

SKRIPSI

ANALISIS EFEKTIVITAS KAPUR TOHOR (CaO) DAN ALUMINIUM SULFAT (Al_2SO_4) DALAM PROSES NETRALISASI DAN KOAGULASI AIR ASAM TAMBANG DI PT BUKIT ASAM Tbk



OLEH

NAMA : WINDARI CATURRATIWI
NIM : 10031282126026

PROGRAM STUDI KESEHATAN LINGKUNGAN (S1)
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2025

SKRIPSI

ANALISIS EFEKTIVITAS KAPUR TOHOR (CaO) DAN ALUMINIUM SULFAT (Al_2SO_4) DALAM PROSES NETRALISASI DAN KOAGULASI AIR ASAM TAMBANG DI PT BUKIT ASAM Tbk

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar (S1)
Sarjana Kesehatan Lingkungan pada Fakultas Kesehatan Masyarakat
Universitas Sriwijaya



OLEH

NAMA : WINDARI CATURRATIWI
NIM : 10031282126026

**PROGRAM STUDI KESEHATAN LINGKUNGAN (S1)
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2025**

**KESEHATAN LINGKUNGAN
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**
Skripsi, 08 Mei 2025

Windari Caturratiwi; Dibimbing oleh Inoy Trisnaini, S.K.M., M.KL.

**Analisis Efektivitas Kapur Tohor (CaO) dan Aluminium Sulfat (Al_2SO_4)
dalam Proses Netralisasi dan Koagulasi Air Asam Tambang di PT Bukit
Asam Tbk**

xvii + 94 halaman, 24 tabel, 6 gambar, 6 lampiran

ABSTRAK

Tingginya produksi batubara di PTBA mengakibatkan peningkatan limbah Air Asam Tambang yang tidak memenuhi standar baku mutu, yang dapat menyebabkan dampak negatif bagi lingkungan dan kesehatan masyarakat sekitar pertambangan. Penelitian ini bertujuan menganalisis efektivitas kapur tohor (CaO) dan aluminium sulfat (Al_2SO_4) dalam proses netralisasi dan koagulasi air asam tambang di PT Bukit Asam Tbk. Penelitian ini menggunakan rancangan penelitian deskriptif analitik berupa studi experimental *Pretest-Posttest Control Group Design*. Sampel yang digunakan sebanyak 30 sampel yang terdiri dari AAT sebelum dan setelah hujan yang diambil dengan teknik *purposive random sampling*, dengan 5 dosis kapur (0,1 gr, 0,3 gr, 0,5 gr, 0,7 gr dan 1 gr). Metode pengujian penelitian ini pada skala laboratorium menggunakan uji jartes dan uji statistik berupa uji *One Way Anova*. Hasil uji anova diperoleh nilai *P-Value* (0,122-0,544) > alpha (0,05) pada kondisi AAT sebelum hujan, setelah hujan diperoleh nilai *P-Value* (0,126-0,448) > alpha (0,05), disimpulkan tidak ada perbedaan signifikan antara kualitas AAT sebelum dan sesudah hujan. Uji lanjut *post hoc test* TSS dan Fe menunjukkan nilai *P-Value* 0,009 dan 0,018 > alpha (0,05), disimpulkan ada perbedaan signifikan antara kualitas AAT. Penentuan tingkat efektivitas didasarkan pada hasil uji laboratorium karena hasil uji statistik tidak dapat menunjukkan secara keseluruhan. Kesimpulan pada penelitian ini yaitu dosis kapur tohor dan tawas efektif dalam proses netralisasi dan koagulan kualitas AAT (pH, TSS, Fe dan Mn) pada konsentrasi tertentu sesuai dengan standar baku mutu. Namun proses netralisasi dan koagulasi difaktori oleh kondisi AAT dan pengadukan sempurna jartes. Hasil penelitian ini dapat digeneralisasikan pada KPL lain yang memiliki sumber yang sama dan mempertimbangkan kondisi AAT agar optimal dan tidak memberikan dampak negatif.

Kata Kunci : Kualitas Air Asam Tambang (AAT), Kapur Tohor (CaO) dan Tawas (Al_2SO_4).
Kepustakaan : 86 (1982-2024)

**ENVIRONMENTAL HEALTH PROGRAM
PUBLIC HEALTH FACULTY
SRIWIJAYA UNIVERSITY**
Skripsi, 08 May 2025

Windari Caturratiwi; Guided by Inoy Trisnaini, S.K.M., M.KL.

Analysis of the Effectiveness of Tohor Lime (CaO) and Aluminium Sulfate (Al₂SO₄) in the Neutralization and Coagulation Process of Acid Mine Drainage at PT Bukit Asam Tbk

xvii + 94 pages, 24 tables, 6 image, 6 appendix

ABSTRACT

*High coal production at PT Bukit Asam (PTBA) has led to an increase in acid mine drainage (AMD) waste that fails to meet quality standards, potentially causing adverse impacts on both the environment and public health in surrounding mining communities. This study aimed to assess the effectiveness of quicklime (CaO) and aluminum sulfate (Al₂SO₄) in the neutralization and coagulation processes of AMD. A descriptive-analytic design was employed using a pretest-posttest control group experimental setup. A total of 30 AMD samples were collected—before and after rainfall—using purposive random sampling. Five lime dosages (0.1 g, 0.3 g, 0.5 g, 0.7 g, and 1.0 g) were tested. Laboratory-scale experiments were conducted using jar tests, and data were analyzed with One-Way ANOVA. The ANOVA results indicated *p*-values ranging from 0.122 to 0.544 (before rainfall) and from 0.126 to 0.448 (after rainfall), all exceeding $\alpha = 0.05$, suggesting no significant differences in AMD quality. However, post hoc tests for TSS and Fe showed significant differences, with *p*-values of 0.009 and 0.018, respectively. The level of effectiveness was primarily determined based on laboratory results, as statistical tests alone were insufficient to capture the full extent of treatment performance. In conclusion, specific dosages of quicklime and alum were effective in improving AMD quality (pH, TSS, Fe, and Mn) to comply with quality standards. Treatment outcomes were influenced by initial AMD conditions and the adequacy of mixing during jar testing. These findings may be generalized to other mining sites with similar characteristics, provided that AMD conditions are carefully considered to optimize treatment and negative impacts.*

Keywords : Acid Mine Drainage (AMD) Quality, Tohor Lime (CaO) and Alum (Al₂SO₄).

Literature : 86 (1982-2024)

LEMBAR PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya dengan ini menyatakan bahwa skripsi ini dibuat dengan sejujurnya dengan mengikuti kaidah Etika Akademik FKM Unsri serta menjamin bebas Plagiarisme. Bila kemudian diketahui saya melanggar Etika Akademik maka saya bersedia dinyatakan tidak lulus/gagal.

