

EVALUASI KAPUR TOHOR UNTUK NETRALISASI AIR ASAM TAMBANG DI KPL PIT BARAT

Evaluation of Quicklime for Acid Mine Drainage Neutralization at the West Pit Settling Pond

Abel Matthew Nathanael^{*1}, Reni Arisanti², Ahmad Husni³.

Universitas Prabumulih^{1,2,3}

*abelmatthew323@gmail.com

Abstrak

Dengan nilai pH yang rendah, air asam yang dihasilkan dari tambang harus dinetralkan sebelum dialirkan ke badan air. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan pH air asam tambang di dalam dan keluar Kolam Pengendapan Lumpur Pit Barat, menentukan dosis kapur tohor yang diperlukan, dan mengevaluasi penggunaan kapur tohor dalam proses netralisasi. Penelitian dilakukan melalui pengukuran pH dari 10 hingga 31 Maret 2026; pengujian jar dengan variasi dosis kapur tohor; penggunaan regresi linear untuk menentukan dosis terbaik; dan perhitungan debit air untuk menghitung jumlah kapur yang diperlukan. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa pH masuk berkisar antara 4,93 dan 5,22 dengan rata-rata 5,10, sedangkan pH keluar berkisar antara 6,02 dan 6,15 dengan rata-rata 6,09. Nilai pH keluaran berada dalam kisaran baku mutu 6,0–9,0. Hasil uji jar menunjukkan pH 5,04; 5,31; 5,58; 5,86; dan 6,04 dengan dosis 0,00; 0,05; 0,10; 0,15; dan 0,20 g/L. Persamaan yang dihasilkan dari regresi linear adalah $pH = 5,056 + 5,1X$ dengan $R^2 = 0,995$, yang berarti dosis optimal adalah 0,19 g/L. Dalam praktiknya, perusahaan menggunakan 100 kg kapur per pompa, dengan debit memerlukan 92,34–242,29 kg kapur per hari. Oleh karena itu, proses netralisasi memiliki kemampuan untuk meningkatkan pH hingga memenuhi baku mutu, tetapi jumlah kapur yang sebenarnya mungkin tidak sebanding dengan jumlah yang diperlukan untuk hasil perhitungan.

Kata kunci: Air Asam Tambang, Kapur Tohor, Jar Test.

Abstract

Due to its low pH, acidic water generated from mining operations must be neutralized before being discharged into water bodies. This study aimed to determine the pH of acid mine water at the inlet and outlet of the West Pit Sedimentation Pond, establish the required quicklime dosage, and evaluate the use of quicklime in the neutralization process. The research involved pH measurements taken from March 10 to March 31, 2026; jar testing with varying quicklime dosages; linear regression analysis to determine the optimal dosage; and water discharge calculations to estimate the total lime required. Measurement results showed inlet pH values ranging from 4.93 to 5.22 (average 5.10) and outlet pH values ranging from 6.02 to 6.15 (average 6.09). The outlet pH values fell within the 6.0–9.0 quality standard range. Jar test results yielded pH values of 5.04, 5.31, 5.58, 5.86, and 6.04 corresponding to dosages of 0.00, 0.05, 0.10, 0.15, and 0.20 g/L, respectively. The linear regression equation derived was $pH = 5.056 + 5.1X$ ($R^2 = 0.995$), indicating an optimal dosage of 0.19 g/L. In practice, the company uses 100 kg of lime per pump, with discharge rates requiring between 92.34 and 242.29 kg of lime per day. Consequently, while the neutralization process is capable of raising the pH to meet quality standards, the actual amount of lime used may not align precisely with the calculated requirement.

Keywords: Acid Mine Drainage, Quicklime, Jar Test.



