ini secara tidak langsung adanya penyerapan besi dan mangan dan dapat menaikkan pH maupun menurunkan nilai TSS yang membuat air asam tambang bisa menjadi netral. Tanaman Enceng Gondok pada kompartemen 1 sampai 5 bisa dilihat pada gambar 4.3 sebagai berikut.



Sumber: Penulis, 2025

Gambar 4.3 Tanaman Eceng Gondok pada Kompartemen 1 sampai 5

Kompartemen 6 sampai 10 merupakan kolam pengendapan menggunakan bahan kimia seperti kapur tohor, dan pH *adjuster* bisa dilihat pada Gambar 4.4 berikut ini.



Sumber: penulis, 2025

Gambar 4.4 Kapur tohor dan pH *Adjuster* pada kompartemen 6 sampai 10

Pada pengamatan proses penetralan Air Asam Tambang pada PT Bukit Asam KPL AL-14 (taman) dengan melakukan pengecekan nilai pH dan TSS dan debit air pengecekan ini dilakukan setiap hari pada titik penataan *outlet*. dan untuk mengukur dalam skala bulanan dilakukan uji laboratorium.

4.2 Jumlah Ideal Penggunaan Kapur Tohor

Analisis kebutuhan kapur tohor dilakukan menggunakan hasil uji laboratorium dan lapangan bertujuan untuk menentukan kemampuan bahan kimia dalam menaikkan pH air asam tambang sedangkan pengujian skala lapangan dilakukan untuk menyesuaikan hasil laboratorium dengan kondisi nyata seperti debit air harian, fluktuasi pH *inlet*.

4.2.1 Uji Laboratorium untuk dosis kapur tohor

Pengujian sampel di *inlet* bertujuan untuk mengetahui karakteristik awal dari air asam tambang sebelum diolah. Sampel air diambil dengan kondisi air belum terjadi campuran dengan bahan kimia. Berdasarkan karakteristik air asam tambang yang di uji, maka metode pengolahannya yang tepat adalah netralisasi, koagulasi dan sedimentasi. Pengaruh penggunaan kapur tohor terhadap air asam tambang yaitu untuk menaikkan pH sesuai baku mutu lingkungan yang telah ditetapkan.

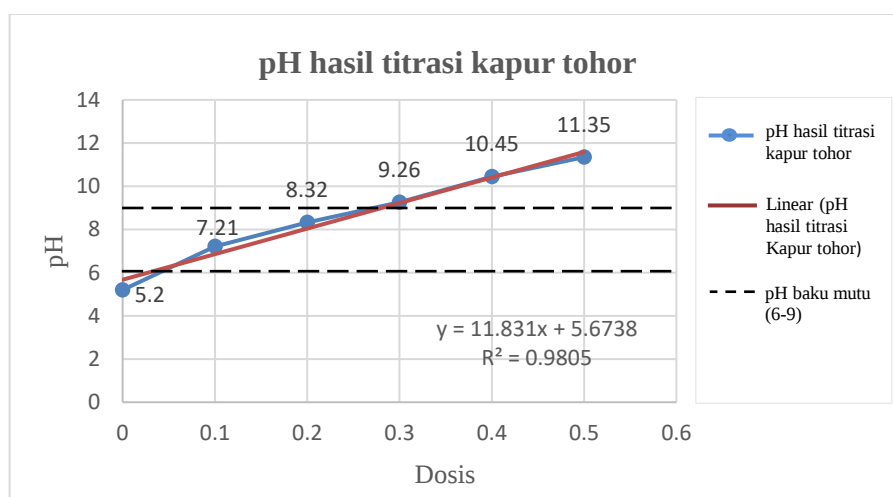
Pengujian dosis kapur tohor dilakukan dengan menggunakan metode *jar test* dengan skala penggunaan dosis kapur tohor yang berbeda yaitu dengan dosis 0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 mg/L dan sampel air sebanyak 500 ml, Hasil pengujian bisa dilihat pada Tabel 4.1 berikut ini.

Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian Kapur Tohor dengan Metode *Jar test*

Hasil Pengujian Optimum dengan Metode <i>Jar test</i>						
Uji ke	pH awal	Dosis (gr)	Hasil Titrasi Kapur Tohor			
			pH	TSS	Fe	Mn
1	5,20	0	5,20	218	0,5814	0,4138
2	5,20	0,1000	7,21	178	0,5282	0,4673
3	5,20	0,2000	8,32	148	0,4868	0,4135
4	5,20	0,3000	9,26	117	0,3654	0,3840
5	5,20	0,4000	10,45	95	0,2757	0,3146
6	5,20	0,5000	11,35	78	0,1276	0,2813

Sumber: Penulis, 2025

Berdasarkan hasil pengujian laboratorium terhadap sampel air *inlet* pada KPL AL-14 (Taman), diperoleh bahwa nilai pH dan TSS yang dihasilkan secara umum tidak berada dalam kisaran baku mutu lingkungan yang ditetapkan. Oleh karena itu, untuk memperkirakan kebutuhan aktual di lapangan yang ideal dibutuhkan data perhitungan menggunakan hasil dari pengujian sampel dengan nilai pH awal 5,20 yang dimana nilai pH awal tidak memenuhi baku mutu lingkungan. Dari pH awal 5,20 serta hasil pengujian dosis didapat grafik hubungan antara dosis kapur tohor terhadap nilai pH dan TSS tertera pada Gambar 4.2 dan 4.3 dibawah ini.



Sumber: penulis, 2025

Gambar 4.5 Hubungan Dosis kapur tohor terhadap kenaikan pH (AAT)

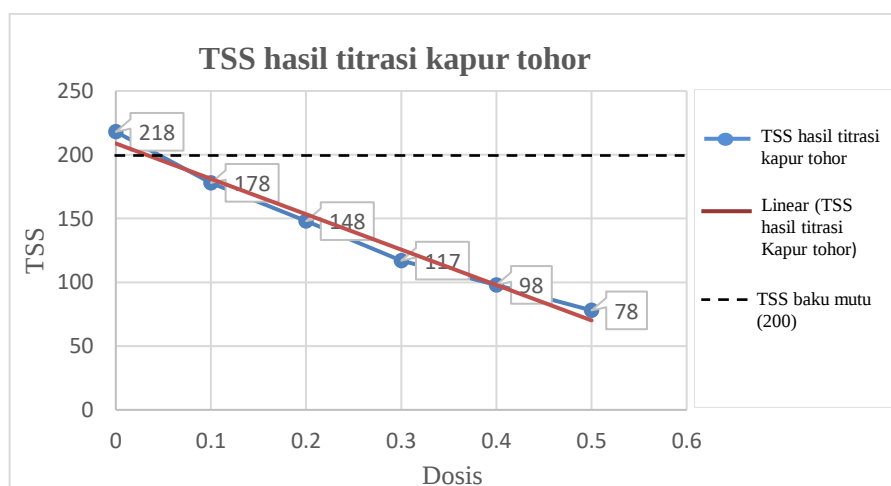
Berdasarkan hasil grafik hubungan antara dosis kapur tohor dengan pH air asam tambang, diketahui bahwa hubungan antara tingkat kenaikan pH dengan dosis kapur mendapatkan persamaan linear yaitu $y = 11,831 x + 5,6738$ Variabel y merupakan nilai pH dan variabel X merupakan dosis kapur yang dibutuhkan. Berdasarkan persamaan linear yang diperoleh bahwa X dan y berbanding lurus, semakin meningkatnya dosis kapur tohor semakin meningkat pula kenaikan pH dari penetralan. Untuk mengetahui kualitas persamaan linear dapat dilihat dari nilai kekuatan hubungan (R) dan regresi nilai tersebut. Nilai hubungan kekuatan (R) diketahui $R^2 = 0.9805$ berarti pengaruh kekuatan hubungan antara kenaikan pH dengan penambahan berbagai varian kapur tohor (CaO) sangat kuat.

Dosis kapur tohor yang dibutuhkan untuk menaikkan nilai pH awal 5,20 ke nilai pH 7-10 berdasarkan persamaan regresi linear diatas adalah.

