

Penurunan Kadar Fe Dan Mn Menggunakan Kapur Tohor (CaO) Pada Penetrulan Air Asam Tambang

Yolno Vernando ¹⁾, Afni Nelvi ²⁾, Ahmad Fadhly³⁾, Dian Hadiyansyah⁴⁾, Hisni Rahmi⁵⁾

^{1,2,4)}Program Studi Teknik Pertambangan, Sekolah Tinggi Teknologi Industri Padang

⁵⁾Program Studi Teknik Geologi, Universitas Negeri Padang

⁵⁾Program Studi Teknik Pertambangan, Universitas Jambi

*Koresponden email : afninelvi@gmail.com

Diterima: 20 Desember 2025

Disetujui: 30 Desember 2025

ABSTRACT

The treatment of acid mine drainage at PT Bumi Bara Makmur Mandiri is conducted using an active treatment method. It was found that there is cloudy wastewater with a brownish and reddish-brown color in the settling pond. The objective of this study was to analyze the changes in pH, Fe and Mn concentrations in acid mine drainage samples using quicklime and to calculate the cost required for neutralizing the acid mine drainage. The neutralization process was carried out on a laboratory scale using an experimental method with 3 variations of quicklime doses: 0.2 g/l, 0.3 g/l, and 0.4 g/l. The results showed that quicklime is effective in reducing Fe and Mn value in acid mine drainage. The initial pH of the acid mine drainage was 6.05. The pH increased with the increase in the quicklime coagulant dose. The Fe concentration before the neutralization of acid mine drainage was 1.20 mg/l, which decreased to 0.15 mg/L for all given dose variations. The initial Mn concentration exceeded the environmental quality standard and showed a significant reduction at a dosage of 0.2 g/L, decreasing from 72.20 mg/L to 0.08 mg/L. Similar Mn concentrations were obtained at dosages of 0.3 g/L and 0.4 g/L, each resulting in 0.122 mg/L. The cost required to neutralize Fe and Mn was IDR 368,000 per day, or IDR 11,040,000 per month.

Keywords: *Acid mine drainage, quicklime, pH, coal*

ABSTRAK

Proses pengolahan air asam tambang di PT Bumi Bara Makmur Mandiri menggunakan metode aktif. Terdapat air limbah keruh berwarna kecoklatan dan coklat kemerahan di kolam pengendapan lumpur (KPL). Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis perubahan pH, Fe dan Mn pada sampel air asam tambang menggunakan kapur tohor dan menghitung biaya yang dibutuhkan untuk menetralkan air asam tambang. Proses netralisasi dilakukan dalam skala laboratorium dengan menggunakan metode eksperimen dengan 3 variasi dosis kapur tohor 0,2 g/l; 0,3 g/l dan 0,4 g/l. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kapur tohor efektif menurunkan kadar Fe dan Mn pada air asam tambang. pH awal air asam tambang adalah 6.05. Nilai pH meningkat dengan bertambahnya dosis koagulan kapur tohor. Kadar Fe sebelum dilakukan penetrulan air asam tambang adalah 1,20 mg/l, dan setelahnya menjadi 0,15 mg/l pada semua variasi dosis yang diberikan. Kadar Mn mengalami penurunan yang signifikan pada dosis 0,2 g/l (dari 72,20 mg/l menjadi 0,08 g/l). Kadar Mn yang sama diperoleh pada dosis 0,3 g/l dan 0,4 g/l yaitu 0,122 mg/l. Biaya yang dikeluarkan untuk menetralkan Fe dan Mn sebesar Rp.368.000/harinya atau Rp.11.040.000,-/bulan.

Kata Kunci: Air Asam tambang, batubara, kapur tohor, pH

PENDAHULUAN

PT Bumi Bara Makmur Mandiri (BBMM) merupakan perusahaan yang bergerak di industri pertambangan batubara yang terletak di Kecamatan Batin XXIV, Kabupaten Batanghari, Provinsi Jambi. Kegiatan pertambangan batubara berpotensi menimbulkan kerusakan lingkungan, salah satu kerusakan lingkungan adalah munculnya Acid Mining Drainage (AMD) [1]. Pembentukan air asam tambang dipengaruhi oleh tiga faktor utama yaitu air, udara, dan material yang mengandung mineral-mineral sulfida [2].