Indralaya, 08 Mei 2025



Windari Caturratiwi
10031282126026

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS EFEKTIVITAS KAPUR TOHOR (CaO) DAN ALUMINIUM SULFAT (Al_2SO_4) DALAM PROSES NETRALISASI DAN KOAGULASI AIR ASAM TAMBANG DI PT BUKIT ASAM Tbk

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Kesehatan Lingkungan

Oleh:

WINDARI CATURRATIWI
10031282126026

Indralaya, 08 Mei 2025

Mengetahui,

Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat
Universitas Sriwijaya



Prof. Dr. Misnaniarti, S.K.M., M.K.M
NIP. 197606092002122001

Pembimbing

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Inoy' followed by a stylized surname.

Inoy Trisnaini, S.K.M., M.K.L
NIP. 198809302015042003

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul “Analisis Efektivitas Kapur Tohor (CaO) dan Aluminium Sulfat (Al₂SO₄) dalam Proses Netralisasi dan Koagulasi Air Asam Tambang di PT Bukit Asam Tbk” telah dipertahankan di hadapan tim penguji Skripsi Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sriwijaya pada tanggal 02 Mei 2025.

Indralaya, 06 Mei 2025

Tim Penguji Skripsi

Ketua:

1. Yustini Ardillah, S.K.M., M.P.H.
NIP. 198807242019032015

()

Anggota:

1. Frisca Rahmadina, S.K.M., M.P.H.
NIP. 199402132024062001
2. Inoy Trisnaini, S.K.M., M.KL
NIP. 198809302015042003

()
()

Mengetahui,

Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat
Universitas Sriwijaya



Prof. Dr. Misnaniarti, S.K.M., M.K.M
NIP. 197606092002122001

Koordinator Program Studi
Kesehatan Lingkungan



Dr. Elvi Surnarsih, S.K.M., M.Kes
NIP. 19780628200912004

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Data Pribadi

Nama : Windari Caturratiwi
NIM : 10031282126026
Tempat, Tanggal Lahir : Tanjung Enim, 29 Mei 2003
Agama : Islam
Jenis Kelamin : Perempuan
Alamat : Jl. Lingga Raya No. 59, Tanjung Enim
Email : windarictiwi@gmail.com
No. Telepon/HP : 081279783005

Riwayat Pendidikan

2021 – sekarang Program Studi Kesehatan Lingkungan Fakultas Kesehatan
Masyarakat Universitas Sriwijaya
2018 - 2021 SMA Negeri 1 Lawang Kidul
2015 – 2018 SMP Negeri 1 Lawang Kidul
2009 – 2015 SD Negeri 6 Lawang Kidul
2008 - 2009 TK Pertiwi Tanjung Enim

Riwayat Organisasi

2022 – 2024 Anggota Departemen Kominfo, Comdev dan Hubungan
Kelembagaan (HK) UKM U-READ Universitas Sriwijaya
2022 - 2024 Anggota Departemen Hubungan Eksternal (Hubeks)
Himpunan Mahasiswa Kesehatan Lingkungan UNSRI
2021 – 2023 Kepala Departemen Creative Multimedia
SRE Universitas Sriwijaya
2021 – 2023 Kepala Divisi Desain
Himpunan Mahasiswa Kabupaten Muara Enim

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT., atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Analisis Efektivitas Kapur Tohor (CaO) dan Aluminium Sulfat (Al₂SO₄) dalam Proses Netralisasi dan Koagulasi Air Asam Tambang di PT Bukit Asam Tbk”**. Dalam penulisan ini, penulis mengharapkan semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi segenap civitas akademika Fakultas Kesehatan Masyarakat, PT Bukit Asam Tbk, dan Masyarakat umum. Skripsi ini dapat terselesaikan atas bantuan, informasi dan saran serta bimbingan dari berbagai pihak secara tidak langsung maupun langsung, maka dari itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Misnaniarti, S.K.M., M.K.M., Selaku Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Sriwijaya.
2. Ibu Elvi Sunarsih, S.K.M., M.Kes., Selaku Ketua Jurusan Kesehatan Lingkungan Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Sriwijaya.
3. Ibu Inoy Trisnaini, S.K.M., M.K.L., Selaku Dosen Pembimbing skripsi yang membantu memberikan arahan, meluangkan waktu, memberikan motivasi, kritik saran dan masukan sejak awal proses penulisan hingga penulis menyelesaikan skripsi ini.
4. Bapak Prof. Dr. Rer. Med H. Hamzah Hasyim, S.K.M., M.K.M., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan akademik dan memotivasi sejak awal masuk perkuliahan hingga akhir.
5. Ibu Yustini Ardillah, S.K.M., M.P.H., selaku Dosen Penguji 1 yang telah membantu memberikan saran, masukan, arahan, meluangkan waktu, memberikan motivasi dan dorongan hingga skripsi ini berjalan dengan lancar.
6. Ibu Frisca Rahmadina, S.K.M., M.P.H., selaku Dosen Penguji 2 yang telah membantu memberikan saran, masukan, arahan, meluangkan waktu, memberikan motivasi dan dorongan hingga skripsi ini berjalan dengan lancar.
7. Ibu Dwi Septiawati, S.K.M., M.K.M., selaku dosen yang selalu siap sedia memberikan masukan ilmu tentang penulisan ilmiah, arahan, motivasi dan menjadi dosen favorit.

8. Seluruh Dosen dan Staff maupun Civitas Akademika Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sriwijaya.
9. Kedua orang tua (mamak, bapak) dan keluarga (mba eka, ayuk dhita, kak aldi, bik rifie) yang selalu memberikan doa dan dukungan moral serta semangat yang sangat berharga yang menjadi alasan untuk tetap semangat dalam menyelesaikan skripsi dan memberikan yang terbaik.
10. Satuan Kerja Pengelolaan Lingkungan Blok Timur PT Bukit Asam, Bapak Irwan, Bapak Iqbal, Bapak Emir, Mba Dwi, Mba Karin, Kak Nanda, Kak Fikri, Kak Ardian serta seluruh staff dan mahasiswa magang seperjuangan yang telah membantu saat proses penelitian, memberikan saran, masukkan, motivasi, informasi serta data, dan pengalaman baru yang berharga seputar dunia pertambangan.
11. Satuan Kerja Pengujian, yang telah membantu dalam menganalisa sampel air asam tambang dan memberikan arahan serta masukan selama di Laboratorium PT Bukit Asam Tbk.
12. Sahabat perjuangan perkuliahan Dinda Zainurrahma, Sophia Regina, Septia Cahyani, M. Wildan, Anisah Zalzabila, Salsabila Tridilazarfa, yang selalu mendukung dan menemani proses sejak awal perkuliahan hingga selesainya skripsi ini.
13. Teman seperjuangan bimbingan skripsi yang saling memberikan semangat, doa, informasi dan saran selama penyusunan skripsi.
14. Seluruh teman Kesehatan Lingkungan 2021 yang tidak bisa disebutkan satu per satu atas kebersamaan dan pengalaman yang sangat berharga selama perkuliahan.
15. Keluarga UKM U-READ yang telah berkontribusi dalam proses penyusunan skripsi atas informasi penulisan ilmiah, motivasi, doa, pengalaman dan kebersamaan serta doa yang menemani diperjalanan skripsi ini.
16. Sahabat-sahabat berkeluh kesah Afdhi, Leani, Nurul, Rara, Bertha, Putsof, Pio, Ais yang selalu mendengarkan keluh kesah, memberikan semangat, doa dan informasi seputar penulisan dan penelitian.