1. Untuk pH 7: $x = \frac{7-5,673}{11,831} = \frac{1,327}{11,831} = 0,1121$ gr/liter
2. Untuk pH 8: $x = \frac{8-5,673}{11,831} = \frac{2,327}{11,831} = 0,1966$ gr/liter
3. Untuk pH 9: $x = \frac{9-5,673}{11,831} = \frac{3,327}{11,831} = 0,2812$ gr/liter
4. Untuk pH 10: $x = \frac{10-5,673}{11,831} = \frac{4,327}{11,831} = 0,3657$ gr/liter

Berdasarkan hasil perhitungan di atas maka terlihat kebutuhan dosis kapur tohor yang dibutuhkan agar pH air asam tambang dapat memenuhi baku mutu lingkungan sesuai dengan permen nomor 5 tahun 2022 dengan nilai pH 6-9. Maka dari persamaan regresi linier sesuai baku mutu berkisar antara 0,1121 gr/liter hingga 0,2812 gr/liter yang dimana hasil ini sesuai dengan hasil penelitian. Melalui penelitian ini dapat mengetahui pengendalian pH berapa ukuran yang akurat sesuai baku mutu lingkungan.

Penggunaan Kapur tohor terhadap air asam tambang tidak hanya berpengaruh terhadap nilai pH nya saja, yang dimana penggunaan kapur tohor juga berpengaruh terhadap nilai TSS, pengaruh kapur tohor terhadap nilai TSS dapat dilihat pada gambar grafik 4.3 dibawah ini.



Sumber: penulis, 2025

Gambar 4.6 Hubungan Dosis kapur tohor terhadap kenaikan TSS (AAT)

Berdasarkan gambar grafik diatas menunjukkan pengaruh kapur tohor terhadap penurunan nilai TSS, meski hubungan antara dosis dan penurunan TSS tidak terlalu berpengaruh secara signifikan, namun pemberian dosis kapur tohor 0,1000 sudah cukup untuk menurunkan nilai TSS yang awalnya 218 mg/L menjadi 178 mg/L yang dimana hasil tersebut telah memenuhi standar baku mutu lingkungan. Namun, ketika dosis kapur tohor dinaikkan hingga 0,5 gr/L, TSS turun drastis menjadi hanya 78 mg/L. Secara teknis, ini menunjukkan bahwa dosis kapur tohor yang lebih tinggi berpotensi mempercepat proses koagulasi dan sedimentasi sehingga meningkatkan efektivitas penurunan padatan tersuspensi dalam air tambang. Meskipun pemberian dosis kapur tohor yang lebih tinggi menunjukkan penurunan nilai TSS yang lebih signifikan seperti terlihat pada dosis 0,5 gr/L yang mampu menurunkan TSS dari 218 mg/L menjadi 78 mg/L penggunaan dosis ini tidak ideal karena menyebabkan peningkatan pH air yang melebihi ambang batas baku mutu lingkungan. Dengan mempertimbangkan aspek efisiensi teknis dan kesesuaian terhadap regulasi, maka dosis 0,1000 gr/L dinilai sebagai alternatif yang optimal.

4.2.2 Perhitungan Kapur Tohor Secara Aktual di Lapangan

Proses pengapuran dilakukan pada saat pH menurun, setiap jam *outlet* di pantau untuk mengetahui pH turun atau tidak, apabila pH itu turun *treatment* pengapuran dilakukan supaya air asam tambang netral kembali sesuai baku mutu lingkungan. Proses pengapuran dapat dilihat pada gambar 4.4 dibawah ini.



Sumber: penulis, 2025

Gambar 4.7 proses pengapuran.

Penentuan banyaknya penggunaan kapur tohor ideal per-harinya dilapangan didapatkan dengan mengalikan dosis kapur tohor secara laboratorium yaitu 0,1121 gr/liter dengan debit total KPL AL-14 (Taman). Untuk mengetahui penggunaan kapur tohor yang terpakai.