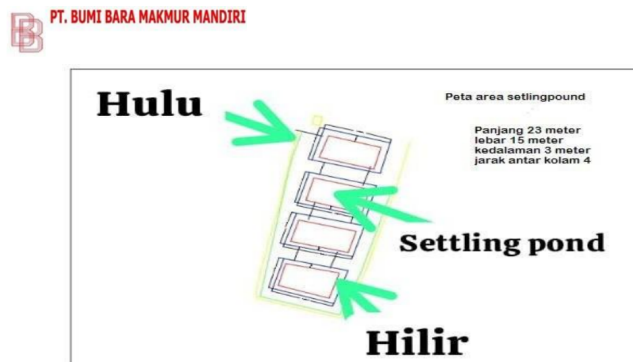
PT Bumi Bara Makmur Mandiri dalam proses pengolahan air asam tambang menggunakan metode aktif. Pengolahan air asam tambang secara aktif (*active treatment*) umumnya menggunakan bahan kimia yang mengandung kapur, bisa dalam bentuk CaCO_3 , Ca(OH)_2 , CaO atau penambahan soda kaustik (NaOH) dan amoniak (NH_3). Salah satu kendala yang sering terjadi di dalam proses netralisasi serta penghilangan zat besi dan mangan yang ada di dalam air asam tambang adalah proses pencampuran (*mixing*) serta proses aerasi yang tidak optimal, sehingga proses netralisasi serta oksidasi besi dan mangan juga tidak optimal [3,4]. Kapur tohor merupakan bahan yang paling banyak digunakan dalam pengolahan air asam tambang dengan metode aktif. Hal ini dikarenakan kapur tohor merupakan salah satu bahan kimia yang dapat meningkatkan pH secara praktis, murah dan aman sekaligus dapat mengurangi kandungan logam berat yang terkandung dalam air asam tambang [5].

Penelitian terdahulu terkait penetralan air asam tambang telah banyak dilakukan [6-18]. Indikasi air asam tambang yang ada di PT. Bumi Bara Makmur Mandiri dapat diketahui dengan adanya air limbah keruh berwarna kecoklatan dan coklat kemerahan di kolam pengendapan lumpur (KPL). Penanganan air asam tambang PT. Bumi Bara Makmur Mandiri pada area *pit* dilakukan dengan sistem *dewatering* atau mengeluarkan air tanah dan air rembesan yang masuk ke area tambang yang telah masuk ke *sump pit* dengan menggunakan pompa menuju *settling pond* untuk dilakukan pengolahan. Pengelolaan air asam tambang dilakukan pada kolam pengendapan (*settling pond*) yang berfungsi untuk mengendapkan kandungan air yang ada di dalam tambang lalu dialirkan menuju badan sungai yang mengacu berdasarkan keputusan menteri negara Lingkungan Hidup Nomor 113 Tahun 2003 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi usaha dan Kegiatan Pertambangan Batubara.

Berdasarkan pengamatan di lapangan diperoleh kadar Mn 72,20 mg/l, artinya melebihi baku mutu lingkungan (BML) berdasarkan kepmen Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor. 113 tahun 2003 tentang Baku Kualitas Air Limbah Untuk Usaha Serta Ataupun Aktivitas Pertambangan Batubara. Tujuan penelitian ini mengetahui perubahan pH, logam Fe, Mn pada sampel air asam tambang dan menghitung kebutuhan biaya penetralan air asam tambang PT. Bumi Bara Makmur Mandiri.

METODE PENELITIAN

Pengambilan sampel air asam tambang pada *settling pond* 1 PT. Bumi Bara Makmur Mandiri sebanyak 3 liter pada 1 titik lokasi pengambilan sampel yaitu pada inlet. Dimensi *settling pond* 1 dengan panjang 23 meter, lebar 15 meter dan tinggi 3 meter. Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian eksperimen (*Eksprimental Research*) dengan variasi dosis kapur tohor 0,2 g/l; 0,3 g/l dan 0,4 g/l.