17. Kepada diri sendiri yang telah berhasil menyelesaikan skripsi ini yang dimulai sejak awal pembuatan hingga selesai dan telah mampu bertahan dengan kemampuan sendiri hingga sekarang.
18. Semua pihak yang membantu, memberikan doa, memberikan semangat dan berkontribusi dalam proses pelaksanaan skripsi dari awal hingga akhir yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan dalam penulisan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan segala saran dan kritikan yang membangun untuk perbaikan yang akan datang. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua orang terutama pembaca.

Indralaya, 08 Mei 2025

Penulis

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIK

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Windari Caturratiwi
NIM : 10031282126026
Program Studi : Kesehatan Lingkungan
Fakultas : Kesehatan Masyarakat
Jenis Karya Ilmiah : Skripsi

Dengan ini menyatakan menyetujui untuk memberikan kepada Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sriwijaya Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non Exclucive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

“ANALISIS EFEKTIVITAS KAPUR TOHOR (CaO) DAN ALUMINIUM SULFAT (Al₂SO₄) DALAM PROSES NETRALISASI DAN KOAGULASI AIR ASAM TAMBANG DI PT BUKIT ASAM Tbk”

Berserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database) merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat : di Indralaya
Pada Tanggal : 08 Mei 2025
Yang Menyatakan



Windari Caturratiwi
10031282126026

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
LEMBAR PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERSETUJUAN	v
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIK.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.3.1 Tujuan Umum	3
1.3.2 Tujuan Khusus	3
1.4 Manfaat.....	4
1.4.1 Bagi Peneliti.....	4
1.4.2 Bagi PT Bukit Asam Tbk.....	4
1.4.3 Bagi Fakultas Kesehatan Masyarakat	4
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	5
1.5.1 Lingkup Lokasi	5
1.5.2 Lingkup Materi	5
1.5.3 Lingkup Waktu	5
1.5.4 Lingkup Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Limbah	6
2.2 Industri Pertambangan Batubara	6

2.2.1	Proses Pertambangan Batubara.....	8
2.2.2	Proses Pengolahan Batubara	9
2.3	Air Asam Tambang Batubara.....	10
2.3.1	Reaksi Pembentukan Air Asam Tambang Batubara.....	12
2.3.2	Kategori Air Asam Tambang.....	14
2.3.3	Keadaan Yang Mempengaruhi Air Asam Tambang.....	15
2.3.4	Sumber Air Asam Tambang Batubara.....	16
2.3.5	Parameter dan Baku Mutu Air Asam Tambang.....	17
2.3.6	Dampak Negatif Air Asam Tambang	18
2.4	Pengelolaan Air Asam Tambang Batubara	19
2.4.1	Metode Pengelolaan Aktif (<i>Active Treatment</i>)	19
2.4.2	Metode Pengelolaan Pasif (<i>Passive Treatment</i>)	24
2.5	Kapur Tohor (CaO) dan Tawas (Al ₂ SO ₄)	25
2.5.1	Kapur Tohor.....	25
2.5.2	Tawas (Al ₂ SO ₄).....	25
2.5.3	Faktor Yang Mempengaruhi Dosis Kapur Tohor dan Tawas	26
2.5.4	Parameter Penentu Efektivitas Kapur Tohor dan Tawas	27
2.6	Penelitian Terdahulu	30
2.7	Kerangka Teori.....	33
2.8	Kerangka Konsep	34
2.9	Definisi Operasional.....	36
2.10	Hipotesis Penelitian.....	38
BAB III METODE PENELITIAN		39
3.1	Desain Penelitian.....	39
3.2	Populasi dan Sampel Penelitian	40
3.3	Lokasi dan Waktu Penelitian.....	40
3.4	Jenis, Cara Dan Alat Pengumpulan Data	40
3.4.1	Jenis Data.....	40
3.4.2	Cara Pengumpulan Data	41
3.4.3	Alat Pengumpulan Data	44
3.5	Prosedur Uji Eksperimental	44
3.5.1	Prosedur Persiapan Air Asam Tambang.....	44

3.5.2 Perlakuan Penelitian	45
3.6 Pengolahan Data.....	45
3.6.1 Uji Laboratorium	45
3.6.2 Uji Statistik	46
3.7 Analisis Dan Penyajian Data.....	48
3.7.1 Analisis Data.....	48
3.7.2 Penyajian Data	49
BAB IV HASIL PENELITIAN.....	50
4.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian	50
4.2 Kondisi KPL (Kolam Pengendapan Lumpur) Blok Timur	51
4.3 Hasil Penelitian	54
4.3.1 Hasil Analisis Univariat.....	54
4.3.2 Hasil Analisis Bivariat	59
BAB V PEMBAHASAN	67
5.1 Keterbatasan Penelitian	67
5.2 Pembahasan	68
5.2.1 Identifikasi Kondisi KPL Pengambilan Sampel Air Asam Tambang	68
5.2.2 Kondisi Awal Kualitas Air Asam Tambang <i>Inlet</i>	69
5.2.3 Pengujian Laboratorium Dosis Kapur Tohor dan Tawas Terhadap Kualitas Air Asam Tambang Pada Kondisi Sebelum Hujan	71
5.2.4 Pengujian Laboratorium Dosis Kapur Tohor dan Tawas Terhadap Kualitas Air Asam Tambang Pada Kondisi Setelah Hujan	77
5.2.5 Tingkat Efektivitas Air Asam Tambang	82
BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN.....	85
6.1 Kesimpulan.....	85
6.2 Saran.....	85
DAFTAR PUSTAKA	87
LAMPIRAN.....	93

