EVALUASI PENGGUNAAN KAPUR TOHOR DALAM PROSES NETRALISASI AIR ASAM TAMBANG DI KOLAM PENGENDAPAN LUMPUR *PIT* BARAT PT LEMATANG COAL LESTARI *SITE* CAKRA BUMI ENERGI

TUGAS AKHIR

ABEL MATTHEW NATHANAEL
2023310016

PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PRABUMULIH
2026

EVALUASI PENGGUNAAN KAPUR TOHOR DALAM PROSES NETRALISASI AIR ASAM TAMBANG DI KOLAM PENGENDAPAN LUMPUR *PIT* BARAT PT LEMATANG COAL LESTARI *SITE* CAKRA BUMI ENERGI

Diajukan Sebagai Syarat Menyelesaikan Tugas Akhir Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Prabumulih

ABEL MATTHEW NATHANAEL
2023310016

Dosen Pembimbing:
Reni Arisanti, S.T., M.T.
Ahmad Husni, S.T., M.T.

PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PRABUMULIH
2026

HALAMAN PENGESAHAN

EVALUASI PENGGUNAAN KAPUR TOHOR DALAM PROSES NETRALISASI AIR ASAM TAMBANG DI KOLAM PENGENDAPAN LUMPUR *PIT* BARAT PT LEMATANG COAL LESTARI *SITE* CAKRA BUMI ENERGI

LAPORAN TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Syarat Menyelesaikan Tugas Akhir Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Prabumulih

Oleh:

ABEL MATTHEW NATHANAEL

2023310016

Prabumulih, 16 Juli 2026

Pembimbing I	Pembimbing II
Reni Arisanti, S.T., M.T.	**Ahmad Husni, S.T., M.T.**
NUPTK. 1439755655300002	**NUPTK. 6338747650200003**

Ketua Program Studi
Teknik Pertambangan

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

HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas Akhir berupa laporan Tugas Akhir ini dengan judul "Evaluasi Penggunaan Kapur Tohor Dalam Proses Netralisasi Air Asam Tambang Di Kolam Pengendapan Lumpur *Pit* Barat PT Lematang Coal Lestari *Site* Cakra Bumi Energi" telah di pertahankan di hadapan Tim Penguji Tugas Akhir Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik, Universitas Prabumulih pada hari kamis, 16 Juli 2026.

Prabumulih, 16 Juli 2026

Tim Penguji Tugas Akhir

Ketua :

1. Reni Arisanti, S.T., M.T.
   NUPTK. 1439755655300002

Anggota :

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

3. Suhardiman Gumanti, S.T., M.T.
   NUPTK. 7553748650200002

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik

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

Ketua Program Studi
Teknik Pertambangan

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

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : ABEL MATTHEW NATHANAEL

NIM : 2023310016

Program Studi : Teknik Pertambangan

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



Prabumulih, 16 Juli 2026

Yang membuat pernyataan,



Materai
Rp. 10.000,

ABEL MATTHEW NATHANAEL

NIM. 2023310016

ABSTRAK

EVALUASI PENGGUNAAN KAPUR TOHOR DALAM PROSES NETRALISASI AIR ASAM TAMBANG DI KOLAM PENGENDAPAN LUMPUR *PIT* BARAT PT LEMATANG COAL LESTARI *SITE* CAKRA BUMI ENERGI

Abel Matthew Nathanael, 2023310016, 2026

Air asam tambang merupakan salah satu dampak kegiatan penambangan batubara yang ditandai dengan nilai pH rendah sehingga memerlukan pengolahan sebelum dialirkan ke badan air. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pH air asam tambang pada *inlet* dan *outlet* kolam pengendapan lumpur (KPL) *Pit* Barat PT Lematang *Coal* Lestari *Site* cakra bumi energi (CBE), menghitung dosis kapur tohor (CaO) yang diperlukan dalam proses netralisasi, serta mengevaluasi penggunaan kapur tohor di lapangan. Penelitian dilakukan melalui pengukuran pH, uji *jar test*, analisis *SPSS* untuk menentukan dosis optimum, dan perhitungan kebutuhan kapur berdasarkan debit air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pH *inlet* berkisar antara 4,93–5,22 dengan rata-rata 5,10, sedangkan pH *outlet* berkisar antara 6,02–6,15 dengan rata-rata 6,09 sehingga telah memenuhi baku mutu sesuai Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021. Dosis optimum kapur tohor yang diperoleh dari hasil analisis SPSS sebesar 0,19 gr/L. Berdasarkan hasil evaluasi, penggunaan kapur tohor di lapangan masih berbeda dengan kebutuhan hasil perhitungan, namun proses netralisasi yang diterapkan mampu meningkatkan pH air asam tambang hingga memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan.

Kata Kunci: Air Asam Tambang, Kapur Tohor (CaO), *Jar Test*, pH, SPSS.

ABSTRACT

EVALUATION OF THE USE OF QUICKLIME (CaO) IN THE NEUTRALIZATION PROCESS OF ACID MINE DRAINAGE AT THE SEDIMENTATION POND PIT BARAT PT LEMATANG COAL LESTARI SITE CAKRA BUMI ENERGI

Abel Matthew Nathanael, 2023310016, 2026

Acid mine drainage (AMD) is one of the environmental impacts of coal mining activities, characterized by low pH values that require treatment before being discharged into receiving water bodies. This study aims to determine the pH of acid mine drainage at the inlet and outlet of the Sedimentation Pond Pit Barat of PT Lematang *Coal* Lestari *Site* cakra bumi energi, *calculate the required quicklime (CaO) dosage for the neutralization process, and evaluate the application of quicklime in the neutralization of acid mine drainage. The research was conducted through pH measurements,* jar test *experiments, SPSS analysis to determine the optimum quicklime dosage, and calculations of quicklime requirements based on water discharge. The results showed that the inlet pH ranged from 4.93 to 5.22 with an average of 5.10, while the outlet pH ranged from 6.02 to 6.15 with an average of 6.09, indicating that the treated water met the wastewater quality standards stipulated in Government Regulation of the Republic of Indonesia Number 22 of 2021. The optimum quicklime dosage obtained from the SPSS analysis was 0.19 g/L. The evaluation results indicated that the actual application of quicklime in the field differed from the calculated requirement. However, the neutralization process was able to increase the pH of acid mine drainage to comply with the applicable wastewater quality standards.*

Keywords: *acid mine drainage, quicklime (CaO),* jar test, *pH, SPSS.*

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 "Evaluasi Penggunaan Kapur Tohor Dalam Netralisasi Air Asam Tambang Di Kolam Pengendapan Lumpur *Pit* Barat PT Lematang Coal Lestari *Site* Cakra Bumi Energi".

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. Ibu Dr. Yuniar Pratiwi, S.Si., M.Si. selaku Rektor Universitas Prabumulih.
2. Bapak Dr. Ir. Aris Susilo, S.T., M.T., IPM. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Prabumulih.
3. Bapak Ridho Yovanda, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Pertambangan.
4. Ibu Reni Arisanti, S.T., M.T sebagai pembimbing I
5. Bapak Ahmad Husni, S.T., M.T sebagai pembimbing II
6. Bapak Suhardiman Gumanti, S.T., M.T. sebagai Tim Penguji.
7. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Prabumulih.
8. Bapak/Ibu staf administrasi Fakultas Teknik Universitas Prabumulih.
9. Kepala Teknik Tambang, Pimpinan, dan seluruh Staf PT Lematang Coal Lestari *Site* Cakra Bumi Energi yang telah memberikan izin dan membantu untuk melakukan penelitian.
10. Kedua orang tua serta keluarga yang selalu memberikan semangat dan doa.
11. Rekan-rekan mahasiswa Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Prabumulih khususnya angkatan 2023 serta semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

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, 16 Juli 2026

ABEL MATTHEW NATHANAEL

2023310016

DAFTAR ISI

halaman

HALAMAN JUDUL DALAM ..... **ii**

HALAMAN PENGESAHAN ..... **iii**

HALAMAN PERSETUJUAN ..... **iv**

HALAMAN PERSYARATAN INTEGRITAS ..... **v**

ABSTRAK ..... **vi**

ABSTRACT ..... **vii**

KATA PENGANTAR ..... **viii**

DAFTAR ISI ..... **x**

DAFTAR TABEL ..... **xii**

DAFTAR GAMBAR ..... **xiii**

DAFTAR LAMPIRAN ..... **xiv**

DAFTAR SINGKATAN ..... **xv**

BAB I PENDAHULUAN. **1**

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah 2

1.3 Batasan Masalah 2

1.4 Tujuan Penelitian 3

1.5 Manfaat Penelitian 3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA **4**

2.1 Deskripsi Lokasi Penelitian 4

2.2 Landasan Teori 6

2.2.1 Air Asam Tambang dan Reaksi Pembentukan AAT 6

2.2.2 Karakteristik Kimia Air Asam Tambang 7

2.2.3 Parameter dan Baku Mutu Pengelolaan (AAT) 9

2.2.4 Kolam Pengendapan Lumpur 10

2.2.5 Kapur Tohor (CaO) dalam Pengolahan AAT 11
2.2.6 Perhitungan Dosis Kapur Tohor (CaO) 12
BAB III METODE PENELITIAN 13
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian 13
3.2 Tahapan Penelitian 13
3.3 Bagan Alir Penelitian 16
3.4 Teknik Pengumpulan Data dan Pengolahan Data 17
3.4.1 Teknik Pengumpulan Data 17
3.4.2 Teknik Pengolahan Data 21
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 24
4.1 Pengukuran pH Air Asam Tambang Pada KPL *Pit* Barat 24
4.1.1 Pengukuran pH *Inlet* 24
4.1.2 Pengukuran pH *Outlet* 26
4.1.3 Perbandingan pH *Inlet* dan pH *Outlet* 28
4.2 Penentuan Dosis Kapur Tohor (CaO) 30
4.2.1 Hasil Uji *Jar Test* 30
4.2.2 Penentuan Dosis Optimum Menggunakan SPSS 32
4.2.3 Kebutuhan Kapur Tohor 34
4.3 Evaluasi Penggunaan Kapur Tohor 36
4.3.1 Penggunaan Kapur Tohor Aktual 36
4.3.2 Evaluasi Penggunaan Kapur Tohor 37
BAB V PENUTUP 42
5.1 Kesimpulan 42
5.2 Saran 43
DAFTAR PUSTAKA 44
LAMPIRAN 46

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 2.1 Parameter dan Baku Mutu Pengelolaan Air Asam Tambang 9
Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan Penelitian 13
Tabel 3.2 Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 15
Tabel 4.1 Data Hasil Pengukuran pH *Inlet* 25
Tabel 4.2 Data Hasil Pengukuran pH *Outlet* 28
Tabel 4.3 Hasil Uji *Jar Test* 32
Tabel 4.4 Kebutuhan Kapur Tohor Berdasarkan Dosis Optimum 37
Tabel 4.5 Penggunaan Kapur Tohor Aktual pada KPL Pit Barat 38
Tabel 4.6 Perbandingan Kebutuhan Kapur Tohot Hasil Perbandingan dan Penggunaan Aktual 40

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1 Peta Kesampaian Daerah..... 4
Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian 16
Gambar 4.1 Titik Pengambilan Sampel pH *Inlet* KPL Pit Barat 24
Gambar 4.2 Titik Pengambilan Sampel pH *Outlet* 27
Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Nilai pH *Inlet* dan pH *Outlet* 30
Gambar 4.4 Grafik Hubungan Dosis Kapur Tohor Terhadap Nilai
pH Hasil *Uji Jar Test* 33

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran A Dokumentasi Lapangan 46
Lampiran B Data Hasil Pengukuran pH Air Asam Tambang 48
Lampiran C Data Debit Air di KPL *Pit* Barat 50
Lampiran D Data Hasil Uji *Jar Test* dan Output Analisis Regresi. 51
Lampiran E Lampiran VI Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan dan penggelolaan lingkungan..... 52

DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	**Kepanjangan**
AAT	: Air Asam Tambang
CaO	: Kalsium Oksida
CBE	: Cakra Bumi Energi
Fe	: Besi
HM	: *Hour Meter*
KPL	: Kolam Pengendapan Lumpur
L	: Liter
LCL	: Lematang Coal Lestari
Mn	: Mangan
pH	: *Potential of Hydrogen*
PP	: Peraturan Pemerintah
PT	: Perseroan Terbatas
SO_4^{2-}	: Sulfat
SPSS	: *Statistical Package for the Social Sciences*
TSS	: *Total Suspended Solids*

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kegiatan pertambangan batubara berpotensi menghasilkan air asam tambang (AAT) sebagai akibat dari proses oksidasi mineral sulfida, khususnya pirit (FeS_2) yang terpapar udara. Proses tersebut menghasilkan air dengan pH rendah serta meningkatkan kelarutan logam terlarut yang dapat berdampak terhadap lingkungan perairan. Oleh karena itu, pengolahan AAT menjadi bagian penting dalam sistem pengelolaan lingkungan pertambangan batubara (Gautama *et al.,* 2014; Yolanda *et al.,* 2023).