Tabel 4.3 pH Air Asam Tambang Pada Saluran *Inlet-Outlet* dan Debit

No	Tanggal	<i>Inlet</i>	<i>Outlet</i>	Debit m ³ /s
1	17 Mei 2025	5,25	7,78	0,627
2	18 Mei 2025	5,47	7,44	0,497
3	19 Mei 2025	5,15	7,53	0,513
4	20 Mei 2025	5,10	7,58	0,513
5	21 Mei 2025	5,20	7,61	0,513
6	22 Mei 2025	5,12	7,54	0,194
7	23 Mei 2025	5,78	7,35	0,194
8	24 Mei 2025	5,30	7,98	0,369
9	25 Mei 2025	5,00	7,72	0,625
10	26 Mei 2025	5,00	7,81	1,033
11	27 Mei 2025	5,10	7,52	0,627
12	28 Mei 2025	5,00	7,46	0,625
13	29 Mei 2025	5,10	7,74	0,625
14	30 Mei 2025	5,00	7,00	0,169
15	31 Mei 2025	5,20	7,69	0,120
16	1 Juni 2025	5,32	7,26	0,319
17	2 Juni 2025	5,50	7,45	0,319
18	3 Juni 2025	5,55	7,63	0,319
19	4 Juni 2025	5,10	7,38	0,497
20	5 Juni 2025	5,15	7,80	0,485
21	6 Juni 2025	5,20	7,83	0,497
22	7 Juni 2025	5,45	7,60	0,319
23	8 Juni 2025	5,58	7,58	0,194
24	9 Juni 2025	5,21	7,54	0,219
25	10 Juni 2025	5,55	7,89	0,194
26	11 Juni 2025	5,93	7,89	0,243
27	12 Juni 2025	5,78	7,07	0,243
28	13 Juni 2025	5,25	7,06	0,120
29	14 Juni 2025	5,23	7,19	0,096
30	15 Juni 2025	5,67	7,67	0,293
Rata-rata		5,31	7,55	0,387

Sumber: Data Perusahaan, 2025

Berdasarkan hasil rata-rata debit aliran air yang masuk ke KPL selama periode 17 mei – 15 Juni 2025 tercatat sebesar 0,387 m³/s, kondisi air asam tambang yang masuk ke KPL AL-14 (Taman) menunjukkan nilai rata- rata pH awal sebesar 5,31 yang dimana nilai pH tersebut belum memenuhi standar baku mutu lingkungan sesuai Permen LHK No. 5 Tahun 2022, sehingga diperlukan tindakan pengapuran.

Berdasarkan hasil pengujian laboratorium dosis ideal kapur tohor yang dibutuhkan untuk menaikkan pH air dari 5,20 ke kisaran pH netral (6–9) telah didapatkan sebesar 0,1121 gr/L yang dimana nilai ini didapatkan dari hasil perhitungan persamaan regresi linier dosis kapur tohor, dosis ini digunakan sebagai dasar untuk menghitung kebutuhan aktual di lapangan, dengan mempertimbangkan debit air yang masuk.

Tabel 4.4 Data perhitungan ideal kapur tohor berdasarkan data aktual lapangan

Parameter	Nilai	Keterangan
pH <i>Inlet</i>	5,20	pH awal air asam tambang
Debit air	0,387 m ³ /s	Volume aliran air
Dosis ideal kapur tohor	0,1121 gr/L	hasil regresi dari uji laboratorium
Berat 1 karung kapur	30 kg	Kapur tohor dikemas per karung

Sumber: Penulis, 2025

Jadi kebutuhan kapur tohor adalah:

$$\begin{aligned}
 \text{Dosis lapangan} &= \text{dosis labor} \times \text{debit (L/hari)} \\
 &= 0,1121 \text{ gr/L} \times 0,387 \text{ m}^3/\text{s} \\
 &= 0,0433 \text{ kg/s} \\
 &= 0,0433 \times 3.600 \\
 &= 156,1777 \text{ kg/jam} \\
 &= 156,1777 : 30 \text{ kg (1 karung kapur tohor)} \\
 &= 5,2 \text{ karung/hari}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan dosis ideal untuk aktual lapangan yang diperoleh dosis kapur tohor yang dibutuhkan 0,1121 gr/L dengan dengan debit,0,387 m³/s. Sehingga kebutuhan kapur tohor untuk menaikkan pH air asam tambang yaitu sebesar 156,1777 kg/jam jika dikonversikan dalam jumlah karung dengan 1 karung kapur tohor bekisar 30 kg, maka kebutuhan kapur tohor sejumlah 5 karung/hari.