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Baku Mutu Air Limbah Pertambangan Batubara	17
Tabel 2. 2 Standar Baku Mutu Limbah Cair Pertambangan batubara	18
Tabel 2. 3 Baku Mutu Air Asam Tambang Batubara	18
Tabel 2. 4 Bahan Kimia Yang Banyak Digunakan Untuk Pengelolaan Air Asam Tambang	21
Tabel 2. 5 Penelitian Terdahulu	30
Tabel 2. 6 Definisi Operasional	36
Tabel 4. 1 Kondisi Awal Air Asam Tambang Sebelum Hujan.....	54
Tabel 4. 2 Analisis Deskriptif Kondisi Awal Air Asam Tambang Sebelum Hujan	54
Tabel 4. 3 Kondisi Awal Air Asam Tambang Setelah Hujan	55
Tabel 4. 4 Analisis Deskriptif Kondisi Awal Air Asam Tambang Setelah Hujan	55
Tabel 4. 5 Kondisi Air Asam Tambang Sebelum Hujan Setelah diberi Kapur Tohor dan Tawas	56
Tabel 4. 6 Analisis Deskriptif Kualitas Air Asam Tambang Sebelum Hujan	57
Tabel 4. 7 Kondisi Air Asam Tambang Setelah Hujan Setelah diberi Kapur Tohor dan Tawas	57
Tabel 4. 8 Analisis Deskriptif Kualitas Air Asam Tambang Setelah Hujan.....	58
Tabel 4. 9 Uji Normalitas Air Asam Tambang Sebelum Hujan	59
Tabel 4. 10 Uji Normalitas Air Asam Tambang Setelah Hujan	60
Tabel 4. 11 Analisis Uji Homogenitas Air Asam Tambang Sebelum Hujan.....	61
Tabel 4. 12 Analisis Uji Homogenitas Air Asam Tambang Hujan.....	61
Tabel 4. 13 Distribusi Kualitas Air Asam Tambang Sebelum Hujan Berdasarkan Perlakuan	62
Tabel 4. 14 Distribusi Kualitas Air Asam Tambang Setelah Hujan Berdasarkan Perlakuan	63
Tabel 4. 15 Signifikasi Perbedaan Kualitas Air Asam Tambang (TSS) Menurut Perlakuan Dosis Uji (Post Hoc Test Model Bonferroni).....	64
Tabel 4. 16 Signifikasi Perbedaan Kualitas Air Asam Tambang (Fe) Menurut Perlakuan Dosis Uji (Post Hoc Test Model Bonferroni).....	64
Tabel 4. 17 Tingkat Efektivitas Air Asam Tambang Sebelum Hujan	65

Tabel 4. 18 Tingkat Efektivitas Air Asam Tambang Setelah Hujan	65
--	----

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Kerangka Teori.....	33
Gambar 2. 2 Kerangka Konsep	34
Gambar 4. 1 IUP Pertambangan Batubara Banko.....	50
Gambar 4. 2 KPL BTB 02	51
Gambar 4. 3 KPL BB 03	52
Gambar 4. 4 KPL BB 14.....	53

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Lembar Observasi Air Asam Tambang	94
Lampiran 2 Kaji Etik	99
Lampiran 3 Surat Izin Penelitian FKM	100
Lampiran 4 Surat Izin Penelitian PT Bukit Asam Tbk	101
Lampiran 5 Data Curah Hujan dan Debit Air Asam Tambang	102
Lampiran 6 Output Hasil SPSS	103
Lampiran 7 Dokumentasi Penelitian	112

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permintaan global akan sumber daya mineral batubara melojak setiap tahunnya, data *International Energy Agency* (IEA) pada tahun 2022 Indonesia menjadi negara ketiga permintaan tertinggi sebesar 49 juta ton/tahun. Berdasarkan data dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, produksi batubara nasional pada tahun 2023 sebesar 775,2 juta ton. Batubara memiliki peran penting bagi kebijakan Energi Nasional berperan sebesar 25% dalam bauran energi nasional (ESDM, 2024).

Penambangan batubara di Indonesia menggunakan penambangan terbuka (*open pit mining*). Metode ini menyebabkan mineral sulfida yang terkandung dalam *tailing* dan batubara tertarik ke permukaan, sehingga terjadi laju reaksi antara mineral sulfida dengan udara dan air. Proses reaksi ini menghasilkan air limbah Asam Tambang (AAT), yaitu air hasil kegiatan pertambangan yang memiliki pH <6 (Ferdian, 2020). AAT terbentuk atas beberapa mineral sulfida, mineral ini yang menyebabkan AAT berbahaya bagi lingkungan dan kesehatan masyarakat (Wahyudin *et al.*, 2018). Dampak yang ditimbulkan AAT seperti pencemaran air yang dapat membunuh biota air, menurunkan kesuburan tanah, menimbulkan gangguan kesehatan masyarakat seperti diare, penyakit kulit, ginjal dan gangguan pada sistem saraf (Luís *et al.*, 2022).

PT Bukit Asam Tbk (PTBA) merupakan perusahaan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang menjadi salah satu perusahaan tambang batubara di Indonesia, memiliki izin usaha pertambangan (IUP) seluas 93.000 hektar (PTBA, 2022). PTBA menghasilkan batubara pada tahun 2023 mencapai 41,9 juta ton PTBA Unit Tanjung Enim yang beroperasi di Tambang Air Laya (TAL), Muara Tiga Besar, dan Banko Barat (PTBA, 2024). PTBA berkomitmen untuk menjalankan bisnis berkelanjutan dengan menerapkan keselarasan antara aspek *Environmental, Social, and Governance* (ESG). PTBA tergabung dalam MIND ID yang memiliki strategi *ESG strategic framework* berupa MID ID *Sustainability*

Pathway yang mencakup enam pilar ESG yang salah satunya yaitu lingkungan dan perubahan iklim.

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI Nomor 5 Tahun 2022, penanggung jawab usaha kegiatan pertambangan wajib melakukan pengolahan air limbah sebelum dibuang ke lingkungan. Pengelolaan AAT di PTBA Tanjung Enim dilakukan pada Kolam Pengendapan Lumpur (KPL) yang tersebar diseluruh TAL dan Tambang Banko. Pengelolaan dilakukan dengan metode *active treatment* (menggunakan bahan kimia), dan *passive treatment* (*wetland* atau alami) (PTBA, 2022). Pengelolaan ini merupakan komitmen PTBA dalam mengelola AAT sejalan dengan strategi ESG pilar lingkungan, agar AAT sesuai standar baku mutu yang berlaku, yang berpedoman kepada Peraturan Gubernur Sumatera Selatan Nomor 8 Tahun 2012 dan Persetujuan Teknis Pemerintah Nomor S.229/PPKL/PKL/PKL.4/3/2023.