Gambar 1. Denah settling pond
Sumber : PT.Bumi Bara Makmur Mandiri

Teknik Pengolahan dan Analisa Data

1. Pengujian pH air asam tambang dapat dilakukan menggunakan pH digital dengan mencelupkan ujung pH meter ke dalam air asam tambang, kemudian akan muncul nilai pada alat tersebut.



Gambar 2. pH meter

2. Kandungan logam Besi Fe dan Mn. Prosedur pengujian dilakukan guna mendapatkan hasil nilai kandungan logam Fe yang mengacu pada SNI 6989.4-2009 [19] dan SNI 6989.5-2009 [20] menggunakan *Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)*. Balai Riset Dan Standardisasi Industri Padang
3. Membandingkan hasil pengujian terhadap Kepmen Lingkungan Hidup Nomor 113 Tahun 2003.
4. Menghitung kebutuhan biaya penetralan air asam tambang

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Penggunaan Kapur Tohor Pada Penetralan Air asam tambang terhadap Penurunan Kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn)



Gambar 3. Sampel Air Asam Tambang sebelum penetralan menggunakan kapur tohor



Gambar 4. Sampel Air Asam Tambang setelah penetralan menggunakan kapur tohor

Nilai pH awal sebelum dilakukan penetralan menggunakan kapur tohor adalah 6,05. Jika mengacu pada KEPMEN No.113, PERGUB Sumsel No.8 tahun 2012 dan PP No. 22 tahun 2021, pH air asam tambang sudah memenuhi baku mutu yang sudah ditetapkan. Pada penelitian ini, nilai pH meningkat seiring bertambahnya dosis koagulan kapur tohor.

Tabel 1 Nilai pH hasil penetralan menggunakan kapur tohor

Sampel	pH awal	Dosis kapur tohor	pH hasil penetralan
A	6,05	0,2 g/l	7,90
B	6,05	0,3 g/l	8,78
C	6,05	0,4 g/l	9,26

Pengujian Fe dan Mn pada sampel awal dilakukan penyaringan menggunakan kertas saring 200 mesh. Hasil penelitian (Tabel 2) menunjukkan kandungan logam Fe dan Mn mengalami penurunan yang signifikan. Namun kadar Mn berada di atas Baku Mutu Lingkungan.

Tabel 2 Kadar besi (Fe) dan mangan (Mn)

Kapur tohor (gr/l)	Besi (Fe) (mg/l)	Mangan (Mn) (mg/l)
Baku mutu	7	4
Awal	1,20	72,20
0,2	0,15	0,08
0,3	0,15	0,122
0,4	0,15	0,122

Analisa laju penurunan Logam Fe

Persentase penurunan besi (Fe) pada dosis 0,2 g/l ; 0,3 g/l; dan 0,4 g/l menunjukkan hasil yang sama

$$Co = 1,20 \text{ mg/l}$$

$$Ce = 0,15 \text{ mg/l}$$

$$E = \frac{1,20 - 0,15}{1,20} \times 100\% = 87,05 \%$$

Analisa laju penurunan Logam Mn

Persentase penurunan Mangan (Mn) pada dosis 0,2 g/l

$$Co = 72,20 \text{ mg/l}$$

$$Ce = 0,08 \text{ mg/l}$$

$$E = \frac{72,20 - 0,08}{72,20} \times 100\% = 99,88 \%$$

Persentase penurunan Mangan (Mn) pada dosis 0,3 g/l dan 0,4 g/l

$$Co = 72,20 \text{ mg/l}$$

$$Ce = 0,122 \text{ mg/l}$$

$$E = \frac{72,20 - 0,122}{72,20} \times 100\% = 99,83 \%$$

Menghitung Jumlah Kebutuhan dan biaya Untuk Menetralkan Air Asam Tambang Di PT. Bumi Bara Makmur Mandiri