Namun, pada tanggal 21 Mei 2025 saat mengujian sampel dilakukan di laboratorium serta hasil data penggunaan kapur tohor berdasarkan data aktual di lapangan, pemakaian kapur tohor tercatat sebanyak 11 karung, atau sekitar 330 kg/jam, menunjukkan bahwa penyesuaian dosis dilakukan lebih tinggi dari perhitungan laboratorium yang tertera pada tabel 4.5 dibawah ini.

Tabel 4.5 Kebutuhan Kapur Tohor pada tanggal 17 mei - 15 juni 2025

No	Tanggal	Jumlah Kapur Tohor (Karung)	Jumlah Actual (kg/jam)
1	17 Mei 2025	17	510
2	18 Mei 2025	4	120
3	19 Mei 2025	12	360
4	20 Mei 2025	8	240
5	21 Mei 2025	11	330
6	22 Mei 2025	7	210
7	23 Mei 2025	8	240
8	24 Mei 2025	5	150
9	25 Mei 2025	18	540
10	26 Mei 2025	35	1.050
11	27 Mei 2025	8	240
12	28 Mei 2025	8	240
13	29 Mei 2025	8	240
14	30 Mei 2025	11	330
15	31 Mei 2025	4	120
16	1 Juni 2025	5	150
17	2 Juni 2025	10	300
18	3 Juni 2025	5	150
19	4 Juni 2025	5	150
20	5 Juni 2025	7	210
21	6 Juni 2025	25	750
22	7 Juni 2025	18	540
23	8 Juni 2025	10	300
24	9 Juni 2025	10	300
25	10 Juni 2025	6	180
26	11 Juni 2025	9	270
27	12 Juni 2025	8	240
28	13 Juni 2025	6	180
29	14 Juni 2025	7	210
30	15 Juni 2025	5	150
Rata- rata		10	265

Sumber: Data Perusahaan, 2025.

4.3 Menghitung biaya kapur tohor yang ideal dan pemakaian aktual lapangan

Perhitungan biaya ideal penggunaan kapur tohor dilakukan berdasarkan hasil uji laboratorium dengan jumlah sebesar 156 kg/jam yang dimana hasil ini sudah cukup untuk menaikkan pH yang awalnya 5,20 menjadi 7,00 yang dimana nilai ini telah memenuhi rentan baku mutu lingkungan (6-9) sehingga dapat dilakukan perhitungan terhadap kebutuhan kapur tohor dan biaya yang harus dikeluarkan. Berikut perhitungannya:

$$\begin{aligned}
 \text{Dosis CaO} &= 156 \text{ kg/jam} \times 24 \text{ jam} \\
 &= 3.744 \text{ kg/hari} \\
 \text{Harga 1kg} &= \text{Rp.2000} \\
 \text{Biaya CaO/hari} &= 3.744 \text{ kg/hari} \times \text{Rp.2000} \\
 &= \text{Rp.7.488.000/hari} \\
 &= \text{Rp.7.488.000/hari} \times 30 \text{ hari} \\
 &= \text{Rp.224.640.000/bulan}
 \end{aligned}$$

Jadi perkiraan biaya kapur tohor perbulan bisa sebesar **Rp.224.640.000/bulan**

Dosis kapur tohor dari hasil rata- rata penggunaan kapur tohor per bulanya berjumlah sebesar 265 kg/jam. Sehingga dapat dilakukan perhitungan terhadap kebutuhan kapur tohor dan biaya yang harus dikeluarkan. Berikut perhitungannya:

$$\begin{aligned}
 \text{Dosis CaO} &= 265 \text{ kg/Jam} \times 24 \text{ jam} \\
 &= 6.360 \text{ kg/hari} \\
 \text{Harga 1kg} &= \text{Rp. 2000} \\
 \text{Biaya CaO/hari} &= 6.360 \text{ kg/hari} \times \text{Rp.2000} \\
 &= \text{Rp.12.720.000/hari} \\
 &= \text{Rp.12.720.000/hari} \times 30 \\
 &= \text{Rp.381.600.000/bulan}
 \end{aligned}$$