Pengelolaan air asam tambang di PTBA telah menggunakan metode *active treatment* dengan kapur tohor sebagai bahan utama untuk menetralkan pH dan mengendapkan logam berat serta tawas untuk proses koagulasi dan flokulasi penurunan TSS. Kapur tohor dan tawas dipilih karena cocok untuk industri skala besar, tersedia secara komersial, murah, mudah digunakan, efektif menetralkan air asam tambang (nilai efisiensi netralisasi sebesar 90%) (Hidayat, 2017). Tingginya produksi batubara di PTBA menyebabkan meningkatnya AAT yang dihasilkan dengan pH air asam tambang di beberapa titik *outlet* masih berada pada kisaran 5-6, hal ini didukung oleh curah hujan yang terjadi karena semakin tinggi curah hujan meningkatkan debit air sehingga membuat AAT tidak memenuhi baku mutu sesuai Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 5 Tahun 2022, Peraturan Gubernur Sumatera Selatan Nomor 8 Tahun 2012 dan Persetujuan Teknis Pemerintah Nomor S.229/PPKL/PKL/PKL.4/3/2023.

Kondisi ini menjadi perhatian serius, mengingat air limbah yang tidak terkelola dengan baik dapat mencemari lingkungan, terutama sungai yang digunakan masyarakat sekitar untuk kebutuhan sehari-hari. Selain berdampak ekologis, hal ini juga dapat memicu gangguan kesehatan masyarakat seperti iritasi kulit dan penyakit terutama akibat paparan logam berat, Sihombing (2023). Oleh karena itu, penelitian ini berupaya menganalisis efektivitas dosis campuran kapur

tohor dan tawas yang digunakan, untuk memastikan bahwa air asam tambang dapat dikelola secara optimal berdasarkan kondisi debit air sebelum dan setelah hujan untuk mendukung keberlanjutan operasional perusahaan, dan melindungi ekosistem serta kesehatan masyarakat di sekitar pertambangan terutama masyarakat disepanjang sungai pembuangan akhir air asam tambang yang telah diolah, oleh karena itu penelitian ini tentang “Analisis Efektivitas Kapur Tohor (CaO) dan Aluminium Sulfat (Al_2SO_4) dalam Proses Netralisasi dan Koagulasi Air Asam Tambang di PT Bukit Asam Tbk”.

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana tingkat Analisis Efektivitas Kapur Tohor (CaO) dan Aluminium Sulfat (Al_2SO_4) dalam Proses Netralisasi dan Koagulasi Air Asam Tambang di PT Bukit Asam Tbk?

1.3 Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan Umum

Menganalisis Analisis Efektivitas Kapur Tohor (CaO) dan Aluminium Sulfat (Al_2SO_4) dalam Proses Netralisasi dan Koagulasi Air Asam Tambang di PT Bukit Asam Tbk.

1.3.2 Tujuan Khusus

1. Mengukur kondisi awal kualitas air asam tambang tanpa perlakuan.
2. Menganalisis hasil pengujian dosis kapur tohor dan tawas terhadap kualitas air asam tambang (pH, TSS, Fe dan Mn) pada kondisi sebelum hujan.
3. Menganalisis hasil pengujian dosis kapur tohor dan tawas terhadap kualitas air asam tambang (pH, TSS, Fe dan Mn) pada kondisi setelah hujan.
4. Menganalisis tingkat efektivitas hasil pengujian sesuai standar baku mutu pada air asam tambang (pH, TSS, Fe dan Mn) kondisi sebelum dan setelah hujan.

1.4 Manfaat

1.4.1 Bagi Peneliti

1. Peneliti bisa mengaplikasikan ilmu beserta teori yang didapatkan selama kuliah di Jurusan Kesehatan Lingkungan, Fakultas Kesehatan Masyarakat, universitas Sriwijaya.
2. Meningkatkan pengetahuan dan keterampilan mengenai pengelolaan air asam tambang di lingkungan kerja PT Bukit Asam, Tbk.
3. Memperoleh wawasan dan pengalaman peneliti di bidang Kesehatan Lingkungan khususnya pengolahan limbah cair industri pertambangan.
4. Meningkatkan kemampuan analisis dan pengelolaan data penelitian laporan.

1.4.2 Bagi PT Bukit Asam Tbk

1. Mendapatkan informasi terkait data penelitian mengenai efektivitas penggunaan kapur tohor dan tawas untuk pengelolaan air asam tambang di PT Bukit Asam Tbk.
2. Mendapatkan informasi mengenai hasil penelitian sebagai sarana pertimbangan dan pengambilan keputusan dalam pengelolaan dan pengawasan air asam tambang di PT Bukit Asam Tbk.
3. Menciptakan kerja sama untuk memperluas penelitian dibidang efektivitas penggunaan kapur tohor dan tawas untuk pengelolaan air asam tambang antara PT Bukit Asam Tbk dengan Fakultas Kesehatan Masyarakat sebagai bentuk pengembangan lembaga dan kerjasama.

1.4.3 Bagi Fakultas Kesehatan Masyarakat

1. Sebagai bahan pembelajaran bagi Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Sriwijaya secara umum dan khusus nya bagi Program studi Kesehatan Lingkungan.
2. Dapat dijadikan bahan acuan informasi civitas akademika Fakultas Kesehatan Masyarakat terkait gambaran pengelolaan limbah cair industri menggunakan bahan kimia.
3. Sebagai bahan penelitian terkait pemahaman mahasiswa selama melakukan studi di Fakultas Kesehatan Masyarakat.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

1.5.1 Lingkup Lokasi

Penelitian ini dilakukan di PT Bukit Asam Tbk, Tanjung Enim yang berlokasi di Jalan Lingga Raya, Lingga, Tanjung Enim, Kecamatan Lawang Kidul, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan.

1.5.2 Lingkup Materi

Dalam penelitian ini melakukan pengukuran dan melihat Efektivitas Kapur Tohor (CaO) dan Aluminium Sulfat (Al_2SO_4) dalam Proses Netralisasi dan Koagulasi Air Asam Tambang di PT Bukit Asam Tbk. Ruang lingkup keilmuan penelitian ini adalah bidang kesehatan dengan konsentrasi pengolahan limbah dan lingkup metode penelitian menggunakan metode konvensional. Penelitian ini memfokuskan pengukuran langsung dan sumber informasi terkait untuk menginterpretasikan hasil sebagai bahan acuan pertimbangan penentuan tingkat efektivitas penggunaan kapur tohor dan tawas dalam pengelolaan air asam tambang.