© 2026 Abel Matthew Nathanael. Published by Yayasan Pendidikan Literasi Borneo (Nomor AHU-0031523.AH.01.04.Tahun 2025). This is Open Access article under the CC-BY-SA License (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

PENDAHULUAN

Pertambangan batubara mengoksidasi mineral sulfida, terutama pirit (FeS_2), yang terpapar udara dan air, menghasilkan air asam tambang (AAT). Proses ini menghasilkan air dengan pH rendah dan dapat meningkatkan kelarutan logam, yang dapat berdampak pada kualitas badan air penerima. Oleh karena itu, pengelolaan AAT menjadi komponen penting dari manajemen lingkungan pertambangan (Akcil & Koldas, 2006; Gautama, 2014). Kolam Pengendapan Lumpur (KPL) adalah bagian dari proses pengolahan air tambang yang digunakan untuk mengolah kualitas air dan mengendapkan material tersuspensi. Perlambatan aliran air tambang yang masuk ke KPL memungkinkan pengendapan partikel padat. KPL dapat digunakan sebagai

lokasi penambahan bahan penetral untuk meningkatkan pH AAT selain berfungsi sebagai pengendapan (Ambarsari et al., 2023). Salah satu cara untuk menangani AAT pada KPL adalah dengan menambah bahan alkali kapur tohor (CaO). Kapur tohor bereaksi dengan air untuk membentuk kalsium hidroksida $[Ca (OH)_2]$, yang kemudian menetralkan ion hidrogen, meningkatkan pH air (Sari & Shinthya, 2025).

PT Lematang Coal Lestari adalah perusahaan pertambangan batubara yang mengelola air asam tambang melalui sistem KPL. Kondisi debit air yang masuk ke KPL dapat berubah selama proses operasi, yang dapat menyebabkan perubahan kebutuhan kapur tohor. Studi sebelumnya telah membahas pengolahan AAT dengan kapur dan bagaimana kondisi pengaliran memengaruhi proses. Studi ini berfokus pada pH masuk dan keluar, dosis CaO yang ideal, jumlah kapur yang diperlukan berdasarkan debit, dan perbandingan kebutuhan hasil perhitungan dengan penggunaan aktual di KPL Pit Barat. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan pH AAT pada inlet dan outlet KPL Pit Barat, menentukan jumlah kapur tohor yang diperlukan untuk mencapai pH yang sesuai dengan standar mutu, dan mengevaluasi penggunaan kapur tohor dalam proses netralisasi. Semua ini dilakukan dengan menggunakan kondisi lapangan. Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 menetapkan baku mutu pH antara 6,00 dan 9,00.

METODOLOGI

Studi ini dilakukan dari 10 hingga 31 Maret 2026 di KPL Pit Barat PT Lematang Coal Lestari Site Cakra Bumi Energi. Penelitian menggunakan metode kuantitatif, yang mencakup pengukuran pH, uji jar test, dan analisis jumlah kapur tohor yang diperlukan. Dengan menggunakan pH meter digital, data pH dikumpulkan pada titik masuk dan keluar KPL. Uji jar test dengan variasi dosis 0,00; 0,05; 0,10; 0,15; dan 0,20 g/L digunakan untuk menentukan dosis CaO ideal. Selanjutnya, analisis dilakukan menggunakan regresi linear dengan target pH 6,00. Kebutuhan kapur dihitung berdasarkan dosis dan debit air yang ideal dengan menggunakan persamaan $K = (D \times Q)/1000$. Kemudian, jumlah kapur yang dibutuhkan dibandingkan dengan jumlah perusahaan yang sebenarnya. Hasil penelitian dinilai berdasarkan perubahan pH dari masuk ke keluar dan apakah sesuai dengan baku mutu pH 6,00–9,00.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. pH Inlet dan Outlet KPL Pit Barat

Hasil pengukuran selama 22 hari menunjukkan bahwa pH inlet berada pada kisaran 4,93–5,22 dengan rata-rata 5,10. Nilai tertinggi terjadi pada 21 Maret 2026 sebesar 5,22, sedangkan nilai terendah terjadi pada 14 Maret 2026 sebesar 4,93. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa air yang masuk ke KPL masih bersifat asam dan memerlukan proses netralisasi.