Jadi perkiraan biaya kapur tohor perbulan bisa sebesar **Rp.381.600.000/bulan**

Berdasarkan perhitungan kebutuhan kapur tohor ideal sebesar 156 kg/jam dan biaya Rp.224.640.000/bulan. Sementara itu, pemakaian aktual di lapangan sebesar 265 kg/jam dengan total biaya mencapai Rp.381.600.000/bulan. Dengan demikian, terdapat selisih biaya sebesar Rp.156.960.000/bulan.

4.4 Faktor Yang Mempengaruhi Jumlah Penggunaan Kapur Tohor Setiap Harinya

Berdasarkan faktor pengaruh air asam tambang pada pengapuran kapur tohor terdapat berbeda-beda setiap harinya. Hal tersebut merupakan faktor alami yang mempengaruhi secara langsung pengapuran, seperti curah hujan, aliran *run off* dan aktivitas mikroorganisme.

4.4.1 Curah Hujan

Curah hujan merupakan faktor eksternal yang berpengaruh langsung terhadap kebutuhan kapur tohor dalam proses penetralan air asam tambang. Intensitas hujan yang tinggi menyebabkan menurunkan pH air secara signifikan. Oleh karena itu, semakin tinggi curah hujan, maka volume dan frekuensi pengapuran kapur tohor juga cenderung meningkat. Air hujan yang masuk langsung ke KPL dan air limpasan dari area timbunan *overburden* yang mengandung mineral *sulfida*. Ketika air hujan melarutkan *pirit* (FeS_2) dan senyawa *sulfida* lainnya, terjadi reaksi *oksidasi* yang menghasilkan asam *sulfat* (H_2SO_4), sehingga menurunkan pH air secara signifikan. Selain itu, peningkatan volume air akibat hujan menyebabkan pengenceran kapur tohor yang telah ditambahkan, sehingga efektivitas netralisasi menurun apabila dosis tidak disesuaikan.

Curah hujan di daerah TAL (Tambang Air Laya) dapat diketahui dengan menggunakan data curah hujan harian selama 1 bulan terakhir. Hal ini bisa mengetahui berapa jumlah pengapuran dilakukan perharinya dan kenapa pengapuran berbeda setiap harinya. Bisa di lihat Tabel 4.6 dibawah ini.

Tabel 4.6 Data Curah Hujan Perusahaan 2025

Lokasi	1-22 Juni		
	Curah Hujan (mm)	Jam Hujan (Jam)	Hari Hujan (hari)
Tambang Air Laya - TSBC	147,47	30.97	15,00
Tambang Air Laya – TAL Utara/Mahayung I	123,83	32.12	16,00
Tambang Air Laya - TAL Utara/Mahayung II	123,83	32.12	16,00
Muara Tiga Besar - MTBU	100,18	33.27	13,00
Muara Tiga Besar - MTBS	100,18	33.27	13,00

Sumber: Data perusahaan, 2025

Intesitas curah hujan adalah perbandingan antara kenaikan limpasan air hujan terhadap lamanya waktu kejadian pada suatu daerah. Intesitas curah hujan berpengaruh besar terhadap model kolam pengendapan lumpur (*settling pond*).

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh intensitas curah hujan untuk priode 1 sampai 22 juni rata-rata sebesar 8,15 mm/hari dan frekuensi hujan mencapai 15–16 hari dalam sebulan. Pada hari-hari dengan curah hujan tinggi, seperti 17 Mei dan 25 Mei, tercatat penggunaan kapur tohor sebesar 17 dan 18 karung/hari. Sebaliknya, pada hari-hari dengan curah hujan rendah, seperti 18 Mei dan 31 Mei, penggunaan kapur menurun drastis menjadi hanya 4 karung/hari. Hal ini menunjukkan bahwa intensitas hujan berkorelasi langsung dengan kebutuhan kapur tohor untuk menjaga pH air tetap dalam kisaran baku mutu (6–9).