1.5.3 Lingkup Waktu

Lingkup waktu pada penelitian ini dilakukan dalam jangka waktu 8 bulan (Agustus 2024 - April 2025) yang diuraikan sebagai berikut:

Agustus - Oktober 2024	: Penyusunan proposal penelitian
November - Desember 2024	: Penyerahan proposal penelitian ke Instansi
Januari - Februari 2025	: Pengumpulan dan pengolahan data hasil penelitian
Maret - April 2025	: Finalisasi dan diseminasi hasil penelitian

1.5.4 Lingkup Penelitian

Pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan teknik observasi dan eksperimental. Penelitian ini menggunakan alat bantu perekam suara, perekam gambar, alat pengukur pH (pH Meter), alat mengukur kandungan logam berat (*Atomic Absorption Spectrophotometer*), alat mengukur kandungan TSS (TSS Meter, *vacum*, timbangan, oven, kertas saring, cawan gooch, desikator) dan alat mengukur dosis kapur dan tawas (timbangan dan jartest).

DAFTAR PUSTAKA

- Abfertiawan, M. 2016. Model Transpor Air Asam Tambang Melalui Pendekatan Daerah Tangkapan Air. *Institut Teknologi Bandung*.
- Adha, C. W., Ramli, M. dan Thamrin, M. Analisis Efektivitas Kapur Tohor Dan Zeolit Untuk Peningkatan Ph Dan Penurunan Kandungan Logam Fe Dan Cu Pada Pengolahan Air Asam Tambang. Prosiding Seminar Nasional Teknologi, Inovasi dan Aplikasi di Lingkungan Tropis, 2018. 43-51.
- Afin, A. P. dan Kiono, B. F. T. 2021. Potensi Energi Batubara Serta Pemanfaatan Dan Teknologinya Di Indonesia Tahun 2020–2050: Gasifikasi Batubara. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 2, 144-122.
- Amran, Y. 2012. Pengolahan Dan Analisis Data Statistik Di Bidang Kesehatan. *Jakarta: Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan UIN Syarif Hidayatullah*.
- Asam, B. P. B. 2018. Karakteristik Air Asam Batubara Di Kolam Bekas Tambang.
- Asghar, A., Raman, A. A. A. dan Daud, W. M. A. W. 2015. Advanced Oxidation Processes for in-Situ Production of Hydrogen Peroxide/Hydroxyl Radical for Textile Wastewater Treatment: A Review. *Journal of cleaner production*, 87, 826-838.
- Awliahasanah, R., Sari, D. N. S. N., Yanti, D., Azrinindita, E. D., Ghassani, D., Maulidia, N. S. dan Sulistiyorini, D. 2021. Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Kandungan Mangan Pada Air Sumur Warga Kota Depok. *Jurnal Sanitasi Lingkungan*, 1, 80-86.
- Babbie, R. 1999. *The Basics of Social Research*, Wadsworth Publishing.
- Baramsyah, H., Mutia, F., Andani, P. dan Zukfika, T. Perencanaan Kolam Pengendapan Pada Sistem Penyaliran Area Disposal Penambangan Batubara (Studi Kasus: Pt Mifa Bersaudara, Aceh Barat). Seminar Ilmiah Nasional Air Asam Tambang ke-6. Universitas Syiah Kuala. Aceh.(Hal 5), 2020.
- BMKG. 2023. *Daftar Istilah Klimatologi* [Online]. Bali: Balai Besar Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Wilayah III. dari: [https://bbmkg3.bmkg.go.id/daftar-istilah-musim#:~:text=Curah%20Hujan%20\(mm\)%20adalah%20ketinggian,tidak%20meresap%20dan%20tidak%20mengalir](https://bbmkg3.bmkg.go.id/daftar-istilah-musim#:~:text=Curah%20Hujan%20(mm)%20adalah%20ketinggian,tidak%20meresap%20dan%20tidak%20mengalir). [Diakses 13 September 2024].
- BSE 2014. *Pengelolaan Kualitas Air*, Jakarta, Buku Sekolah Elektronik.
- BSN 2019a. Sni 06-6989.11-2019 Air Dan Air Limbah-Bagian 11: Cara Uji Derajat Keasaman (Ph) Dengan Menggunakan Alat Ph Meter. Jakarta.
- BSN 2019b. Sni 6989.84-2019 Air Dan Air Limbah – Bagian 84: Cara Uji Logam Terlarut Dan Logam Total Secara Spektrofotometri Serapan Atom (Ssa)-Nyala. Jakarta.

- BSN 2019c. Sni No 6989.3-2019 Air Dan Air Limbah- Bagian 3: Cara Uji Padatan Tersuspensi Total (Total Suspended Solid, Tss) Secara Gravimetri. Jakarta.
- BSN 2021. Sni 8995 Tahun 2021 Tentang Metode Pengambilan Contoh Uji Air Untuk Pengujian Fisika Dan Kimia Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Cohen, J. 1992. Statistical Power Analysis. *Current directions in psychological science*, 1, 98-101.
- Cohen, J. 2013. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*, routledge.
- Dianmahendra, D. 2021. *Perencanaan Penyaliran Tambang Di Wilayah Kerja Pt. Kideco Jaya Agung, Kecamatan Batu Sopang, Kabupaten Paser, Kalimantan Timur*. Fakultas Sains dan Teknologi UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.
- ESDM 2021. Road Map Pengembangan Dan Pemanfaatan Batubara 2021 - 2045. Jakarta: Direktrat Jenderal Mineral dan Batubara.
- ESDM 2024. Produksi Batubara Domestik Tembus Target, Ketahanan Energi Nasional Terjaga. Jakarta: Kementarian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Ferdian, I. Analisis Keberhasilan Penanganan Air Asam Tambang Berdasarkan Parameter Ph, Tss, Fe Dan Mn Pada Kpl Al 01 Pt Bukit Asam, Tbk. Seminar Nasional Lahan Suboptimal, 2020. 1080-1090.
- Fuadi, A. 2000. Mempelajari Karakteristik Batu Kapur Tohor/Lime (Cao) Sebagai Adsorben Untuk Proses Pengeringan Secara Adsorpsi.
- Hartman, H. L. dan Mutmanský, J. M. 2002. *Introductory Mining Engineering*, Wiley.
- Haynes, W. M. 2016. *Crc Handbook of Chemistry and Physics*, CRC press.
- Herniwanti 2020. *Pengelolaan Limbah Air Asam Tambang (Aat) Acid Mine Drainage (Amd) Waste Management*, Nusa Tenggara Barat, Forum Pemuda Aswaja.
- Herniwanti 2021. Fitoremediasi Pengelolaan Limbah Air Asam Tambang (Phytoremediation of Acid Mine Drainage Management). In: Afrida, W. (ed.). Solok: Mintra Cendikia Muedia.
- Hidayat, D., Suprianto, R. dan Dewi, P. S. 2016. Penentuan Kandungan Zat Padat (Total Dissolve Solid Dan Total Suspended Solid) Di Perairan Teluk Lampung. *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*, 1.
- Hidayat, L. 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: Jurnal Penelitian dan Pengembangan Ilmu Administrasi dan Humaniora*, 7, 44-52.
- Husaini, H., Cahyono, S. S., Suganal, S. dan Hidayat, K. N. 2018. Perbandingan Koagulan Hasil Percobaan Dengan Koagulan Komersial Menggunakan Metode Jar Test. *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*, 14, 31-45.