Pengolahan AAT pada kegiatan pertambangan umumnya dilakukan melalui proses-proses pengendalian aliran air, pengendapan material tersuspensi, dan penyesuaian tingkat keasaman air. Kolam pengendapan lumpur (KPL) merupakan salah satu sarana pengolahan air tambang yang berfungsi menurunkan beban pencemar sebelum air dialirkan ke badan air penerima. Perubahan nilai pH air antara bagian *inlet* dan *outlet* KPL digunakan sebagai indikator untuk menilai proses pengolahan AAT yang berlangsung di dalam sistem tersebut (Ambarsari *et al*., 2023).

Salah satu metode penanganan AAT yang umum diterapkan dalam sistem KPL adalah penambahan bahan alkali berupa kapur tohor (CaO). Kapur tohor bereaksi dengan ion hidrogen dalam AAT sehingga menyebabkan kenaikan nilai pH air. Penggunaan kapur tohor dalam pengolahan AAT banyak diterapkan pada sistem pengolahan aktif air tambang untuk mengendalikan nilai pH air olahan agar berada pada kisaran yang ditetapkan dalam baku mutu air tambang (Sari *et al*., 2025).

Namun demikian, proses penambahan kapur tohor dalam pengolahan AAT memerlukan pengaturan dosis yang sesuai dengan karakteristik air yang diolah. Nilai pH awal AAT dan debit air yang masuk ke KPL dapat memengaruhi kebutuhan kapur tohor yang digunakan dalam proses netralisasi. Apabila dosis kapur yang diberikan tidak sesuai, maka nilai pH air hasil pengolahan pada *outlet*

KPL berpotensi belum memenuhi persyaratan pengolahan air tambang yang ditetapkan (Nurisman *et al*., 2012).

PT Lematang Coal Lestari (PT LCL) merupakan perusahaan pertambangan batubara yang beroperasi di Provinsi Sumatera Selatan dalam mengelola air asam tambang melalui sistem KPL. Kondisi iklim tropis dengan intensitas curah hujan yang relatif tinggi di wilayah Sumatera Selatan menyebabkan debit air yang masuk ke KPL berfluktuasi, sehingga berpotensi memengaruhi perubahan nilai pH AAT selama proses pengolahan. Oleh karena itu, diperlukan kajian terhadap perbedaan nilai pH AAT pada bagian *inlet* dan *outlet* KPL sebagai dasar evaluasi penggunaan kapur tohor dalam pengolahan AAT di PT LCL (Nurwaskito *et al*., 2025; Sari *et al*., 2024).

Berdasarkan latar belakang tersebut maka Penulis tertarik untuk melakukan penelitian guna mengevaluasi penetralan AAT. Oleh karena itu, penulis mengambil judul "Evaluasi Penggunaan Kapur Tohor Dalam Proses Netralisasi Air Asam Tambang Di Kolam Pengendapan Lumpur *Pit* Barat PT Lematang Coal Lestari *Site* Cakra Bumi Energi"

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka penulis merumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kondisi pH AAT pada bagian *inlet* dan *outlet* KPL?
2. Berapa dosis kapur tohor (CaO) yang dibutuhkan untuk menaikkan pH AAT sehingga mencapai kisaran pH yang memenuhi persyaratan pengolahan air tambang?
3. Bagaimana penggunaan kapur tohor dalam proses netralisasi AAT di KPL PT LCL *Site* CBE berdasarkan perubahan pH yang terjadi?

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini difokuskan pada Evaluasi Penggunaan Kapur Tohor dalam Proses Netralisasi AAT di KPL *Pit* Barat PT Lematang Coal Lestari *Site* CBE berdasarkan perubahan nilai pH AAT dan debit air KPL.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian Tugas Akhir ini adalah:

1. Mengetahui pH AAT pada *inlet* dan *outlet* di KPL *Pit* Barat PT Lematang Coal Lestari *Site* CBE.
2. Menghitung dosis kapur tohor (CaO) yang diperlukan untuk proses penetralan AAT hingga mencapai pH sesuai baku mutu yang ditetapkan.
3. Mengevaluasi penggunaan kapur tohor dalam proses netralisasi AAT berdasarkan pH *inlet* dan *outlet.*

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini antara lain:

1. Manfaat Teoritis
   a. Menambah referensi ilmiah terkait penggunaan kapur tohor (CaO) dalam proses penetralan air asam tambang.
   b. Menjadi bahan rujukan akademik dalam kajian pengelolaan air asam tambang dan pengendalian kualitas air di kegiatan pertambangan.
   c. Mendukung pengembangan studi-studi selanjutnya yang berkaitan dengan pengolahan air asam tambang menggunakan bahan alkali.
2. Manfaat Praktis
   a. Memberikan informasi mengenai perubahan pH air asam tambang dari *inlet* hingga *outlet* Kolam Pengendapan Lumpur sebagai bahan evaluasi kinerja sistem pengolahan air.
   b. Menjadi dasar pertimbangan bagi PT Lematang Coal Lestari *Site* CBE dalam menentukan dosis kapur tohor yang sesuai dengan karakteristik air asam tambang di lokasi operasi.
   c. Membantu perusahaan dalam menyusun perencanaan penggunaan bahan penetral secara lebih terukur dan efisien.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Deskripsi Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini terletak pada area operasional pertambangan batubara PT Lematang Coal Lestari yang berada di dalam wilayah konsesi PT Cakra Bumi Energi. Secara administratif, lokasi ini berada di Desa Tanjung Menang, Kecamatan Rambang Niru, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan dengan Luas Izin Usaha Pertambangan (IUP) PT Cakra Bumi Energi (CBE), yang menjadi lokasi operasional (*Site*) bagi PT Lematang Coal Lestari (LCL), adalah sekitar 9.815 hektar. Wilayah ini secara geografis menempati bagian dari Cekungan Sumatera Selatan yang memiliki karakteristik topografi berupa dataran rendah dengan perbukitan bergelombang yang mengandung potensi endapan batubara dari Formasi Muara Enim.

Area ini merupakan situs tambang terbuka yang berfungsi sebagai penyuplai utama kebutuhan batubara bagi pembangkit listrik tenaga uap Sumatera Selatan 1 di wilayah setempat. Lingkungan di sekitar lokasi penelitian mencakup perpaduan antara area penambangan aktif, fasilitas pengolahan batubara, serta kawasan perkebunan dan pemukiman penduduk yang masuk dalam kategori Ring 1 operasional perusahaan. Sebagai kontraktor penambangan, PT Lematang Coal Lestari mengelola infrastruktur mulai dari area penggalian atau pit hingga jalur pengangkutan yang terintegrasi untuk mendukung stabilitas produksi energi nasional di wilayah tersebut. (Gambar 2.1)



Sumber: Perusahaan, 2026

Gambar 2.1 Peta Kesampaian Daerah

Area ini merupakan situs tambang terbuka yang berfungsi sebagai penyuplai utama kebutuhan batubara bagi pembangkit listrik tenaga uap Sumatera Selatan 1 di wilayah setempat. Lingkungan di sekitar lokasi penelitian mencakup perpaduan antara area penambangan aktif, fasilitas pengolahan batubara, serta kawasan perkebunan dan pemukiman penduduk yang masuk dalam kategori Ring 1 operasional perusahaan. Sebagai kontraktor penambangan, PT Lematang Coal Lestari mengelola infrastruktur mulai dari area penggalian atau *pit* hingga jalur pengangkutan yang terintegrasi untuk mendukung stabilitas produksi energi nasional di wilayah tersebut. (Gambar 2.1)

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Air Asam Tambang dan Reaksi Pembentukan AAT

Air Asam Tambang (AAT) merupakan air yang terbentuk akibat terjadinya reaksi kimia antara mineral sulfida, terutama pirit (FeS_2), dengan oksigen dan air sebagai dampak dari kegiatan penambangan. Pada kondisi alami, mineral sulfida relatif stabil karena tertutup oleh lapisan batuan. Namun, aktivitas penambangan seperti pengupasan lapisan penutup dan pembukaan batuan menyebabkan mineral tersebut terpapar langsung oleh udara dan air, sehingga memicu proses oksidasi yang menghasilkan air bersifat asam (Gautama *et al*., 2014).

Pembentukan AAT diawali oleh oksidasi pirit yang menghasilkan ion besi ferro (Fe^{2+}), ion sulfat (SO_4^{2-}), serta ion hidrogen (H^+). Ion hidrogen yang dihasilkan berperan langsung dalam menurunkan nilai pH air tambang. Reaksi awal oksidasi pirit dapat dinyatakan sebagai berikut (Akcil & Koldas, 2006):

$$FeS_2 + 7/2\ O_2 + H_2O \rightarrow Fe^{2+} + 2\ SO_4^{2-} + 2\ H^+ \quad (2.1)$$

Ion besi ferro (Fe^{2+}) yang terbentuk selanjutnya dapat mengalami oksidasi menjadi ion besi ferri (Fe^{3+}) apabila tersedia oksigen terlarut di dalam air. Proses ini mempercepat pembentukan air asam tambang dan dapat dituliskan dengan reaksi sebagai berikut (Akcil & Koldas, 2006):

$Fe^{2+} + 1/4\ O_2 + H^+ \rightarrow Fe^{3+} + 1/2\ H_2O$ ..... (2.2)

Ion besi ferri (Fe^{3+}) yang terbentuk bersifat sangat reaktif dan berfungsi sebagai oksidator kuat terhadap mineral pirit lainnya. Reaksi lanjutan ini menghasilkan ion hidrogen dalam jumlah yang lebih besar sehingga memperparah kondisi keasaman air. Reaksi oksidasi pirit oleh Fe^{3+} dapat dinyatakan sebagai berikut (Akcil & Koldas, 2006):

$FeS_2 + 14\ Fe^{3+} + 8\ H_2O \rightarrow 15\ Fe^{2+} + 2\ SO_4^{2-} + 16\ H^+$ ..... (2.3)

Rangkaian reaksi tersebut menunjukkan bahwa pembentukan air asam tambang bersifat berkelanjutan dan saling memperkuat. Akumulasi ion hidrogen yang dihasilkan menyebabkan nilai pH air menjadi rendah serta meningkatkan potensi pelarutan logam dari batuan di sekitarnya. Oleh karena itu, air asam tambang menjadi salah satu permasalahan utama dalam kegiatan pertambangan yang memerlukan pengelolaan secara khusus (Gautama *et al.*, 2014).

Air asam tambang merupakan salah satu permasalahan lingkungan yang memerlukan pengelolaan secara berkelanjutan karena karakteristiknya dapat berubah sesuai dengan kondisi lokasi penambangan. Perbedaan jenis batuan, kondisi hidrologi, debit air, serta sistem operasional penambangan menyebabkan karakteristik air asam tambang pada setiap lokasi dapat berbeda, sehingga metode pengolahan yang diterapkan juga harus disesuaikan dengan kondisi aktual di lapangan. Oleh karena itu, identifikasi karakteristik air asam tambang menjadi tahapan penting sebelum menentukan metode pengolahan maupun jenis bahan penetral yang akan digunakan agar proses netralisasi berlangsung secara efektif dan memenuhi baku mutu kualitas air yang telah ditetapkan (Otunola & Mhangara, 2024; Wibowo *et al*., 2024).

2.2.2 Karakteristik Kimia Air Asam Tambang

Karakteristik kimia air asam tambang ditentukan oleh proses oksidasi mineral sulfida yang menghasilkan air dengan pH rendah, kandungan sulfat yang tinggi, serta konsentrasi logam terlarut yang signifikan. Parameter kimia

utama yang digunakan untuk menggambarkan karakteristik AAT meliputi pH, kandungan besi (Fe), mangan (Mn), dan *total suspended solids* (TSS; Gautama *et al*., 2014).

Karakteristik kimia utama AAT ditunjukkan oleh nilai pH yang rendah akibat tingginya konsentrasi ion hidrogen. Kondisi keasaman ini dapat menyebabkan beberapa unsur dan senyawa menjadi lebih mudah larut dalam air. Oleh karena itu, pH digunakan sebagai parameter utama dalam penilaian kualitas AAT serta sebagai dasar dalam perencanaan dan evaluasi proses pengolahan air tambang (Rahmi *et al*., 2023).

Nilai pH merupakan parameter utama dalam karakterisasi air asam tambang. Rendahnya nilai pH disebabkan oleh tingginya konsentrasi ion hidrogen (H^+) yang dihasilkan dari reaksi oksidasi pirit. Kondisi pH yang rendah menyebabkan meningkatnya kelarutan logam-logam tertentu, sehingga logam seperti besi dan mangan mudah terlarut ke dalam air tambang (Gautama et al., 2014).