V1 =kolam sump

V2 =kolam inlet

V3 =kolam pengendapan

V4=kolam outlet

$$\begin{aligned} V1 &= P \times L \times T \\ &= 23 \text{ m} \times 15 \text{ m} \times 3 \text{ m} \\ &= 1035 \text{ m}^3 \times 4 = 4.140 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Volume air} = V1 + V2 + V3 + V4$$

$$\text{Debit} = \frac{\text{volume}}{\text{waktu}} = \frac{4.140 \text{ m}^3}{9} = 460 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Dosis kebutuhan dan biaya kapur tohor

$$\begin{aligned} \text{Dosis Kapur tohor} &= 0,2 \text{ g/l} \times 460 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 0,2 \text{ g/l} \times 460.000 \text{ liter/hari} = 9.200 \text{ gr/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya kapur tohor} &= \text{Dosis lab} \times \text{harga} \\ &= 92 \text{ kg} \times \text{Rp. 4000} \\ &= \text{Rp. 368.000} \times 30 \text{ hari} \\ &= \text{Rp 11.040.000} \end{aligned}$$

Setelah dilakukan perhitungan koagulan kapur tohor dalam skala laboratorium, maka dapat disimulasikan untuk skala lapangan. Kebutuhan kapur tohor untuk menetralkan air asam tambang adalah 92 kg/hari. Jika dalam 1 kg kapur tohor Rp.4.000 maka, estimasi biaya penetralan per hari Rp.368.000/hari. Dalam 1 bulan dihitung 30 hari maka biaya untuk menetralkan air asam tambang Di PT. Bumi Bara Makmur Mandiri Rp. 11.040.000/bulan.

KESIMPULAN

Kapur tohor efektif menurunkan kadar Fe dan Mn pada air asam tambang. Kadar Fe dan Mn mengalami penurunan terhadap dosis koagulan kapur tohor yang diberikan. pH awal adalah 6.05 sudah sesuai dengan Baku Mutu Lingkungan. Nilai pH meningkat dengan semakin bertambahnya dosis koagulan kapur tohor. Kadar Fe sebelum dilakukan penetralan air asam tambang adalah 1,20 mg/l, dan setelahnya menjadi 0,15 mg/l pada semua variasi dosis yang diberikan (0,2 g/l; 0,3 g/l dan 0,4 g/l). Namun nilai ini masih berada di bawah KEPMEN No. 113 dan PERGUB Sumsel No. 8 tahun 2012. Kadar Mn berada di atas Baku Mutu Lingkungan, dan setelah dilakukan penetralan menggunakan kapur tohor, terjadi penurunan yang signifikan pada dosis 0,2 g/l (dari 72,20 mg/l menjadi 0,08 g/l). Hasil penurunan Mn dengan nilai yang sama diperoleh pada dosis 0,3 g/l dan 0,4 g/l yaitu 0,122 mg/l. Biaya yang dikeluarkan untuk menetralkan Fe dan Mn sebesar Rp.368.000/harinya atau Rp.11.040.000,-/bulan