- Iashania, Y., Murati, F., Fidayanti, N., Melinda, S. dan Reba, I. Y. 2024. Pengelolaan Dan Pengendalian Air Asam Tambang Pada Kegiatan Pertambangan Batubara: Management and Control of Acid Mine Water in Coal Mining Activities. *JURNAL TEKNIK PERTAMBANGAN*, 24, 44-51.
- IEA 2023. Global Coal Supply Is Likely to Have Peaked in 2023 and Then to Decline in Line with Demand. *Coal 2023*. Paris: IEA.
- Kepmen LH 2003. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 113 Tahun 2003 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha Dan Atau Kegiatan Pertambangan Batubara. *In: Hidup, M. N. L. (ed.)*. Jakarta.
- Leka, E. 2024. Metode Fitoremediasi Dalam Pengelolaan Air Asam Tambang Batubara (Fe Dan Mn) Berdasarkan Literatur Review. *Chemviro: Jurnal Kimia Dan Ilmu Lingkungan (Jkil)*, 2, 91-98.
- Luís, A. T., Grande, J. A., Durães, N., Santisteban, M., Rodríguez-Pérez, Á. M. dan Ferreira da Silva, E. 2022. Acid Mine Drainage Effects in the Hydrobiology of Freshwater Streams from Three Mining Areas (Sw Portugal): A Statistical Approach. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19, 10810.
- Lumentah, E., Manoppo, F. J. dan Sompie, O. B. 2021. Analisis Kestabilan Dam Tailing Pt. Sumber Energy Jaya. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 11.
- Maghfiroh, E. N. dan Wibowo, Y. M. 2021. Analisis Kadar Logam Besi (Fe) Pada Air Sumur Pompa Di Desa Mojotegalan Menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom.
- Marganingrum, D. dan Noviardi, R. 2015. Pencemaran Air Dan Tanah Di Kawasan Pertambangan Batubara Di Pt. Berau Coal, Kalimantan Timur. *Riset geologi dan pertambangan*, 20, 11-20.
- Metcalf, L., Eddy, H. P. dan Tchobanoglous, G. 1991. *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, and Reuse*, McGraw-Hill New York.
- Mitrabara Adiperdana 2022. Mining Process. Jakarta: Mitrabara Adiperdana.
- Najmah, I. P. S., Yeni, Nurmalia Ermi, Anggun Budiastuti, Feranita Utama, Windi Indah Fajar Ningsih, Amrina Rosyada, Rahmatillah Razak 2021. *Manajemen Dan Analisis Data: Aplikasi Spss, Stata, Api-Info, Nvivo, Who Antro, Dan Nutrisurvey Di Bidang Kesehatan*, Unsri Press.
- Nortoris, I., Adnyano, A. I. A. dan Sumarjono, E. 2020. Kajian Teknis Pencegahan Dan Penanganan Air Asam Tambang Pada Penambangan Batubara Pt Kayan Putra Utama Coal–Site Separi. *Mining Insight*, 1, 203-210.
- Nursanto, E. Pengolahan Batubara Dan Pemanfaatannya Untuk Energi. Seminar Nasional Teknik Kimia" Kejuangan", 2015. 1-1-A1. 7.
- PEDC (ed.) 1986. *Hidrologi*, Bandung: Buku Ajar PEDC
- Pergub Sumsel 2012. Peraturan Gubernur Sumatera Selatan Nomor 8 Tahun 2012 Tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri, Hotel, Rumah

Sakit, Domestik Dan Pertambangan Batubara. Palembang: Gubernur Sumatera Selatan.

Permen LHK 2021. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Nomor 6 Tahun 2021 Tentang Tata Cara Dan Persyaratan Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun. *In: Kehutanan*, K. L. H. D. (ed.). Jakarta: Indonesia.

Permen LHK 2022. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2022 Tentang Pengolahan Air Limbah Bagi Usaha Dan/Atau Kegiatan Pertambang Dengan Menggunakan Metode Lahan Basah Buatan *In: Kehutanan*, K. L. H. D. (ed.). Jakarta: Indonesia.

Pertek 2023. Persetujuan Teknis Nomor S.229/Ppkl/Pkl/Pkl.4/3/2023 Tentang Pemenuhan Baku Mutu Air Limbah.

Prisitama, J. E., Magdalena, H. dan Devy, S. D. 2023. Efektivitas Kapur Tohor Terhadap Peningkatan Ph Dan Penurunan Kadar Logam Fe Dan Mn Di Settling Pond 11 Pt. Alam Jaya Pratama Site Bara Kumala Sakti Kecamatan Loa Kulu, Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur. *ReTII*, 18, 915-924.

PTBA 2018. Karakteristik Air Asam Batubara Di Kolam Bekas Tambang.

PTBA 2022. Bergegas Menjadi Perusahaan Energi. PT. Bukit Asam Persero Tbk.

PTBA 2024. Didukung Kinerja Operasional, Bukit Asam (Ptba) Raih Laba Bersih Rp 6,1 Triliun Di 2023. PT. Bukit Asam Persero Tbk.

Purwono, J., Sari, R., Ratnasari, A. dan Budianto, A. 2020. Pola Konsumsi Garam Dengan Kejadian Hipertensi Pada Lansia. *Jurnal Wacana Kesehatan*, 5, 531-542.

Rachmadini, S. F. 2017. *Pembuatan Membran Dari Silika Bottom Ash Batubara Untuk Penurunan Logam Mangan Pada Larutan Artifisial Mnso4*. Politeknik Negeri Sriwijaya.

Rakhmat, J. 2014. Metode Penelitian Komunikasi Dilengkapi Contoh Dan Analisis Statistik: Cetakan Ke 16.

Raziah, C., Putri, Z., Lubis, A. R. dan Mulyati, S. 2017. Penurunan Kadar Logam Kadmium Menggunakan Adsorben Nano Zeolit Alam Aceh. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 6, 1-6.

Rianti, L., Maryana, M. dan Aprianti, A. 2021. A Analisis Efektivitas Penetralkan Air Asam Tambang Menggunakan Kapur Tohor Dan Soda Ash Dari Kolam Pengendapan Lumpur Pit Tambang Batubara Dalam Skala Laboratorium. *Jurnal Teknik Patra Akademika*, 12, 13-21.

Said, N. I. 2014. Teknologi Pengolahan Air Asam Tambang Batubara “Alternatif Pemilihan Teknologi”. *Jurnal Air Indonesia*, 7, 246969.