Besi dalam air asam tambang umumnya terdapat dalam bentuk besi ferro (Fe^{2+}) dan besi ferri (Fe^{3+}). Pada kondisi asam dan kaya oksigen, Fe^{3+} lebih dominan dan berperan penting dalam mempercepat pembentukan air asam tambang. Selain itu, Fe^{3+} dapat mengalami reaksi hidrolisis yang menghasilkan endapan hidroksida besi dan melepaskan kembali ion hidrogen ke dalam air, sebagaimana ditunjukkan oleh reaksi berikut (Akcil & Koldas, 2006):

$$Fe^{3+} + 3\ H_2O \rightarrow Fe(OH)_3(s) + 3\ H^+ \quad (2.4)$$

Reaksi hidrolisis tersebut menyebabkan terbentuknya endapan berwarna coklat kemerahan pada dasar kolam atau badan air, yang sering dijumpai pada sistem pengolahan air tambang. Pelepasan ion hidrogen dari reaksi ini menunjukkan bahwa proses pengendapan logam juga dapat berkontribusi terhadap keberlanjutan kondisi asam pada air tambang (Gautama *et al*., 2014).

Selain besi, mangan (Mn) merupakan logam yang umum dijumpai dalam air asam tambang. Pada kondisi pH rendah, mangan cenderung stabil dalam bentuk terlarut dan memerlukan peningkatan pH hingga mendekati netral agar dapat diendapkan. Oleh karena itu, pengolahan air asam tambang pada umumnya diarahkan pada peningkatan pH untuk menurunkan kelarutan logam-logam tersebut (Gautama *et al*., 2014).

2.2.3 Parameter dan Baku Mutu Pengelolaan Air Asam Tambang (AAT)

Pengelolaan air asam tambang (AAT) merupakan bagian penting dalam kegiatan pertambangan batubara karena air hasil kegiatan tambang berpotensi menimbulkan dampak terhadap lingkungan apabila tidak dikelola sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Air asam tambang umumnya memiliki nilai pH yang rendah serta dapat mengandung padatan tersuspensi dan logam terlarut yang berpotensi mencemari badan air penerima. Oleh karena itu, pengelolaan kualitas air asam tambang harus mengacu pada parameter dan baku mutu yang telah ditetapkan dalam peraturan perundang-undangan sebagai dasar pengendalian pencemaran lingkungan (Gautama *et al*., 2014; Sari *et al*., 2024).

Secara nasional, baku mutu kualitas air diatur dalam Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, yang menetapkan standar kualitas air permukaan, termasuk air hasil kegiatan pertambangan. Peraturan tersebut menjadi acuan utama dalam penilaian kualitas air sebelum dialirkan ke badan air penerima, sehingga setiap kegiatan pengelolaan air asam tambang harus memenuhi ketentuan baku mutu yang telah ditetapkan (Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021).

Parameter kualitas air yang umum digunakan dalam pengelolaan air asam tambang meliputi nilai pH, *Total suspended solids* (TSS), serta kandungan logam terlarut seperti besi (Fe) dan mangan (Mn). Parameter-parameter tersebut dipilih karena mewakili karakteristik utama air asam tambang dan berkaitan langsung dengan potensi dampaknya terhadap lingkungan perairan. Nilai ambang batas masing-masing parameter telah ditetapkan dalam Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 dan menjadi

standar yang harus dipenuhi sebelum air hasil pengolahan dialirkan ke badan air penerima.

Tabel 2.1 Parameter dan Baku Mutu Pengelolaan AAT Menurut PP 22 Tahun 2021

Parameter	Satuan	Baku Mutu	Keterangan
pH	-	6,0–9,0	Menunjukkan tingkat keasaman atau kebasaan air
TSS	mg/L	≤ 200	Total padatan tersuspensi dalam air
Fe (Besi Total)	mg/L	≤ 7	Logam terlarut yang umum terdapat pada air asam tambang
Mn (Mangan)	mg/L	≤ 4	Logam terlarut yang sering dijumpai pada air asam tambang

Sumber**:** Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021.

Berdasarkan parameter dan baku mutu tersebut, penelitian ini memfokuskan evaluasi pada perubahan nilai pH air asam tambang sebagai indikator utama keberhasilan proses netralisasi di KPL PT Lematang Coal Lestari *Site* CBE. Pemilihan parameter pH didasarkan pada tujuan penelitian untuk menentukan dosis kapur tohor (CaO) yang diperlukan untuk meningkatkan nilai pH sehingga memenuhi kisaran baku mutu sesuai dengan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021.

2.2.4 Kolam Pengendapan Lumpur

Kolam pengendapan lumpur (KPL) merupakan salah satu unit pengolahan air tambang yang berfungsi sebagai media pengendapan material tersuspensi dan pengolahan kualitas air. Air tambang yang masuk ke KPL akan mengalami perlambatan aliran sehingga memungkinkan terjadinya proses pengendapan partikel padat sebelum air dialirkan ke tahap berikutnya atau keluar dari sistem tambang (Ambarsari *et al.*, 2023b).

Selain fungsi pengendapan, KPL juga digunakan sebagai lokasi penambahan bahan penetral untuk menaikkan nilai pH AAT. Perubahan kualitas air pada KPL dipengaruhi oleh waktu tinggal air, debit aliran, serta dosis bahan penetral yang ditambahkan. Oleh karena itu, perbandingan nilai

pH air pada bagian *inlet* dan *outlet* KPL digunakan sebagai dasar evaluasi proses pengolahan air asam tambang (Rahmi *et al*., 2023).

Keberhasilan KPL dalam mendukung pengelolaan air asam tambang tidak hanya ditentukan oleh keberadaan kolam, tetapi juga dipengaruhi oleh kondisi operasionalnya. Faktor-faktor seperti debit air yang masuk, waktu tinggal air (*hydraulic retention time*), serta karakteristik padatan tersuspensi dapat memengaruhi proses pengendapan yang terjadi di dalam kolam. Apabila debit air meningkat secara signifikan, waktu tinggal air di dalam kolam menjadi lebih singkat sehingga proses pengendapan partikel belum berlangsung secara optimal. Oleh karena itu, pengelolaan KPL perlu disesuaikan dengan kondisi operasional di lapangan agar proses pengendapan dan pengolahan air asam tambang dapat berlangsung secara optimal (Mosai *et al*., 2024).

2.2.5 Kapur Tohor (CaO) dalam Pengolahan AAT

Kapur tohor (CaO) merupakan bahan alkali yang umum digunakan dalam pengolahan aktif air asam tambang. Kapur tohor bereaksi dengan air membentuk kalsium hidroksida [$Ca(OH)_2$], yang selanjutnya bereaksi dengan ion hidrogen dalam AAT sehingga menyebabkan kenaikan nilai pH air. Reaksi ini menjadi dasar penggunaan kapur tohor sebagai bahan penetral dalam sistem pengolahan air tambang (Sari *et al*., 2024).

Selain meningkatkan nilai pH, penggunaan kapur tohor (CaO) juga berperan dalam memperbaiki kualitas air asam tambang melalui pembentukan endapan logam hidroksida. Ketika CaO bereaksi dengan air membentuk kalsium hidroksida [$Ca(OH)_2$], ion hidroksida (OH^-) yang dihasilkan akan menetralkan ion hidrogen (H^+) sekaligus menciptakan kondisi yang mendukung pengendapan logam terlarut, seperti besi (Fe) dan mangan (Mn). Proses tersebut membantu menurunkan konsentrasi logam di dalam air sehingga kualitas air hasil pengolahan menjadi lebih baik (Otunola & Mhangara, 2024).

Penggunaan kapur tohor perlu disesuaikan dengan kondisi awal AAT, terutama nilai pH dan debit air yang diolah. Penambahan kapur dalam jumlah yang tidak sesuai dapat menyebabkan perubahan pH yang tidak terkendali,

sehingga perhitungan dosis menjadi aspek penting dalam evaluasi pengolahan AAT di KPL (Nurisman *et al*., 2012).

2.2.6 Perhitungan Dosis Kapur Tohor (CaO)

Perhitungan dosis kapur tohor (CaO) dalam proses penetralan air asam tambang (AAT) dilakukan untuk menentukan jumlah bahan alkali yang diperlukan agar pH air hasil pengolahan memenuhi ketentuan baku mutu yang berlaku. Penentuan dosis kapur tohor tidak hanya didasarkan pada nilai pH, tetapi juga mempertimbangkan jumlah total ion asam yang terkandung dalam air asam tambang. Oleh karena itu, metode titrasi asam–basa di laboratorium banyak digunakan untuk menentukan kebutuhan kapur tohor secara lebih representatif (Gautama *et al*., 2014).

Dalam penelitian ini, penentuan dosis kapur tohor dilakukan melalui uji laboratorium menggunakan metode *jar test*. Metode *jar test* digunakan untuk mensimulasikan proses netralisasi air asam tambang dalam skala laboratorium dengan variasi dosis kapur tohor guna memperoleh dosis optimum yang mampu menaikkan pH AAT hingga berada dalam kisaran baku mutu lingkungan.

Tahapan uji *jar test* diawali dengan pengukuran karakteristik awal AAT, khususnya nilai pH sebagai parameter utama. Sampel AAT kemudian dimasukkan ke dalam beberapa gelas beker dengan volume yang sama. Ke dalam masing-masing gelas ditambahkan kapur tohor dengan variasi dosis tertentu. Dosis kapur tohor pada uji *jar test* dinyatakan dalam satuan massa per volume (Naufal & Asrifah, 2026), yang secara matematis dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Dosis CaO (gr/L)} = \frac{\text{Berat CaO yang ditambahkan (gr)}}{\text{Volume sampel (L)}} \quad \text{(2.5)}$$

Setelah penambahan kapur tohor, dilakukan pengadukan cepat *(rapid mixing)* untuk memastikan kapur terdispersi secara merata, kemudian dilanjutkan dengan pengadukan lambat *(slow mixing)* guna mendukung proses reaksi dan pembentukan endapan. Sampel selanjutnya dibiarkan mengendap hingga diperoleh air jernih (*supernatan*), kemudian dilakukan pengukuran pH akhir.

Hasil uji *jar test* berupa data variasi dosis kapur tohor dan nilai pH hasil pengolahan dianalisis untuk menentukan dosis optimum. Dosis optimum ditetapkan sebagai dosis kapur tohor yang mampu menghasilkan pH AAT sesuai dengan baku mutu lingkungan dengan penggunaan bahan kimia paling minimal. Untuk memperkuat hasil penentuan dosis tersebut, data hasil uji *jar test* selanjutnya dianalisis menggunakan perangkat lunak SPSS.

Dosis kapur tohor optimum yang diperoleh dari hasil uji *jar test* dan analisis menggunakan dinyatakan dalam satuan gr/L. Nilai dosis tersebut selanjutnya digunakan sebagai dasar perhitungan kebutuhan kapur tohor pada skala lapangan dengan mempertimbangkan debit air AAT yang masuk ke KPL. Perhitungan kebutuhan kapur tohor harian dilakukan menggunakan persamaan berikut (Lelboi *et al*., 2024):

$$\text{Kebutuhan Dosis CaO (Kg/L)} = \frac{\text{Dosis Optimum}\left(\frac{\text{gr}}{\text{L}}\right) \times \text{Debit Air}\left(\frac{L}{Hari}\right)}{1000} \quad \text{(2.6)}$$

Persamaan tersebut digunakan sebagai dasar evaluasi kebutuhan kapur tohor dalam proses penetralan air asam tambang berdasarkan perubahan pH yang terjadi di KPL PT Lematang Coal Lestari *Site* CBE.

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di area Izin Usaha Pertambangan (IUP) operasi produksi batubara milik PT Lematang Coal Lestari *Site* CBE. Secara administratif, lokasi penambangan tersebut terletak di Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan. Secara spesifik, lokasi pengambilan data dan sampel difokuskan pada area pengelolaan air tambang, yaitu di KPL *Pit* Barat. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada pertimbangan bahwa KPL tersebut merupakan titik akhir pengumpulan air limpasan tambang dari area *catchment area Pit* Barat sebelum dialirkan ke badan perairan umum, serta menjadi lokasi utama dilakukannya proses pengolahan *(treatment)* aktif penetralan AAT menggunakan media kapur tohor. Penelitian ini dilakukan selama 1 bulan, mulai dari 1-31 Maret 2026. Secara jelas dapat dilihat pada Tabel 3.1

Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan Penelitian

No	Kegiatan	Minggu ke-			
		1	2	3	4
1	Observasi				
2	Pengumpulan dan Referensi Data				
3	Pengolahan Data				
4	Analisis Data				
5	Konsultasi dan Bimbingan				

Sumber: Penulis, 2026

3.2 Tahapan Penelitian

Tahapan yang Penulis gunakan untuk mengambil data yang dibutuhkan untuk keperluan penyelesaian laporan tugas akhir ini:

1. Observasi lapangan

   Pengamatan lingkungan dilakukan melalui kegiatan kunjungan dan observasi langsung pada KPL PT LCL *Site* CBE. Pengamatan ini bertujuan untuk mengetahui kondisi eksisting pengelolaan air asam tambang, alur pengolahan air asam tambang, serta sistem dan metode penambahan kapur tohor (CaO) yang diterapkan dalam proses netralisasi.