4.4.2 Aliran *Run Off*

Aliran *run off* merupakan limpasan air hujan yang mengalir di atas permukaan tanah dan tidak terserap ke dalam tanah mengakibatkan peningkatan debit air pada kolam pengendapan lumpur yang tertera pada gambar 4.5 dibawah ini.



Sumber: Penulis, 2025

Gambar 4.8 Aliran *Run Off*

Limpasan ini mengalir dari area timbunan dan permukaan tanah membawa lumpur, batu, dan partikel sedimen dan logam berat menuju kolam pengendapan lumpur (KPL). Kandungan pencemar tersebut dapat memperburuk kualitas air dan menurunkan nilai pH, sehingga mempengaruhi kebutuhan kapur tohor untuk proses penetralan.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan mengenai pengendalian air asam tambang menggunakan kapur tohor (CaO) pada KPL AL-14 (taman), dapat disimpulkan bahwa:

1. Pengendalian air asam tambang (AAT) di KPL AL-14 dilakukan dengan pendekatan gabungan metode aktif dan pasif. Sistem ini terdiri dari 10 kompartemen, dengan kompartemen 1–5 menggunakan *wetland* buatan (tanaman seperti eceng gondok) yang efektif menyerap logam berat, dan kompartemen 6–10 menggunakan Kapur Tohor (CaO), secara aktif untuk menetralkan pH air asam tambang.
2. Berdasarkan uji laboratorium menggunakan metode *jar test*, dosis ideal kapur tohor untuk menaikkan pH dari 5.20 ke rentang baku mutu (6–9) berada antara 0,1121 gr/L – 0,2812 gr/L. Sedangkan jika di konversikan ke skala lapangan jumlah ideal penggunaan kapur tohor (CaO) sebesar ± 5 karung/hari
3. Penggunaan kapur tohor untuk pengendalian air asam tambang di KPL AL-14 idealnya sekitar 150 kg/jam atau ± 5 karung/hari dengan estimasi biaya Rp. 216.000.000/bulan, namun pemakaian aktual mencapai 265 kg/jam atau ± 10 karung/hari, menyebabkan pembengkakan biaya hingga Rp.381.600.000/bulan oleh karena itu selisih biaya mencapai Rp.120.600.000/bulan.
4. Faktor yang dapat mempengaruhi jumlah penggunaan kapur tohor setiap harinya pada KPL AL-14 (taman) adalah curah hujan, aliran *run off*. Intensitas hujan yang tinggi menurunkan pH secara drastis sehingga membutuhkan dosis netralisasi yang lebih besar.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran sebagai berikut

1. Untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi pengolahan Air Asam Tambang pada KPL AL 14 (taman) Pengembangan sistem monitoring otomatis (*real-time*) terhadap parameter pH, debit aliran air asam tambang di KPL sangat disarankan sebagai langkah strategis dalam meningkatkan efektivitas pengolahan serta efisiensi operasional. Dengan adanya sistem ini, tim pengelola lingkungan dapat memantau kualitas air secara langsung dan melakukan penyesuaian dosis kapur tohor secara presisi sesuai kebutuhan aktual.
2. Hasil pengujian laboratorium dengan metode *jar test* menunjukkan efektivitas kapur tohor (CaO) dalam menaikkan pH air asam tambang hingga mencapai rentang baku mutu lingkungan. Oleh karena itu, disarankan agar hasil pengujian ini tidak hanya dijadikan acuan teoritis, tetapi juga diterapkan secara bertahap di lapangan. Pendekatan bertahap ini penting untuk memastikan bahwa dosis yang digunakan benar-benar sesuai dengan kondisi aktual seperti debit air, pH *inlet*.
3. Penerapan Sistem *Blending* disarankan agar unit pengolahan AAT dilengkapi dengan sistem pencampur otomatis (*blending system*) yang mampu mengaduk dan mengalirkan kapur tohor secara otomatis, berdasarkan data debit pH air secara *real time*. Hal ini penting untuk menghindari kelebihan dosis yang menyebabkan pemborosan bahan dan biaya.