Tabel I. Ringkasan Hasil Pengukuran Ph Inlet dan Outlet.

Parameter	Jumlah pengamatan	Minimum	Maksimum	Rata-rata
pH inlet	22	4,93	5,22	5,10
pH outlet	22	6,02	6,15	6,09

Nilai pH outlet berkisar antara 6,02 dan 6,15 dengan nilai rata-rata 6,09; nilai tertinggi tercatat pada 21 Maret 2026 sebesar 6,15, dan nilai terendah tercatat pada 14 Maret 2026 sebesar 6,02. Hasil pengukuran outlet secara keseluruhan berada di antara 6,00 dan 9,00, sehingga memenuhi baku mutu yang digunakan dalam penelitian. Nilai keluaran yang lebih tinggi daripada nilai masukan menunjukkan bahwa penambahan CaO di KPL meningkatkan pH AAT. Walaupun nilai pH outlet masih dekat batas bawah baku mutu, rentang pengukurannya relatif kecil, perbedaan pH antara inlet dan outlet menunjukkan kenaikan rata-rata sebesar 0,99 satuan pH. Perubahan sifat AAT yang masuk ke KPL, seperti perubahan tingkat keasaman awal dan kondisi curah hujan, dapat memengaruhi fluktuasi pH. Kondisi ini meningkatkan pentingnya mempertimbangkan karakteristik air masuk saat memberikan bahan penetral (Nurisman et al., 2012, Sari & Shinthya, 2024).

2. Penentuan Dosis Kapur Tohor

Tabel II. Hasil Uji Jar Test

Dosis CaO (g/L)	pH hasil jar test
0,00	5,04
0,05	5,31
0,10	5,58
0,15	5,86
0,20	6,04

Hasil uji jar test menunjukkan peningkatan pH seiring dengan peningkatan dosis CaO. Pada dosis 0,00 g/L, pH sebesar 5,04 dan meningkat berturut-turut menjadi 5,31; 5,58; 5,86; dan 6,04 pada dosis 0,05; 0,10; 0,15; dan 0,20 g/L. Dosis 0,20 g/L merupakan dosis pengujian yang menghasilkan pH lebih besar dari 6,00. Berdasarkan hasil uji jar test dan pengolahan regresi linear sebagaimana tercantum dalam TA, diperoleh persamaan $pH = 5,056 + 5,1X$ dengan $R^2 = 0,995$. Dengan target pH 6,00, diperoleh $X = (6,00 - 5,056)/5,1 = 0,19$ g/L. Nilai 0,19 g/L tersebut ditetapkan sebagai dosis optimum untuk perhitungan kebutuhan kapur pada kondisi lapangan. Hasil ini juga konsisten dengan hasil jar test, karena dosis 0,20 g/L menghasilkan pH 6,04.

3. Kebutuhan Kapur Tohor Berdasarkan Debit

Kebutuhan kapur tohor berubah seiring dengan debit air yang masuk ke KPL, berdasarkan dosis optimum 0,19 g/L. Debit pada data penelitian berkisar antara 486.000 dan 1.275,190 L/hari, sedangkan kebutuhan CaO berkisar antara 92,34 dan 242,29 kg/hari. Kebutuhan tertinggi terjadi pada 12 Maret 2026 dengan debit 1.275.190 L/hari dan kebutuhan 242,29 kg/hari; kebutuhan terkecil terjadi pada 19 Maret 2026 dengan debit 48.

Tabel III. Kebutuhan Kapur Tohor Berdasarkan Dosis Optimum.

Tanggal	Debit (L/hari)	Dosis (g/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

Hasil tersebut menunjukkan hubungan langsung antara debit dan kebutuhan kapur pada dosis yang sama. Ketika debit meningkat, jumlah AAT yang harus dinetralkan juga meningkat sehingga kebutuhan CaO meningkat. Hal ini menjadi penting karena penggunaan aktual perusahaan dilakukan berdasarkan jumlah tetap setiap kali pompa beroperasi, sementara debit air berubah selama periode pengamatan.