2. Pengambilan data

   Data-data yang dibutuhkan sebagai berikut:

   a. Data Primer

      Data primer adalah data yang diperoleh baik itu secara langsung di lapangan, yang dilakukan di PT Lematang Coal Lestari *Site* CBE.

      Data primer yang akan di ambil dalam penelitian:

      1) pH AAT di *inlet* dan *outlet* pada KPL *Pit* Barat
      2) Debit AAT di *inlet* dan *outlet* pada KPL *Pit* Barat
      3) Dosis Kapur Tohor (CaO)

   b. Data Sekunder

      Data sekunder yang akan di ambil pada penelitian ini:

      1) Data Curah Hujan
      2) Dimensi KPL
      3) Struktur Organisasi Perusahaan
      4) Peta IUP
      5) Peta Geologi

3. Pengolahan Data

   Seluruh data yang terkumpul akan diolah sebagai berikut:

   a. Data

      1) Mengukur nilai pH air asam tambang pada titik *inlet* sebelum proses penetralan dan titik *outlet* setelah proses penambahan kapur tohor (CaO).
      2) Menghitung kebutuhan kapur tohor (CaO) aktual berdasarkan volume air asam tambang yang diolah serta perubahan pH yang terjadi selama proses penetralan.

3) Mengevaluasi penggunaan kapur tohor (CaO) berdasarkan kesesuaian anatara jumlah kapur tohor (CaO) yang digunakan dengan peningkatan pH air asam tambang yang dihasilkan serta pencapaiannya terhadap baku mutu lingkungan yang berlaku.

4. Analisis Data

Analisis data dilakukan membandingkan nilai pH AAT pada *outlet* KPL Pit Barat PT LCL *Site* CBE dengan baku mutu kualitas air sebagaimana tercantum dalam Lampiran VI Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Tabel 3.2

Tabel 3.2 Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021

(Lampiran VI)

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu Air Permukaan	Keterangan
1	pH	-	6,0 – 9,0	Kisaran pH yang diperbolehkan di badan air
2	Total Suspended Solids (TSS)	mg/L	≤ 40 – 50	Nilai tergantung kelas air (umum)
3	Fe (Besi)	mg/L	≤ 0,3	Logam terlarut batas maksimum
4	Mn (Mangan)	mg/L	≤ 0,1	Logam terlarut batas maksimum

Sumber: Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021

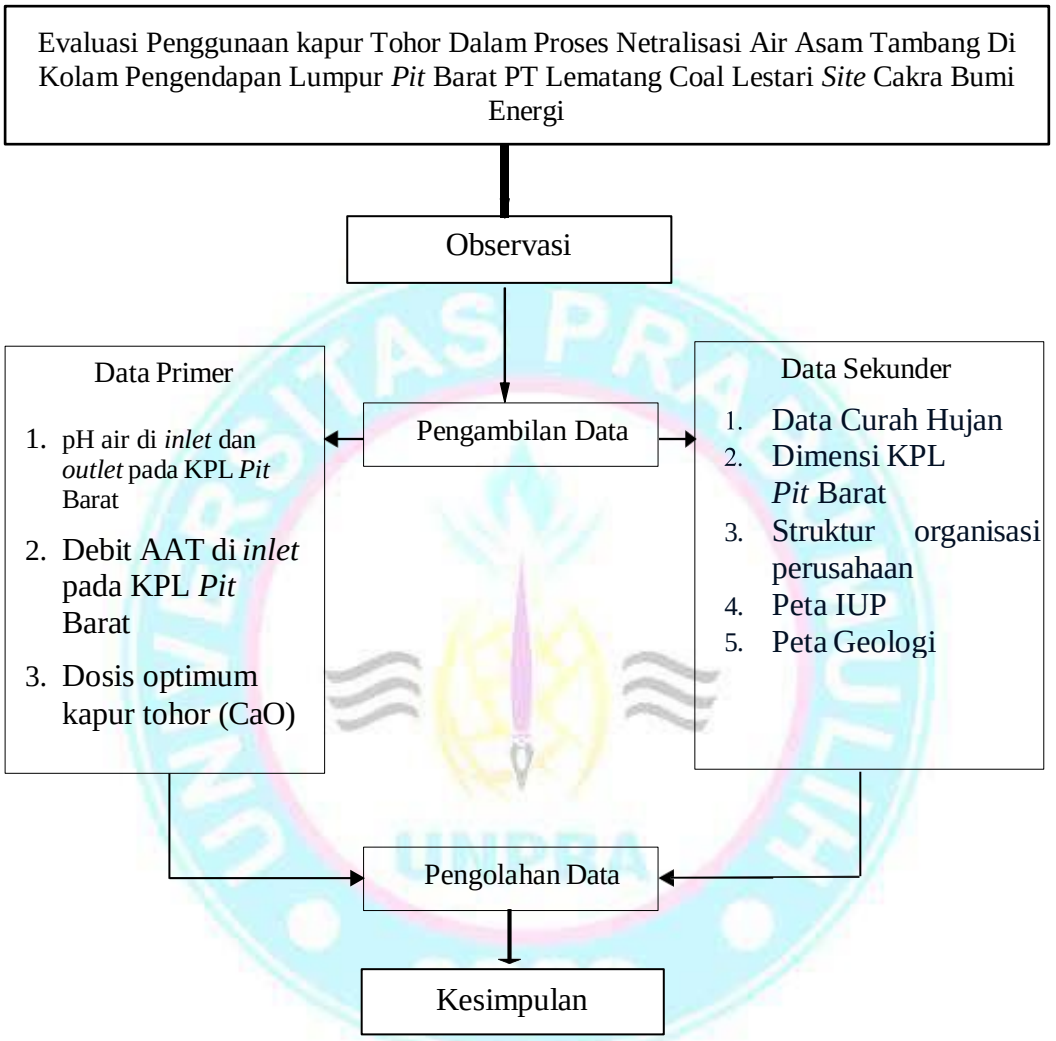
Kondisi AAT dinyatakan telah berada pada kondisi netral apabila nilai pH air hasil pengolahan berada pada kisaran 6,0–9,0 sesuai baku mutu yang berlaku. Hasil perbandingan nilai pH *outlet* digunakan untuk mengevaluasi perubahan kondisi keasaman air serta menarik kesimpulan mengenai keberhasilan proses netralisasi AAT di KPL *Pit* Barat PT Lematang Coal Lestari *Site* CBE.

Rekomendasi/Kesimpulan

Rekomendasi / kesimpulan merupakan hasil yang didapat dari analisis data.

3.3 Bagan Alir Penelitian

Bagan alir dari kegiatan penelitian yang dilakukan disesuaikan dengan tahapan dari penelitian seperti.



Sumber: Penulis,2026

Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian

Bagan alir penelitian ini menggambarkan tahapan evaluasi penggunaan kapur tohor dalam proses netralisasi Air Asam Tambang (AAT) di KPL *Pit* Barat PT Lematang Coal Lestari *Site* CBE. Penelitian diawali dengan kegiatan observasi lapangan untuk mengetahui kondisi sistem pengolahan AAT yang diterapkan. Selanjutnya dilakukan pengambilan data yang terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer meliputi pengukuran pH air pada *inlet* dan *outlet* KPL serta data debit air. Data sekunder meliputi data curah hujan, dimensi KPL *Pit* Barat, struktur organisasi perusahaan, peta IUP, dan peta geologi. Seluruh data yang

diperoleh kemudian diolah dan dianalisis untuk mengevaluasi penggunaan kapur tohor dalam meningkatkan nilai pH air asam tambang sehingga memenuhi baku mutu lingkungan yang berlaku. Hasil analisis tersebut selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam penarikan kesimpulan penelitian (Gambar 3.1).

3.4 Teknik Pengumpulan Data dan Pengolahan Data

Teknik pengumpulan dan pengolahan data merupakan tahapan operasional yang sistematis untuk memastikan seluruh data yang diperoleh pada KPL *Pit* Barat PT LCL *Site* CBE memiliki tingkat validitas yang baik dan dapat dianalisis secara ilmiah. Berdasarkan tujuan penelitian untuk mengevaluasi penggunaan kapur tohor dalam proses netralisasi AAT, tahapan pengumpulan dan pengolahan data dilakukan melalui pengambilan data primer dan data sekunder yang kemudian diolah serta dianalisis guna memperoleh hasil penelitian yang sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan. Alur pengumpulan dan pengolahan data diuraikan sebagai berikut:

3.4.1 Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian Tugas Akhir ini dibagi menjadi dua kategori utama, yaitu data primer yang diperoleh secara langsung melalui pengukuran, pengamatan lapangan, dan pengujian, serta data sekunder yang diperoleh dari dokumen perusahaan dan sumber pendukung lainnya. Data-data tersebut digunakan sebagai dasar dalam mengevaluasi penggunaan kapur tohor pada proses netralisasi AAT di KPL *Pit* Barat PT LCL *Site* CBE.

1. Data Primer

   Data primer diperoleh secara langsung oleh peneliti selama kegiatan penelitian berlangsung di KPL *Pit* Barat PT Lematang Coal Lestari *Site* CBE. Pengumpulan data dilakukan melalui pengukuran pH air asam tambang serta pelaksanaan uji *jar test* untuk menentukan dosis optimum kapur tohor (CaO). Metode pengumpulan data meliputi:

   a. Pengukuran pH Air Asam Tambang

      1) Teknik Pengukuran pH *Inlet*

Pengukuran pH *inlet* dilakukan pada saluran masuk (*inlet*) KPL *Pit* Barat sebelum air asam tambang mengalami proses pengolahan. Pengukuran dilakukan secara langsung menggunakan pH meter pada titik pengambilan sampel yang telah ditentukan. Data pH *inlet* digunakan untuk mengetahui tingkat keasaman awal air asam tambang yang masuk ke KPL sebelum dilakukan proses netralisasi menggunakan kapur tohor.

2) Teknik Pengukuran *Outlet*

Pengukuran pH *outlet* dilakukan pada saluran keluar *(outlet)* KPL *Pit* Barat setelah air asam tambang mengalami proses pengolahan. Pengukuran dilakukan menggunakan *pH meter* untuk mengetahui perubahan nilai pH setelah dilakukan penambahan kapur tohor. Data pH *outlet* digunakan sebagai parameter dalam mengevaluasi proses netralisasi air asam tambang terhadap pemenuhan baku mutu lingkungan yang berlaku.

b. Perhitungan Dosis Kapur Tohor (CaO)

1) Teknik Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel air asam tambang dilakukan pada titik *inlet* KPL *Pit* Barat. Sampel air yang diperoleh dimasukkan ke dalam wadah yang telah disiapkan dan digunakan sebagai bahan pengujian *jar test.* Pengambilan sampel dilakukan dengan memperhatikan kondisi aktual air asam tambang agar sampel yang diperoleh dapat mewakili karakteristik air pada lokasi penelitian.

2) Pelaksanaan Uji *Jar Test*

Uji *jar test* dilakukan menggunakan tiga buah gelas beker yang masing-masing diisi dengan sampel air asam tambang dengan volume yang sama. Ke dalam setiap gelas beker ditambahkan kapur tohor (CaO) dengan variasi dosis yang telah ditentukan. Setelah penambahan kapur tohor, dilakukan

pengadukan cepat *(rapid mixing)* untuk memastikan kapur terdispersi secara merata ke seluruh sampel, kemudian dilanjutkan dengan pengadukan lambat *(slow mixing)* guna mendukung berlangsungnya proses netralisasi dan pembentukan endapan. Sampel selanjutnya didiamkan hingga terbentuk supernatan yang relatif jernih, kemudian dilakukan pengukuran pH akhir menggunakan pH meter. Hasil pengujian berupa hubungan antara variasi dosis kapur tohor dan nilai pH yang dihasilkan digunakan sebagai dasar dalam menentukan dosis optimum kapur tohor untuk proses netralisasi air asam tambang.