Sari, A. S., Iksan, I. dan Kusdarini, E. Analisis Efektivitas Penetralkan Air Asam Tambang Menggunakan Kapur Tohor (Cao) Dan Soda Ash (Na₂co₃) Pada Kpl Mt-03, Kpl Al-02 Dan Kpl Al-03 Pt. Bukit Asam Tbk, Tanjung Enim,

- Sumatera Selatan. Prosiding SENASTITAN: Seminar Nasional Teknologi Industri Berkelanjutan, 2024.
- Sepniko, R. M., Murad., Anaperta, YM 2017. Kajian Teknis Sistem Penyaliran Tambang Terbuka Pada Penambangan Batubara Blok B Pt Minemex Indonesia Desa Talang Serdang Kecamatan Mandiangin Kabupaten Sarolangun Provinsi Jamb. *Bina Tambang*, 3(4), 1456-1470.
- Sihombing, A. 2023. Musim Kemarau, Warga Muara Enim Mulai Diserang Penyakit. Palembang: Radio Republik Indonesia.
- Skousen, J., Politan, K., Hilton, T. dan Meek, A. 1990. Acid Mine Drainage Treatment Systems: Chemicals and Costs. *Green Lands*, 20, 31-37.
- Skousen, J., Rose, A., Geidel, G., Foreman, J., Evans, R. dan Hellier, W. 1998. Handbook of Technologies for Avoidance and Remediation of Acid Mine Drainage. Morgantown, West Virginia: National Mine Land Reclamation Center, Morgantown.
- Skousen, J. G., Sexstone, A. dan Ziemkiewicz, P. F. 2000. Acid Mine Drainage Control and Treatment. *Reclamation of drastically disturbed lands*, 41, 131-168.
- Soekidjo, N. 2010. Metodologi Penelitian Kesehatan. *Jakarta: Rineka Cipta*, 50.
- Sucahyo, A. P. A., Bargawa, W. S., Nurcholis, M. dan Cahyadi, T. 2018. Penerapan Wetland Untuk Pengelolaan Air Asam Tambang. *Journal Technology of Civil, Electrical, Mechanical, Geology, Mining and Urban Design, Kurvatek*, doi, 10.
- Sugiyono 2010. Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif Dan R&D. *Bandung: Cv. Alfa Beta*.
- Sugiyono 2019. Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif Dan R&D (M. Dr. Ir. Sutopo. S. Pd. *Alfabeta*, cv.
- Suliestyah, M. S., Tuheteru, E. J., Christin Palit, S. dan Permatasari, M. I. 2022. Modifikasi Permukaan Karbon Aktif Batubara Untuk Meningkatkan Penyerapan Logam Fe Dan Mn Pada Air Asam Tambang Artifisial.
- Supriyantini, E. dan Endrawati, H. 2015. Kandungan Logam Berat Besi (Fe) Pada Air, Sedimen, Dan Kerang Hijau (*Perna Viridis*) Di Perairan Tanjung Emas Semarang. *Jurnal Kelautan Tropis*, 18.
- Suryadirja, A., Muliasari, H., Ananto, A. dan Andayani, Y. 2021. Analisis Kadar Logam Besi (Fe) Pada Air Sumur Bor Di Kecamatan Praya Tengah Menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom. *Jurnal Sanitasi Dan Lingkungan*, 2, 146-153.
- Susanto, I. dan Setyowati, I. 2021. Pengaruh Net Profit Margin Dan Return on Asset Terhadap Financial Distress Perusahaan Sektor Pertambangan Batubara Yang Terdaftar Di Bei Periode 2014–2018. *Jurnal Pajak Vokasi (JUPASI)*, 2, 78-84.
- Tandiarrang, J. 2016. Studi Perbandingan Penggunaan Tawas ($Al_2(SO_4)_3$) Dan Kapur Padam ($Ca(OH)_2$) Pada Pengolahan Air Asam Tambang Di Pt

- Kaltim Diamond Coal Kecamatan Loa Kulu Kabupaten Kutai Kartanegara Kalimantan Timur. *Jurnal Teknologi Mineral FT UNMUL*, 4.
- Tuckman, B. W. 1994. *Conducting Educational Research*, Harcourt Brace College Publishers.
- Tuheteru, E. J., Gautama, R. S. dan Kusuma, G. J. 2016. Studi Kompaksi Batuan Penutup Untuk Pencegahan Terbentuknya Air Asam Tambang Pada Metode Enkapsulasi. *Indonesian Journal of Urban and Environmental Technology*, 8, 130-140.
- UNEP 2011. Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes. UN Environment Programme.
- US EPA 1982. Development Document of Effluent Limitations Guidelines and Standards for the Coal Mining Point Source Category. In: 440/1-82/057, U. (ed.). U.S: U.S. Environmental Protection Agency.
- US EPA 1983. Neutralization of Acid Mine Drainage, Design Manual. In: 600/2-83-001, U. (ed.). U.S: Environmental Protection Agency.
- UU 2009. Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2009 Tentang Pertambangan Mineral Dan Batubara. In: Indonesia (ed.). Jakarta.
- Wahyudin, I., Widodo, S. dan Nurwaskito, A. 2018. Analisis Penanganan Air Asam Tambang Batubara. *Jurnal Geomine*, 6, 85-89.
- Waterpedia 2022. Debit Air. Jawa Timur: PT. Waterpedia Rejeki Langit.
- WHO 2024. Compendium of Who and Other Un Guidance on Health and Environment. *Chapter 4. Solid Waste*. 2024 update ed.: World Health Organization
- Wiersma, W. dan Jurs, S. G. 2009. *Research Methods in Education: An Introduction*, Pearson.
- Yolanda, M., Hadiyansyah, D., Rahmi, H., Nelvi, A., Amsya, R. M., Juniah, R. dan Fadhly, A. 2023. Penetralan Air Asam Tambang Menggunakan Campuran Kapur Tohor Dan Tawas Untuk Memenuhi Baku Mutu Lingkungan Pada Parameter Ph Dan Tss Di Kud Sinamar Sakato. *Jurnal Teknologi Infrastruktur*, 2, 35-44.
- Yudo, S. dan Nugroho, R. 2019. Uji Kinerja Instalasi Daur Ulang Air Limbah Industri Kaleng Di Jakarta Performance Test Installation of Wastewater Re-Use for Canned Industry in Jakarta. *Jurnal Teknologi Lingkungan Vol*, 20, 225.
- Zammi, M., Rahmawati, A. dan Nirwana, R. R. 2018. Analisis Dampak Limbah Buangan Limbah Pabrik Batik Di Sungai Simbangkulon Kab. Pekalongan. *Walisongo Journal of Chemistry*, 1, 1-5.