4. Evaluasi Penggunaan Kapur Tohor

Data operasional perusahaan menunjukkan bahwa setiap pompa yang beroperasi menggunakan dua sak kapur tohor dengan berat masing-masing 50 kilogram, sehingga penggunaan sebenarnya adalah 100 kilogram per pompa. Selama penelitian, pola ini hampir tidak berubah.

Tabel IV. Perbandingan Kebutuhan Kapur Tohor Hasil Perhitungan dan Penggunaan Aktual.

Selisih = Kebutuhan Kapur Tohor - 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

Dalam beberapa periode, penggunaan aktual lebih besar daripada kebutuhan hasil perhitungan, tetapi dalam periode lain, penggunaan aktual lebih besar daripada kebutuhan hasil perhitungan. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa perubahan debit air tidak secara proporsional mengikuti jumlah kapur yang digunakan perusahaan. Selama periode penelitian, debit total AAT yang diolah sebesar 11.885,97 m³, dengan kebutuhan total kapur tohor sebesar 2.258,15 kg, atau 45,16 sak; penggunaan perusahaan sebenarnya adalah 1.600 kg, atau 32 sak. Nilai pH outlet selama periode penelitian tetap berada pada rentang 6,02–6,15 dan memenuhi baku mutu pH 6,00–9.

Supaya jumlah bahan penetral yang diberikan tetap sesuai dengan kondisi pengolahan, penggunaan kapur harus dievaluasi bersama dengan kondisi pH dan debit air karena perubahan dalam debit, tingkat keasaman air yang masuk, dan kondisi waktu tinggal dan kontak antara kapur dan AAT. Hasil penelitian ini mendukung pendapat sebelumnya bahwa sifat AAT dan kondisi pengaliran merupakan komponen yang harus dipertimbangkan saat mengalokasikan dosis kapur (Nurisman et al., 2012; Mosai et al., 2024).

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pH inlet AAT di KPL Pit Barat berada pada kisaran 4,93–5,22 dengan rata-rata 5,10, sedangkan pH outlet berada pada kisaran 6,02–6,15 dengan rata-rata 6,09. Semua nilai outlet memenuhi baku mutu pH 6,00–9,00 yang ditetapkan dalam Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021. Dengan persamaan $pH = 5,056 + 5,1X$ dan $R^2 = 0,995$, uji jar menunjukkan bahwa pH meningkat seiring dengan dosis CaO. Regresi linear menghasilkan dosis ideal 0,19 g/L. Berdasarkan dosis optimal, kebutuhan kapur tohor setiap hari berkisar antara 92,34 dan 242,29 kg, dengan total 2.258,15 kg selama periode perhitungan dan 1.600 kg yang digunakan oleh perusahaan. Oleh karena itu, penggunaan sebenarnya mungkin tidak selalu sesuai dengan persyaratan hasil perhitungan, tetapi proses netralisasi yang digunakan dapat menghasilkan pH keluaran yang memenuhi standar mutu. Untuk menentukan kebutuhan kapur, penelitian lebih lanjut harus melihat perubahan debit, waktu tinggal, curah hujan, dan karakteristik AAT.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT Lematang Coal Lestari Site Cakra Bumi Energi yang telah memberikan izin dan data pendukung penelitian, serta kepada Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Prabumulih dan pihak-pihak yang telah memberikan arahan selama pelaksanaan penelitian dan penyusunan artikel.

REFERENSI

- Akcil, A., & Koldas, S. (2006). *Acid mine drainage (AMD): causes, treatment and case studies*. Journal of Cleaner Production, 14(12-13), 1139–1145.
- Ambarsari, S. I., Sunandar, S., & Muh Dedin Setiawan. (2023a). *Kajian Pengolahan Air Asam Tambang Menggunakan Kapur Tohor (Ca(OH)₂) di Kolam Pengendapan Lumpur (Settling Pond)*. 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.
- 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., & Shanthi, 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.
- 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.