3) Penentuan Dosis Kapur Tohor (CaO)

Hasil uji *jar test* berupa hubungan antara variasi dosis kapur tohor dan nilai pH hasil pengolahan selanjutnya dianalisis menggunakan perangkat lunak SPSS untuk menentukan dosis optimum kapur tohor. Dosis optimum yang diperoleh kemudian digunakan sebagai dasar dalam perhitungan kebutuhan kapur tohor berdasarkan data debit air yang diperoleh dari perusahaan.

c. Pengumpulan Data Volume dan Data Debit Air

1) Teknik Pengukuran Volume Air

Pengukuran volume air dilakukan secara langsung pada KPL *Pit* Barat selama periode penelitian. Data volume air digunakan untuk mengetahui jumlah air asam tambang yang diolah pada KPL serta sebagai dasar dalam perhitungan debit air yang berkaitan dengan kebutuhan penggunaan kapur tohor.

2) Perhitungan Debit Air

Data debit air diperoleh berdasarkan hasil pengukuran volume air dan waktu pengaliran yang kemudian dihitung menggunakan persamaan debit. Perhitungan debit dilakukan

dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Kusuma *et al*., 2015):

$$Q = \frac{V}{t} \quad \text{..... (3.1)}$$

Keterangan:

Q = Debit air (m^3/jam)

V = Volume air (m^3)

t = Waktu pengaliran (jam)

Data debit air digunakan untuk mengetahui besarnya aliran air asam tambang yang masuk ke sistem pengolahan serta mendukung analisis kebutuhan kapur tohor pada proses netralisasi air asam tambang di KPL *Pit* Barat.

2. Data Sekunder
   a. Data Curah Hujan
      1) Data Curah Hujan Aktual: Data curah hujan harian selama periode penelitian yang diperoleh dari perusahaan dan digunakan untuk mengetahui kondisi curah hujan pada lokasi penelitian.
      2) Data Rekapitulasi Curah Hujan: Data rekapitulasi curah hujan digunakan untuk menganalisis hubungan antara curah hujan dengan volume serta debit air asam tambang yang masuk ke KPL *Pit* Barat.
   b. Dimensi KPL Pit Barat
      1) Dimensi Aktual KPL *Pit* Barat: Data spesifikasi ukuran KPL *Pit* Barat yang terdiri atas panjang 35 meter, lebar 8 meter, kedalaman 4 meter, serta memiliki 2 *compartment* yang digunakan dalam proses pengolahan air asam tambang.
      2) Fungsi KPL *Pit* Barat: Data mengenai fungsi masing-masing *compartment* dalam mendukung proses pengendapan dan netralisasi air asam tambang sebelum dialirkan ke badan penerima.

c. Struktur Organisasi Departemen Terkait

Data struktur organisasi bagian yang berkaitan dengan pengelolaan lingkungan dan pengolahan air asam tambang.

d. Peta Izin Usaha Pertambangan (IUP)

1) Batas Wilayah IUP: Data batas wilayah IUP PT Lematang Coal Lestari *Site* CBE yang digunakan untuk mengetahui area operasional perusahaan.
2) Lokasi Penelitian: Data posisi KPL *Pit* Barat pada wilayah IUP sebagai lokasi pelaksanaan penelitian.

e. Peta Geologi

1) Kondisi Geologi Daerah Penelitian: Data geologi yang menunjukkan kondisi batuan penyusun daerah penelitian.
2) Karakteristik Geologi Pembentuk Air Asam Tambang: Data geologi yang digunakan untuk mendukung pemahaman mengenai potensi pembentukan air asam tambang pada area penelitian.

3.4.2 Teknik Pengolahan Data

Data yang telah diperoleh dari hasil pengukuran lapangan, hasil uji *jar test*, serta data pendukung dari perusahaan selanjutnya diolah dan dianalisis untuk menjawab tujuan penelitian. Pengolahan data dilakukan melalui beberapa tahapan yang meliputi pengolahan data pH air asam tambang, perhitungan debit air, analisis hasil uji *jar test*, perhitungan kebutuhan kapur tohor, dan evaluasi penggunaan kapur tohor pada KPL *Pit* Barat PT Lematang Coal Lestari *Site* CBE.

1. Pengolahan Data pH Air Asam Tambang

a. Rekapitulasi Data pH *Inlet* dan *Outlet*

Data pH *inlet* dan *outlet* yang telah diperoleh selama periode penelitian direkapitulasi dalam bentuk tabel untuk memudahkan proses analisis. Rekapitulasi data dilakukan untuk mengetahui kondisi pH air asam tambang sebelum dan sesudah proses netralisasi pada KPL *Pit* Barat.

b. Analisis Perubahan Nilai pH

Data pH *inlet* dan *outlet* dianalisis untuk mengetahui perubahan nilai pH yang terjadi setelah dilakukan penambahan kapur tohor. Hasil analisis digunakan untuk mengevaluasi proses netralisasi air asam tambang pada KPL *Pit* Barat.

2. Pengolahan Data Debit Air

a. Perhitungan Debit Air

Data volume air yang telah diperoleh diolah menjadi data debit air menggunakan persamaan debit sebagai berikut (Kusuma *et al*., 2015):

$$Q = \frac{V}{t} \quad \text{.....(3.2)}$$

Di mana:

Q = Debit air (m^3/jam)

V = Volume air (m^3)

t = Waktu pengaliran (jam)

Hasil perhitungan debit digunakan untuk mengetahui besarnya aliran air asam tambang yang masuk ke KPL *Pit* Barat.

b. Rekapitulasi Debit Air

Data debit air yang telah dihitung direkapitulasi dalam bentuk tabel untuk mengetahui variasi debit air selama periode penelitian. Data tersebut digunakan sebagai dasar dalam perhitungan kebutuhan kapur tohor pada proses netralisasi.

3. Pengolahan Hasil Uji *Jar Test*

a. Analisis Pengaruh Dosis Kapur Tohor terhadap Nilai pH

Data hasil uji *jar test* diolah dengan membandingkan nilai pH yang diperoleh pada setiap variasi dosis kapur tohor. Analisis dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan kapur tohor terhadap peningkatan nilai pH air asam tambang.

b. Penentuan Dosis Optimum Kapur Tohor

Dosis kapur tohor optimum ditentukan berdasarkan hasil uji *jar test* yang menghasilkan nilai pH paling mendekati atau memenuhi baku mutu yang berlaku. Data hasil pengujian selanjutnya dianalisis menggunakan perangkat lunak SPSS

untuk mendukung interpretasi hubungan antara dosis kapur tohor dan perubahan nilai pH. Dosis optimum yang diperoleh dinyatakan dalam satuan gr/L dan digunakan sebagai dasar dalam perhitungan kebutuhan kapur tohor pada skala lapangan.

4. Perhitungan Kebutuhan Kapur Tohor

   a. Perhitungan Kapur Tohor

      Data penggunaan kapur tohor aktual yang diperoleh dari perusahaan dianalisis untuk mengetahui jumlah kapur tohor yang digunakan pada proses pengolahan air asam tambang di KPL *Pit* Barat selama periode penelitian.

   b. Evaluasi Penggunaan Kapur Tohor

      Evaluasi dilakukan dengan membandingkan kebutuhan kapur tohor hasil perhitungan penelitian dengan penggunaan kapur tohor aktual perusahaan. Hasil evaluasi digunakan untuk mengetahui tingkat kesesuaian penggunaan kapur tohor pada proses netralisasi air asam tambang serta memberikan rekomendasi apabila terdapat perbedaan antara kebutuhan teoritis dan penggunaan aktual di lapangan.

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengukuran pH Air Asam Tambang Pada KPL *Pit* Barat

Pengukuran pH air asam tambang dilakukan pada titik *inlet* dan *outlet* KPL *Pit* Barat PT Lematang Coal Lestari *Site* CBE. Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui kondisi air sebelum dan sesudah proses pengolahan. Pengukuran dilakukan menggunakan pH meter pada titik *inlet* dan *outlet* selama periode penelitian. Data hasil pengukuran digunakan untuk mengetahui kondisi pH air asam tambang pada titik *inlet* dan *outlet* selama periode penelitian.

4.1.1 Pengukuran pH *Inlet*

Pengukuran pH *inlet* dilakukan pada saluran masuk KPL *Pit* Barat. Titik ini mewakili kondisi air sebelum mengalami proses pengolahan. Pengukuran dilakukan secara berkala selama periode penelitian untuk memperoleh data pH air yang masuk ke sistem pengolahan.



Sumber: Penulis, 2026

Gambar 4.1 Titik Pengambilan Sampel pH *Inlet* KPL Pit Barat

Gambar 4.1 menunjukkan lokasi pengambilan sampel pada titik *inlet* KPL *Pit* Barat. Sampel yang diambil dari titik ini kemudian diukur menggunakan pH meter digital untuk memperoleh nilai pH aktual air asam tambang sebelum dilakukan proses netralisasi menggunakan kapur tohor (CaO). Data hasil pengukuran pH *inlet* selanjutnya digunakan sebagai acuan dalam mengevaluasi perubahan nilai pH setelah proses pengolahan di KPL.

Tabel 4.1 Data Hasil Pengukuran pH *Inlet*

No	Tanggal	pH *Inlet*
1	10-03-2026	4,96
2	11-03-2026	5,08
3	12-03-2026	5,17
4	13-03-2026	5,11
5	14-03-2026	4,93
6	15-03-2026	5,20
7	16-03-2026	5,04
8	17-03-2026	5,15
9	18-03-2026	5,09
10	19-03-2026	5,18
11	20-03-2026	5,07
12	21-03-2026	5,22
13	22-03-2026	5,14
14	23-03-2026	5,03
15	24-03-2026	4,99
16	25-03-2026	5,06
17	26-03-2026	5,13
18	27-03-2026	5,01
19	28-03-2026	4,98
20	29-03-2026	5,10
21	30-03-2026	5,16
22	31-03-2026	5,05

Sumber: Penulis, 2026

Berdasarkan Tabel 4.1, hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai pH *inlet* selama periode penelitian berada pada kisaran 4,93–5,22 dengan rata-rata sebesar 5,10. Nilai tersebut menunjukkan bahwa air asam tambang yang

masuk ke KPL *Pit* Barat masih memiliki tingkat keasaman yang tinggi karena seluruh hasil pengukuran berada di bawah baku mutu pH, yaitu 6,00–9,00 mengacu kepada Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021.

Nilai pH tertinggi tercatat pada tanggal 21 Maret 2026 sebesar 5,22, sedangkan nilai pH terendah terjadi pada tanggal 14 Maret 2026 sebesar 4,93. Perbedaan nilai pH tersebut menunjukkan adanya fluktuasi tingkat keasaman air asam tambang selama periode penelitian. Fluktuasi tersebut dapat dipengaruhi oleh curah hujan, air limpasan (*runoff*)**,** serta karakteristik geologi daerah penelitian yang memicu proses pembentukan air asam tambang.

Secara keseluruhan, rata-rata pH *inlet* sebesar 5,10 menunjukkan bahwa air yang masuk ke KPL *Pit* Barat masih memerlukan proses netralisasi menggunakan kapur tohor (CaO) agar nilai pH meningkat hingga memenuhi kisaran baku mutu sebelum dialirkan ke badan penerima.

4.1.2 Pengukuran pH *Outlet*

Pengukuran pH *outlet* dilakukan pada saluran keluar KPL *Pit* Barat. Titik ini mewakili kondisi air setelah melalui proses pengolahan pada KPL. Pengukuran dilakukan secara berkala selama periode penelitian menggunakan pH meter.



Sumber: Penulis, 2026

Gambar 4.3 Titik Pengambilan Sampel pH *Outlet*

Gambar 4.3 menunjukkan lokasi pengambilan sampel pada titik *outlet* KPL *Pit* Barat. Pengukuran dilakukan menggunakan pH meter untuk memperoleh nilai pH aktual air asam tambang setelah melalui proses netralisasi menggunakan kapur tohor (CaO). Data hasil pengukuran pH *outlet* selanjutnya digunakan untuk mengevaluasi keberhasilan proses pengolahan dalam memenuhi baku mutu kualitas air yang berlaku.

Tabel 4.2 Data Hasil Pengukuran pH *Outlet*

No	Tanggal	pH *Outlet*
1	10-03-2026	6,03
2	11-03-2026	6,08
3	12-03-2026	6,11
4	13-03-2026	6,07
5	14-03-2026	6,02
6	15-03-2026	6,12
7	16-03-2026	6,05
8	17-03-2026	6,10
9	18-03-2026	6,09
10	19-03-2026	6,13
11	20-03-2026	6,08
12	21-03-2026	6,15
13	22-03-2026	6,11
14	23-03-2026	6,06
15	24-03-2026	6,04
16	25-03-2026	6,09
17	26-03-2026	6,12
18	27-03-2026	6,07
19	28-03-2026	6,05
20	29-03-2026	6,10
21	30-03-2026	6,14
22	31-03-2026	6,08

Sumber: Penulis, 2026

Berdasarkan Tabel 4.2, hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai pH *outlet* selama periode penelitian berada pada kisaran 6,02–6,15 dengan rata-rata sebesar 6,09. Hasil tersebut menunjukkan bahwa proses netralisasi menggunakan kapur tohor (CaO) mampu meningkatkan nilai pH air asam

tambang sehingga seluruh hasil pengukuran telah memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan, yaitu 6,00–9,00 sesuai dengan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021.