DAFTAR PUSTAKA

- Adifa, Ditacheryn., dan Siti, F. R. 2022. Analisis Efisiensi dan Evaluasi Operating and Maintenance Unit Pengolahan Air Asam Tambang di KPL AL-01 IUP TAL, PT. Bukit Asam Tbk. Universitas Riau.
- Amsya R M, Rizto S Z, Muhammad R F., (2021) Analisis Pengaruh Penggunaan FLY dan Kapur Tohor pada Penetralan PH Air asam Tambang di PT Mandiingin Bara Prima. Jurnal Sains dan Teknologi Vol.21 No. 1, juni 2021.
- Febrianti, M., Pratiwi, Y., & Yovanda, R., (2024). Analisis Pengelolaan Air Asam Tambang Pada Kolam Pengendap Lumpur Kpl Al-01 Cik Ayib Site Tambang Air Laya Pt Bukit Asam Tbk Tanjung Enim Sumatera Selatan. *Unpra Engineering Journal*, (4), 5.
- Hidayat, Luthfi.2017. Pengelolaan Lingkungan Areal Tambang Batubara (Studi Kasus Pengelolaan Air Asam Tambang (Acid Mining Drainage) di PT. Bhumi Rantau Energi Kabupaten Tapin Kalimantan Selatan). ADHUM,7.
- Kiswanto, Wintah, Nur L R., (2020) Analisis Logam Berat (Mn, Fe, Cd) SIANIDA dan NITRIT pada Air Asam Tambang BatuBara. Jurnal LITBANG Pekalongan Vol. 18 No. 1 Tahun 2020
- Nortoris, Adnyano, dan Sumarjono. (2020) Kajian Teknis Pencegahan dan Penanganan Air Asam Tambang pada Penambangan Batubara PT Kayan Putra Utama Coal site Separi. *Minning Insight*, 1.
- Sari, E., Pratiwi, Y., & Nursani, R. (2024). Proses Pengolahan Air Asam Tambang Metode Aktif Pasif di PT Bukit Asam, Tanjung Enim, Sumatera Selatan. *Unpra Engineering Journal*, 1(1), 15-18.
- Saptawartono, Ferra M, Yunida L, Neny F, Sena M, IsainYakub R., (2024) Pengelolaan dan Pengendalian Air Asam Tambang Pada Kegiatan Pertambangan Batubara. Jurnal Teknik Pertambangan (JTP) Vol. 24, No. 1 Februari 2024
- Setianingrum N, Ririn Y., (2020) Evaluasi kolam pengendapan lumpur (SP 10) terhadap debit air pompa yang masuk (Studi kasus: PT Trisensa Mineral Utama, Tani Aman Kalimantan Timur). Jurnal Indonesia Mining and Energy, Vol 3. No 2. November 2020.
- Tuheturu E J, Suliestyah, Mohamad W F., (2021) Pengolahan Air Asam Tambang menggunakan Karbon aktif Batubara dengan Variasi berat Skala Laboratorium. Fakultas Teknologi Kebumian dan Energi, Februari, 2021
- Wahyudin I, Sri W, Arif N., (2018) Analisis Penanganan Air Asam Tambang BatuBara. Jurnal Geomine, Vol. 6 No. 2 Agustus 2018.

LAMPIRAN

Lampiran A. Daftar Harga Kapur Tohor (CaO) PT Bukit Asam Tbk

Tabel.A.1. Daftar Harga Kapur Tohor PT Bukit Asam Tbk

No	Kapur Tohor	Harga
1	Harga Perkarung 30 kg	Rp.60.000
2	Harga (kg)	Rp.2000

Lampiran B. Dokumentasi Lapangan



Gambar. B.1. Pengambilan Air Asam Tambang untuk pengujian *jar test*



Gambar.B.2. Pengukuran pH pada saluran *Inlet*



Gambar.B.3 Pengukuran TSS pada saluran *Inlet*



Gambar.B.4 titik penataan *outlet*