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hidayat, L, “Pengelolaan Lingkungan Areal Tambang Batubara”, Jurnal ADHUM.1(7)44-52. 2017
- [2] Nurisman, E., Cahyadi, R., Hadriansyah., I., “Studi Terhadap Dosis Penggunaan Kapur Tohor (CaO) Pada Proses Pengolahan Air Asam Tambang Pada Kolam Pengendap Lumpur Tambang Air Laya PT. Bukit Asam, Tbk”, Jurnal Teknik Patra Akademika Edisi, 5, 2012
- [3] Said, N. I, “Teknologi Pengolahan Air Asam Tambang Batubara Alternatif Pemilihan Teknologi”. Jurnal Air Indonesia, 7(2), 2014
- [4] Pranata, A. L.”Analisis penetralan air asam tambang batubara dengan menggunakan kapur tohor di dalam pengendapan lumpur”, Jurnal teknik patra akademika,9(1),4-13, 2018
- [5] Adha, W. C., Ramli, M., Thamrin, M.,”Analisis Efektifitas Kapur Tohor Dan Zeolit Untuk Peningkatan Ph Dan Penurunan Kandungan Logam Fe Dan Cu Pada Pengolahan Air Asam Tambang”, seminar nasional teknologi IV, 2017
- [6] Rahmi, H., Nelvi, A., & Situmorang, B, “ Pengaruh Fly Ash Dan Kapur Tohor Terhadap Kualitas Air Asam Tambang (pH dan TSS) Di PT. Bara Prima Pratama”, Jurnal Teknologi Infrastruktur, 2(1), 35–43, 2023
- [7] Agustina, F dkk. “Analisis Biaya Penggunaan Kalsium Hidroksida Terhadap Parameter pH dan TSS Pada Penetralan Air Asam Tambang PT. Gorby Putra Utama”. Jurnal Manajemen & Akuntansi Prabumulih, Vol. 6 No. 1, 2022
- [8] Yolanda, M., Hadiyansyah , D. ., Rahmi, H. ., Nelvi, A., Marlina Amsya, R. ., Juniah , R. ., & Fadhlly, A, “Penetralan Air Asam Tambang Menggunakan Campuran Kapur Tohor Dan Tawas Untuk Memenuhi Baku Mutu Lingkungan Pada Parameter pH Dan TSS Di KUD Sinamar Sakato”, 2023, *Jurnal Teknologi Infrastruktur*, 5(02), 35–44. Diambil dari <https://jurnal.upb.ac.id/index.php/ft/article/view/412>
- [9] N. Azizah, E. Onwardana, and B. S. Naibaho, “Studi pengelolaan air asam tambang menggunakan kapur tohor di tambang batubara,” Jurnal Ruang Luar dan Dalam, vol. 8, no. 1, pp. 45–55, 2023.
- [10] M. Matofani, L. Rianti, and I. S. Pratama, “Analisis teknis dan ekonomis pengelolaan air asam tambang menggunakan kapur tohor di PT Bukit Asam Tbk,” Jurnal Cakrawala Ilmiah, vol. 4, no. 5, pp. 1121–1132, 2022.
- [11] I. Ariska, L. Rianti, and M. Maryana, “Analisis penetralan air asam tambang menggunakan kapur tohor,” Jurnal Teori dan Praktik Pertambangan, vol. 15, no. 1, pp. 1–10, 2021.
- [12] I. S. Ambarsari, S. Sunandar, and M. D. Setiawan, “Kajian pengolahan air asam tambang menggunakan kapur tohor (CaO) di kolam pengendapan,” Mining Science and Technology Journal, vol. 2, no. 2, pp. 65–73, 2022.

- [13] R. Kusdarini and S. Hidayat, "Netralisasi air asam tambang menggunakan metode aktif dan pasif," *Jurnal Ilmu Lingkungan*, vol. 20, no. 3, pp. 521–530, 2022.
- [14] F. R. Tumuatja and S. Sasea, "Evaluasi penurunan kadar Fe dan Mn pada air asam tambang," *Chemviro: Jurnal Kimia dan Ilmu Lingkungan*, vol. 3, no. 1, pp. 22–30, 2021.
- [15] A. Nurwaskito, A. A. Budiman, and L. M. A. Triono, "Perbandingan efektivitas kapur tohor dan soda ash dalam penetralan air asam tambang," *Journal of Mining Insight*, vol. 3, no. 3, pp. 155–163, 2023.
- [16] E.-T. Tolonen, A. Sarpola, T. Hu, J. Rämö, and U. Lassi, "Acid mine drainage treatment using by-products from quicklime manufacturing as neutralization chemicals," *Chemosphere*, vol. 117, pp. 419–424, 2014, doi: 10.1016/j.chemosphere.2014.07.090
- [17] C. O. A. Turingan, G. B. Singson, B. T. Melchor, R. D. Alorro, A. B. Beltran, and A. H. Orbecido, "Evaluation of efficiencies of locally available neutralizing agents for passive treatment of acid mine drainage," *Minerals*, vol. 10, no. 10, art. no. 845, 2020, doi: 10.3390/min10100845.
- [18] S. *, et al., "Global advancements in the management and treatment of acid mine drainage," *Applied Water Science*, vol. 14, art. 204, 2024, doi: 10.1007/s13201-024-02259-3.
- [19] SNI 6989.4:2009 Air dan air limbah – Bagian 4: Cara uji besi (Fe) secara spektrofotometri serapan atom (SSA)-NYALA
- [20] SNI 6989.5:2009 Air dan limbah –Bagian 5: Cara Uji Mangan (Mn) Secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)- nyala