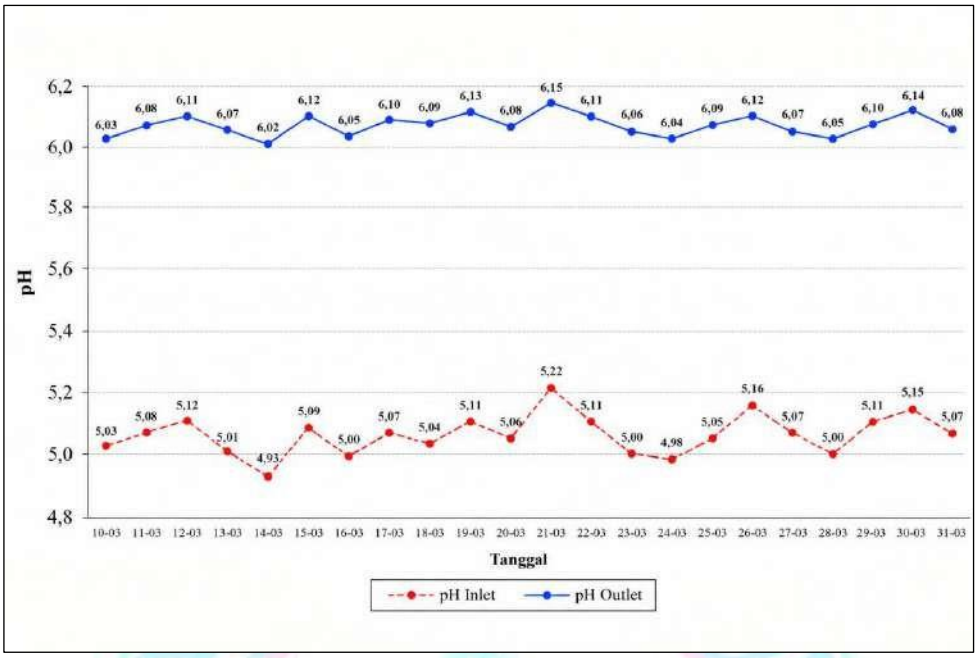
Nilai pH tertinggi tercatat pada tanggal 21 Maret 2026 sebesar 6,15, sedangkan nilai pH terendah terjadi pada tanggal 14 Maret 2026 sebesar 6,02. Meskipun terjadi fluktuasi selama periode pengamatan, perubahan nilai pH relatif kecil sehingga menunjukkan bahwa proses penambahan kapur tohor (CaO) di KPL *Pit* Barat berlangsung secara konsisten. Fluktuasi tersebut dapat dipengaruhi oleh variasi karakteristik air asam tambang yang masuk ke KPL, seperti perbedaan tingkat keasaman awal (*inlet*) serta kondisi curah hujan selama periode penelitian.

Secara keseluruhan, rata-rata pH *outlet* sebesar 6,09 menunjukkan bahwa proses netralisasi menggunakan kapur tohor (CaO) mampu meningkatkan nilai pH air asam tambang hingga memenuhi baku mutu yang berlaku sebelum dialirkan ke badan penerima

4.1.3 Perbandingan pH *Inlet* dan pH *Outlet*

Perbandingan nilai pH *inlet* dan pH *outlet* dilakukan untuk mengetahui perubahan tingkat keasaman air asam tambang sebelum dan sesudah proses pengolahan di kolam pengendapan lumpur (KPL) *Pit* Barat. Nilai pH *inlet* menunjukkan kondisi air sebelum dilakukan penambahan kapur tohor (CaO), sedangkan nilai pH *outlet* menunjukkan kondisi air setelah melalui proses netralisasi. Perbandingan kedua nilai tersebut digunakan untuk menggambarkan perubahan nilai pH sebagai hasil proses pengolahan air asam tambang di KPL *Pit* Barat.

Untuk mempermudah melihat perubahan nilai pH sebelum dan sesudah proses pengolahan, hasil pengukuran pH *inlet* dan pH *outlet* selama periode penelitian disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.3



Sumber: Penulis, 2026

Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Nilai pH *Inlet* dan pH *Outlet*

Berdasarkan Gambar 4.3, terlihat bahwa nilai pH *outlet* pada setiap hari pengamatan selalu lebih tinggi dibandingkan nilai pH *inlet*. Selama periode penelitian, nilai pH *inlet* berada pada kisaran 4,93–5,22 dengan rata-rata sebesar 5,10, sedangkan nilai pH *outlet* berada pada kisaran 6,02–6,15 dengan rata-rata sebesar 6,09. Hasil tersebut menunjukkan bahwa proses netralisasi menggunakan kapur tohor (CaO) mampu meningkatkan nilai pH air asam tambang dengan rata-rata peningkatan sebesar 0,99 satuan pH.

Meskipun nilai pH *inlet* mengalami fluktuasi selama periode pengamatan, nilai pH *outlet* tetap berada dalam kisaran baku mutu yang dipersyaratkan, yaitu 6,00–9,00 sesuai dengan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021. Hal ini menunjukkan bahwa proses pengolahan di KPL *Pit* Barat mampu mempertahankan kualitas air hasil pengolahan agar memenuhi baku mutu sebelum dialirkan ke badan penerima.

Fluktuasi nilai pH yang terjadi selama periode penelitian dipengaruhi oleh variasi karakteristik air asam tambang yang masuk ke KPL, seperti perbedaan tingkat keasaman awal (*inlet*) serta kondisi curah hujan selama periode penelitian. Namun demikian, seluruh hasil pengukuran menunjukkan

bahwa nilai pH *outlet* tetap berada di atas batas minimum baku mutu yang dipersyaratkan, sehingga proses netralisasi menggunakan kapur tohor (CaO) mampu menghasilkan air hasil pengolahan yang memenuhi persyaratan kualitas air.

4.2 Penentuan Dosis Kapur Tohor (CaO)

Penentuan dosis kapur tohor (CaO) pada penelitian ini dilakukan melalui uji *jar test* yang dilanjutkan dengan analisis menggunakan perangkat lunak *statistical package for the social sciences* (SPSS)**.** Uji *jar test* bertujuan untuk mengetahui hubungan antara variasi dosis kapur tohor terhadap peningkatan nilai pH air asam tambang, sedangkan analisis SPSS digunakan untuk menentukan dosis optimum kapur tohor yang mampu menghasilkan nilai pH sesuai dengan baku mutu. Dosis optimum yang diperoleh selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam perhitungan kebutuhan kapur tohor berdasarkan debit air yang masuk ke KPL *Pit* Barat.

4.2.1 Hasil Uji *Jar Test*

Uji *jar test* dilakukan menggunakan sampel air asam tambang yang diambil dari titik *inlet* KPL *Pit* Barat. Pengujian dilakukan dengan memberikan variasi dosis kapur tohor (CaO) secara bertahap, yaitu 0,00 gr/L, 0,05 gr/L, 0,10 gr/L, 0,15 gr/L, dan 0,20 gr/L**.** Setelah proses pengadukan (*rapid mixing* dan *slow mixing*) serta pengendapan selesai, dilakukan pengukuran nilai pH menggunakan pH meter. Hasil pengujian disajikan pada Tabel 4.3

Tabel 4.3 Hasil Uji *Jar Test*

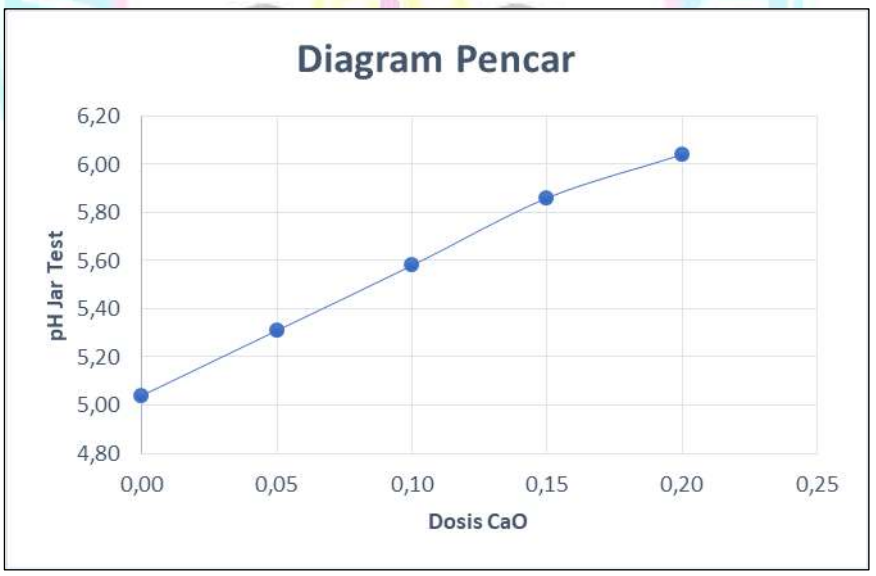
No	Dosis CaO (gr/L)	pH Hasil
1	0,00	5,04
2	0,05	5,31
3	0,10	5,58
4	0,15	5,86
5	0,20	6,04

Sumber: Penulis, 2026

Berdasarkan Tabel 4.3, terlihat bahwa nilai pH air asam tambang mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya dosis kapur tohor yang diberikan. Pada kondisi awal tanpa penambahan kapur tohor (0,00 gr/L), nilai pH sampel sebesar 5,04. Setelah penambahan kapur tohor sebesar 0,05 gr/L, nilai pH meningkat menjadi 5,31, kemudian menjadi 5,58 pada dosis 0,10 gr/L**,** dan 5,86 pada dosis 0,15 gr/L**.**

Pada dosis 0,20 gr/L, nilai pH meningkat menjadi 6,04, sehingga telah memenuhi kisaran baku mutu air limbah pertambangan, yaitu pH 6,00–9,00 sesuai dengan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penambahan kapur tohor (CaO) mampu meningkatkan nilai pH air asam tambang secara bertahap hingga memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan.

Untuk memperjelas hubungan antara variasi dosis kapur tohor dan nilai pH hasil pengolahan, data hasil uji *jar test* disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.4.



Sumber: Penulis, 2026

Gambar 4.4 Grafik Hubungan Dosis Kapur Tohor terhadap Nilai pH Hasil Uji *Jar Test*

Berdasarkan Gambar 4.4, terlihat bahwa peningkatan dosis kapur tohor diikuti oleh peningkatan nilai pH air asam tambang. Kenaikan nilai pH

terjadi secara bertahap pada setiap penambahan dosis kapur tohor, yang menunjukkan adanya hubungan positif antara dosis kapur tohor dan peningkatan nilai pH. Berdasarkan hasil uji *jar test*, dosis 0,20 gr/L merupakan variasi dosis yang pertama kali menghasilkan nilai pH sesuai dengan baku mutu. Selanjutnya, data hasil uji *jar test* dianalisis menggunakan SPSS untuk memperoleh dosis optimum kapur tohor yang lebih presisi.

4.2.2 Penentuan Dosis Optimum Menggunakan SPSS

Data hasil *jar test* yang telah diperoleh pada subbab sebelumnya selanjutnya dianalisis menggunakan perangkat lunak *statistical package for the social sciences* (SPSS) menggunakan metode regresi linear sederhana untuk mengetahui hubungan antara dosis kapur tohor (CaO) terhadap nilai pH hasil pengolahan air asam tambang. Analisis regresi dilakukan untuk memperoleh model matematis yang digunakan dalam memperkirakan dosis kapur tohor yang diperlukan agar nilai pH mencapai 6,00 sebagai batas minimum baku mutu sesuai dengan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021.

Hasil analisis regresi menghasilkan model matematis sebagai berikut:

$$Y=a + bX \quad (4.1)$$

Keterangan:

Y = Nilai pH hasil pengolahan
X = Dosis kapur tohor (gr/L)
a = Konstanta
b = Koefisien regresi

Berdasarkan hasil pengolahan data uji *jar test*, diperoleh nilai konstanta (a) sebesar 5,056 dan koefisien regresi (b) sebesar 5,1, sehingga model regresi yang terbentuk adalah:

$5{,}056 + 5{,}1X$ .....(4.2)

Nilai koefisien determinasi (R^2) yang diperoleh sebesar 0,995, yang menunjukkan bahwa 99,5% variasi nilai pH hasil pengolahan air asam tambang dapat dijelaskan oleh variasi dosis kapur tohor (CaO).

Selanjutnya dilakukan estimasi dosis kapur tohor untuk mencapai nilai pH 6,00, sehingga diperoleh:

$6{,}00 = 5{,}056 + 5{,}1X$ ..... (4.3)

$X = (6{,}00 - 5{,}056) / 5{,}1$
$X = 0{,}19$ gr/L

Berdasarkan hasil analisis regresi menggunakan SPSS diperoleh hubungan linear positif antara dosis kapur tohor (CaO) dan peningkatan nilai pH hasil pengolahan air asam tambang. Hal tersebut menunjukkan bahwa peningkatan dosis kapur tohor diikuti oleh peningkatan nilai pH sehingga model regresi dapat digunakan untuk memperkirakan kebutuhan kapur tohor dalam proses netralisasi.

Hasil analisis menunjukkan bahwa dosis kapur tohor yang diperlukan untuk mencapai nilai pH 6,00 sebagai batas minimum baku mutu adalah sebesar 0,19 gr/L. Nilai tersebut merupakan hasil estimasi model regresi berdasarkan data hasil *jar test* sehingga memberikan nilai yang lebih representatif dibandingkan hanya menggunakan salah satu variasi dosis hasil pengujian laboratorium.

Hasil estimasi tersebut sejalan dengan hasil *jar test*, dimana pada dosis 0,20 gr/L diperoleh nilai pH sebesar 6,04 yang telah memenuhi baku mutu sesuai Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021. Selisih yang relatif kecil antara hasil estimasi regresi dan hasil pengujian laboratorium menunjukkan bahwa model regresi mampu memperkirakan dosis minimum yang diperlukan untuk mencapai nilai pH sesuai baku mutu.

Dengan demikian, dosis kapur tohor sebesar 0,19 gr/L ditetapkan sebagai dosis optimum dan digunakan sebagai dasar dalam perhitungan kebutuhan kapur tohor pada kolam pengendapan lumpur (KPL) *Pit* Barat PT Lematang Coal Lestari. Dosis optimum tersebut selanjutnya digunakan sebagai acuan dalam perhitungan kebutuhan kapur pada kondisi aktual di lapangan.

4.2.3 Kebutuhan Kapur Tohor

Perhitungan kebutuhan kapur tohor dilakukan berdasarkan dosis optimum hasil analisis SPSS sebesar 0,19 gr/L serta data debit air asam tambang yang masuk ke KPL *Pit* Barat. Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui jumlah kapur tohor yang dibutuhkan agar proses netralisasi mampu mempertahankan nilai pH air hasil pengolahan sesuai dengan baku mutu yang berlaku. Perhitungan kebutuhan kapur tohor menggunakan Persamaan (Lelboi *et al*., 2024):

$$\text{Kebutuhan Dosis CaO (Kg/Hari)} = \frac{\text{Dosis Optimum}\left(\frac{gr}{L}\right) \times \text{Debit Air}\left(\frac{L}{Hari}\right)}{1000} \quad \text{.....(4.4)}$$

Keterangan:

K = Kebutuhan kapur tohor (kg/hari)

D = Dosis optimum kapur tohor (gr/L)

Q = Debit air asam tambang (L/hari)

1000 = Faktor konversi dari gram menjadi kilogram

Contoh Perhitungan:

Diketahui:

Dosis optimum = 0,19 gr/L

Debit air = 1.100.000 (L/hari)

Maka,

$$\text{Kebutuhan Dosis CaO (Kg/Hari)} = \frac{0{,}19 \times 1.100.000}{1000} \quad \text{.....(4.5)}$$

$$= 209{,}00 \text{ kg/hari}$$

Perhitungan yang sama dilakukan untuk seluruh data debit selama periode penelitian. Hasil perhitungan kebutuhan kapur tohor disajikan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Kebutuhan Kapur Tohor Berdasarkan Dosis Optimum

Tanggal	Debit Air (L/hari)	Dosis Optimum (gr/L)	Kebutuhan CaO (kg/hari)
10-03-2026	1.100.000	0,19	209,00
11-03-2026	1.260.000	0,19	239,40
12-03-2026	1.275.190	0,19	242,29
13-03-2026	680.000	0,19	129,20
14-03-2026	520.000	0,19	98,80
15-03-2026	1.070.200	0,19	203,34
16-03-2026	520.000	0,19	98,80
17-03-2026	548.000	0,19	104,12
18-03-2026	505.000	0,19	95,95
19-03-2026	486.000	0,19	92,34
20-03-2026	610.000	0,19	115,90
21-03-2026	818.390	0,19	155,49
22-03-2026	618.080	0,19	117,44
25-03-2026	560.000	0,19	106,40
28-03-2026	490.000	0,19	93,10
31-03-2026	824.110	0,19	156,58

Sumber: Penulis, 2026

Berdasarkan Tabel 4.4, kebutuhan kapur tohor mengalami perubahan pada setiap periode pengamatan mengikuti variasi debit air asam tambang yang dipompa menuju KPL *Pit* Barat. Debit air selama periode penelitian berkisar antara 486.000 L/hari hingga 1.275.190 L/hari. Berdasarkan dosis optimum sebesar 0,19 gr/L, kebutuhan kapur tohor yang dihitung berada pada kisaran 92,34 kg/hari hingga 242,29 kg/hari. Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin besar debit air yang dipompa menuju KPL, semakin besar pula kebutuhan kapur tohor yang diperlukan untuk proses netralisasi. Sebaliknya, ketika debit air menurun, kebutuhan kapur tohor juga menjadi lebih kecil. Dengan demikian, kebutuhan kapur tohor

dipengaruhi oleh debit air asam tambang yang diolah menggunakan dosis optimum sebesar 0,19 gr/L.

4.3 Evaluasi Penggunaan Kapur Tohor

Evaluasi penggunaan kapur tohor dilakukan untuk mengetahui kesesuaian antara kebutuhan kapur tohor hasil perhitungan dengan penggunaan kapur tohor aktual yang diterapkan pada proses netralisasi air asam tambang di KPL *Pit* Barat PT Lematang Coal Lestari *Site* CBE. Evaluasi ini dilakukan berdasarkan hasil perhitungan kebutuhan kapur menggunakan dosis optimum sebesar 0,19 gr/L, kemudian dibandingkan dengan data penggunaan kapur tohor aktual selama periode penelitian. Selain itu, evaluasi juga mempertimbangkan hasil pengukuran pH *inlet* dan pH *outlet* sebagai indikator keberhasilan proses netralisasi air asam tambang

Berdasarkan tujuan tersebut, pembahasan evaluasi penggunaan kapur tohor dibagi menjadi dua bagian, yaitu penggunaan kapur tohor aktual dan evaluasi kesesuaian antara kebutuhan kapur hasil perhitungan dengan penggunaan kapur tohor aktual di lapangan.

4.3.1 Penggunaan Kapur Tohor Aktual

Data penggunaan kapur tohor aktual diperoleh dari dokumen monitoring operasional KPL *Pit* Barat PT Lematang Coal Lestari *Site* CBE selama periode penelitian. Berdasarkan data operasional perusahaan, setiap pompa yang beroperasi menggunakan 2 sak kapur tohor dengan berat masing-masing 50 kg, sehingga jumlah kapur tohor yang digunakan adalah 100 kg setiap kali pompa dioperasikan. Data penggunaan kapur tohor aktual disajikan pada Tabel 4.5

Tabel 4.5 Penggunaan Kapur Tohor Aktual pada KPL *Pit* Barat

Tanggal	Jumlah Sak	Berat per Sak (kg)	Penggunaan Aktual (kg)
10-03-2026	2	50	100
11-03-2026	2	50	100
12-03-2026	2	50	100
13-03-2026	2	50	100
14-03-2026	2	50	100
15-03-2026	2	50	100

Tanggal	Jumlah Sak	Berat per Sak (kg)	Penggunaan Aktual (kg)
16-03-2026	2	50	100
17-03-2026	2	50	100
18-03-2026	2	50	100
19-03-2026	2	50	100
20-03-2026	2	50	100
21-03-2026	2	50	100
22-03-2026	2	50	100
25-03-2026	2	50	100
28-03-2026	2	50	100
31-03-2026	2	50	100

Sumber: Perusahaan, 2026

Berdasarkan Tabel 4.5 diketahui bahwa penggunaan kapur tohor selama periode penelitian relatif konstan, yaitu sebanyak 2 sak atau 100 kg setiap kali pompa dioperasikan. Hal tersebut menunjukkan bahwa penggunaan kapur tohor dilakukan berdasarkan prosedur operasional perusahaan sehingga jumlah kapur yang digunakan tidak mengalami perubahan pada setiap periode pengoperasian pompa. Data penggunaan aktual ini selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam mengevaluasi kesesuaian antara kebutuhan kapur hasil perhitungan dengan penggunaan kapur tohor yang diterapkan di lapangan.

4.3.2 Evaluasi Penggunaan Kapur Tohor

Evaluasi penggunaan kapur tohor dilakukan dengan membandingkan kebutuhan kapur tohor hasil perhitungan menggunakan dosis optimum sebesar 0,19 gr/L dengan penggunaan kapur tohor aktual di KPL *Pit* Barat. Penggunaan kapur tohor aktual diperoleh dari data operasional perusahaan, sedangkan kebutuhan kapur tohor dihitung berdasarkan debit air asam tambang yang masuk ke KPL. Perbandingan tersebut bertujuan untuk mengetahui kesesuaian penggunaan kapur tohor dalam proses netralisasi air asam tambang berdasarkan kondisi aktual di lapangan. Hasil perbandingan antara kebutuhan kapur tohor hasil perhitungan dengan penggunaan kapur tohor aktual disajikan pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Perbandingan Kebutuhan Kapur Tohor Hasil Perhitungan dan Penggunaan Aktual

Tanggal	Kebutuhan CaO (kg/hari)	Penggunaan Aktual (kg)	Selisih (kg)
10-03-2026	209,00	100	109,00
11-03-2026	239,40	100	139,40
12-03-2026	242,29	100	142,29
13-03-2026	129,20	100	29,20
14-03-2026	98,80	100	-1,20
15-03-2026	203,34	100	103,34
16-03-2026	98,80	100	-1,20
17-03-2026	104,12	100	4,12
18-03-2026	95,95	100	-4,05
19-03-2026	92,34	100	-7,66
20-03-2026	115,90	100	15,90
21-03-2026	155,49	100	55,49
22-03-2026	117,44	100	17,44
25-03-2026	106,40	100	6,40
28-03-2026	93,10	100	-6,90
31-03-2026	156,58	100	56,58

Sumber: Penulis, 2026

Keterangan:

Selisih = Kebutuhan Kapur Tohor − Penggunaan Aktual.

Berdasarkan Tabel 4.6 diketahui bahwa terdapat perbedaan antara kebutuhan kapur tohor hasil perhitungan dengan penggunaan kapur tohor aktual di lapangan. Pada beberapa periode pengamatan, kebutuhan kapur tohor lebih besar dibandingkan penggunaan aktual, sedangkan pada periode lainnya penggunaan aktual lebih besar daripada kebutuhan hasil perhitungan. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa jumlah kapur tohor yang digunakan selama proses netralisasi belum selalu sama dengan kebutuhan kapur berdasarkan kondisi air asam tambang yang diolah pada setiap hari pengamatan.

Perbedaan kebutuhan kapur tohor dipengaruhi oleh perubahan debit air yang dipompa menuju KPL. Semakin besar debit air yang diolah, semakin besar pula jumlah kapur tohor yang diperlukan untuk meningkatkan nilai pH hingga memenuhi baku mutu. Sebaliknya, ketika debit air menurun, kebutuhan kapur tohor juga menjadi lebih kecil. Selain debit air, nilai pH *inlet* yang berfluktuasi selama periode penelitian turut memengaruhi jumlah kapur tohor yang dibutuhkan. Air asam tambang dengan tingkat keasaman yang lebih tinggi memerlukan jumlah kapur tohor yang lebih besar untuk mencapai pH sesuai baku mutu. Selain itu, waktu tinggal (*retention time*) air di dalam KPL juga dapat memengaruhi proses netralisasi karena semakin singkat waktu kontak antara kapur tohor dan air asam tambang, semakin kecil kesempatan reaksi netralisasi berlangsung secara optimal.

Meskipun terdapat perbedaan antara kebutuhan kapur tohor hasil perhitungan dan penggunaan kapur tohor aktual, hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai pH *outlet* selama periode penelitian tetap berada pada kisaran 6,02–6,15**,** sehingga telah memenuhi baku mutu air limbah pertambangan sesuai dengan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021. Hal tersebut menunjukkan bahwa penggunaan kapur tohor yang diterapkan di KPL *Pit* Barat mampu meningkatkan nilai pH air asam tambang hingga memenuhi baku mutu. Namun demikian, penyesuaian penggunaan kapur berdasarkan kebutuhan hasil perhitungan dapat menjadi pertimbangan agar penggunaan kapur tohor lebih sesuai dengan kebutuhan proses netralisasi di lapangan.

BAB V
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai penggunaan kapur tohor (CaO) pada KPL *Pit* Barat PT Lematang Coal Lestari *Site* CBE, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai pH *inlet* air asam tambang selama

   periode penelitian berada pada kisaran 4,93–5,22 dengan rata-rata sebesar 5,10**,** sedangkan nilai pH *outlet* berada pada kisaran 6,02–6,15 dengan rata-rata sebesar 6,09. Hasil tersebut menunjukkan bahwa proses netralisasi menggunakan kapur tohor (CaO) mampu meningkatkan nilai pH air asam tambang sehingga seluruh nilai pH *outlet* telah memenuhi baku mutu air limbah pertambangan sesuai dengan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021.

3. Berdasarkan hasil uji *Jar Test* dan analisis menggunakan SPSS, diperoleh dosis optimum kapur tohor (CaO) sebesar 0,19 gr/L. Dosis tersebut selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam menghitung kebutuhan kapur tohor berdasarkan debit air asam tambang yang masuk ke KPL *Pit* Barat. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa kebutuhan kapur tohor berubah setiap hari mengikuti perubahan debit air yang masuk ke KPL *Pit* Barat.
4. Berdasarkan hasil perhitungan kebutuhan kapur tohor menggunakan dosis optimum sebesar 0,19 gr/L**,** diperoleh total debit air asam tambang yang diolah selama periode penelitian sebesar 11.885,97 m^3 dengan total kebutuhan kapur tohor sebesar 2.258,15 kg atau setara dengan 45,16 sak. Sementara itu, penggunaan kapur tohor aktual yang diterapkan oleh perusahaan adalah sebanyak 2 sak atau 100 kg setiap kali pompa dioperasikan, sehingga total penggunaan kapur tohor selama periode penelitian sebesar 1.600 kg atau 32 sak**.** Berdasarkan hasil perbandingan antara kebutuhan kapur tohor hasil perhitungan dan penggunaan aktual di lapangan, diperoleh selisih penggunaan kapur sebesar 658,15 kg atau setara

dengan 13,16 sak**.** Hasil tersebut menunjukkan bahwa penggunaan kapur tohor di lapangan masih memiliki perbedaan terhadap kebutuhan hasil perhitungan, meskipun nilai pH *outlet* selama periode penelitian tetap memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka beberapa saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut.

1. Pemantauan pH *inlet*, pH *outlet*, dan debit air asam tambang perlu dilakukan secara berkala sebagai dasar dalam menentukan kebutuhan kapur tohor. Dengan demikian, proses netralisasi dapat berlangsung lebih optimal dan kualitas air hasil pengolahan tetap memenuhi baku mutu yang ditetapkan.
2. PT Lematang Coal Lestari *Site* CBE disarankan untuk mempertimbangkan penyesuaian penggunaan kapur tohor berdasarkan kebutuhan hasil perhitungan menggunakan dosis optimum sebesar 0,19 gr/L dan debit air asam tambang yang masuk ke KPL, sehingga penggunaan kapur tohor dapat lebih sesuai dengan kondisi aktual di lapangan.
3. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengevaluasi pengaruh faktor lain yang dapat memengaruhi proses netralisasi air asam tambang, seperti waktu tinggal (*retention time*), intensitas curah hujan, serta karakteristik kimia air asam tambang, sehingga diperoleh rekomendasi penggunaan kapur tohor yang lebih komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

Akcil, A., & Koldas, S. (2006). Acid mine drainage (AMD): causes, treatment and case studies. *Journal of Cleaner Production, 14*(12-13), 1139–1145. doi.org

Ambarsari, S , I., Sunandar, S., & Muh Dedin Setiawan, dan. (2023a). Kajian Pengolahan Air Asam Tambang Menggunakan Kapur Tohor (Ca(OH) 2) di Kolam Pengendapan Lumpur (Settling Pond) Study of Acid Mine Drainage Treatment Using Calcium Oxide (Ca(OH) 2) in Settling Pond in South Kalimantan. Mining Science and Technology Journal, 2(2), 91–96.

Gautama, R. S. (2014). *Pembentukan, Pengendalian dan Pengelolaan Air Asam Tambang*. Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan, Institut Teknologi Bandung.

Kusuma, A., Marsudi, & Yusuf, W. (2015). Rancang bangun alat pengolah air gambut sederhana sebagai solusi permasalahan air bersih masyarakat pedesaan. *Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Tanjungpura*, 1–10.

Lelboi, J., Kadaria, U., & Pramadita, S. (2024). Motor pompa DC sebagai mesin alat pengaduk pada proses koagulasi. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, *12*(3), 631–638.

Mosai, A. K., Cukrowska, E. M., & Tutu, H. (2024). Wetland processes affecting acid mine drainage mitigation and hydraulic retention time considerations. *Journal of African Earth Sciences*, *210*(1), 105–114.

Naufal, R., & Asrifah, R. D. (2026). Efektivitas pengolahan aktif-pasif kapur dan wetland terhadap parameter pH dan mangan air asam tambang. *Kurvatek*, *11*(1), 101–110. doi.org

Nurisman, M., Gautama, R. S., & Kusuma, G. J. (2012). Pengaturan dosis kapur tohor berdasarkan karakteristik fluktuasi air asam tambang harian. *Jurnal Teknologi Pertambangan*, *18*(2), 45–52.

Nurwaskito, A., & Shanthy, N. (2025). Analisis karakteristik geologi pembentuk air asam tambang dan dampaknya terhadap fluktuasi KPL Pit Barat. *Jurnal Sains Tambang Terpadu*, *4*(1), 78–86.

Otunola, B. O., & Mhangara, S. (2024). Active treatment techniques for acid mine drainage: A review on quicklime application. *Environmental Science and Pollution Research*, *31*(8), 12140–12155. doi.org

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2021 Nomor 32.

Rahmi, N., & Saputra, D. A. (2023). Penilaian kualitas air asam tambang dan evaluasi waktu tinggal air di kolam pengendapan lumpur aktif. *Jurnal Pengelolaan Lingkungan Tambang*, *6*(2), 112–120.

Sari, S., & Shinthya, R. (2024). Analisis parameter utama kualitas air dan penentuan ambang batas baku mutu pengelolaan air asam tambang batubara. *Jurnal Sains Lingkungan*, *15*(1), 34–42.

Sari, S., & Wahyuni, T. (2025). Evaluasi efisiensi pengolahan aktif air asam tambang menggunakan media bahan alkali kalsium oksida (CaO). *Jurnal Teknologi Mineral*, *12*(1), 15–23.

Sugiyono. (2019). *Statistika untuk Penelitian*. Alfabeta.

Wibowo, A., & Pratama, R. (2024). Identifikasi karakteristik air asam tambang berkelanjutan berdasarkan aspek hidrologi batuan kompartemen KPL. *Jurnal Rekayasa Tambang*, *9*(3), 140–149.

Yolanda, A., & Lestari, K. (2023). Proses oksidasi mineral sulfida pirit dan dampaknya terhadap kelarutan logam besi terlarut. *Jurnal Kimia Lingkungan Tambang*, *11*(2), 203–210.

LAMPIRAN A

DOKUMENTASI PENELITIAN DI LAPANGAN



Sumber: Penulis,2026

Gambar A.1 Kondisi *Inlet* KPL Pit Barat



Sumber: Penulis,2026

Gambar A.2 Persediaan kapur tohor (CaO) yang digunakan dalam proses netralisasi.



Sumber: Penulis,2026

Gambar A.3 Kondisi sump Pit Barat.

LAMPIRAN B

DATA HASIL PENGUKURAN pH AIR ASAM TAMBANG

Tabel B.1 Data Hasil Pengukuran pH *Inlet* Air Asam Tambang di KPL *Pit* Barat

No	Tanggal	*pH Inlet*
1	10-03-2026	4,96
2	11-03-2026	5,08
3	12-03-2026	5,17
4	13-03-2026	5,11
5	14-03-2026	4,93
6	15-03-2026	5,20
7	16-03-2026	5,04
8	17-03-2026	5,15
9	18-03-2026	5,09
10	19-03-2026	5,18
11	20-03-2026	5,07
12	21-03-2026	5,22
13	22-03-2026	5,14
14	23-03-2026	5,03
15	24-03-2026	4,99
16	25-03-2026	5,06
17	26-03-2026	5,13
18	27-03-2026	5,01
19	28-03-2026	4,98
20	29-03-2026	5,10
21	30-03-2026	5,16
22	31-03-2026	5,05

Sumber: Penulis, 2026

Tabel B.2 Data Hasil Pengukuran pH *Outlet* Air Asam Tambang di KPL *Pit* Barat

No	Tanggal	pH *Outlet*
1	10-03-2026	6,03
2	11-03-2026	6,08
3	12-03-2026	6,11
4	13-03-2026	6,07
5	14-03-2026	6,02
6	15-03-2026	6,12
7	16-03-2026	6,05
8	17-03-2026	6,10
9	18-03-2026	6,09
10	19-03-2026	6,13
11	20-03-2026	6,08
12	21-03-2026	6,15
13	22-03-2026	6,11
14	23-03-2026	6,06
15	24-03-2026	6,04
16	25-03-2026	6,09
17	26-03-2026	6,12
18	27-03-2026	6,07
19	28-03-2026	6,05
20	29-03-2026	6,10
21	30-03-2026	6,14
22	31-03-2026	6,08

Sumber: Penulis, 2026

LAMPIRAN C

DATA DEBIT AIR KPL PIT BARAT

Tabel C.1 Hasil Perhitungan Debit Air yang Dipompa Menuju KPL Pit Barat

Tanggal	HM (Jam)	Debit (m^3/jam)	Debit Air (m^3/hari)
10-03-2026	11,0	100,00	1.100,00
11-03-2026	12,6	100,00	1.260,00
12-03-2026	10,4	122,61	1.275,19
13-03-2026	6,8	100,00	680,00
14-03-2026	5,2	100,00	520,00
15-03-2026	18,7	57,23	1.070,20
16-03-2026	9,09	57,23	520,00
17-03-2026	9,57	57,23	548,00
18-03-2026	8,82	57,23	505,00
19-03-2026	8,49	57,23	486,00
20-03-2026	10,66	57,23	610,00
21-03-2026	14,3	57,23	818,39
22-03-2026	10,8	57,23	618,08
25-03-2026	9,79	57,23	560,00
28-03-2026	8,56	57,23	490,00
31-03-2026	14,4	57,23	824,11

Sumber: Penulis, 2026

LAMPIRAN D
DATA HASIL UJI JAR TEST DAN OUTPUT ANALISIS REGRESI

Tabel D.1 Hasil Uji *Jar Test*

No	Dosis CaO (gr/L)	pH Hasil
1	0,00	5,04
2	0,05	5,31
3	0,10	5,58
4	0,15	5,86
5	0,20	6,04

Penulis, 2026

3	SUMMARY OUTPUT								
5	*Regression Statistics*								
6	Multiple R	0.99749503							
7	R Square	0.99499633							
8	Adjusted R Square	0.99332844							
9	Standard Error	0.03301515							
10	Observations	5							
12	ANOVA								
13		*df*	*SS*	*MS*	*F*	*Significance F*			
14	Regression	1	0.65025	0.65025	596.5596	0.000150444			
15	Residual	3	0.00327	0.00109					
16	Total	4	0.65352						
18		*Coefficients*	*Standard Error*	*t Stat*	*P-value*	*Lower 95%*	*Upper 95%*	*Lower 95.0%*	*Upper 95.0%*
19	Intercept	5.056	0.025573424	197.70525	2.85E-07	4.974613952	5.137386	4.974613952	5.137386048
20	X Variable 1	5.1	0.20880613	24.42457	0.00015	4.435485702	5.7645143	4.435485702	5.764514298

Penulis, 2026

Gambar D.1 Output SPSS

LAMPIRAN E

LAMPIRAN VI PERATURAN PEMERINTAH REPUBLIK INDONESIA NOMOR 22 TAHUN 2021 TENTANG PENYELENGGARAAN PERLINDUNGAN DAN PENGELOLAAN LINGKUNGAN HIDUP

Tabel E.1 Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021

(Lampiran VI)

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu Air Permukaan	Keterangan
1	pH	-	6,0 – 9,0	Kisaran pH yang diperbolehkan di badan air
2	Total Suspended Solids (TSS)	mg/L	≤ 40 – 50	Nilai tergantung kelas air (umum)
3	Fe (Besi)	mg/L	≤ 0,3	Logam terlarut batas maksimum
4	Mn (Mangan)	mg/L	≤ 0,1	Logam terlarut batas maksimum