



Analisis Biaya Penggunaan Kapur dan Tawas pada Pengolahan Air Asam Tambang di *Settling Pond* 03 Pit Paku PT. Rimau

Andreashah Eko Prastyo¹, Rizal², Nil Firdaus³

^{1,2,3} Universitas Plangka Raya, Indonesia

E-mail: ninjasagadian01@gmail.com, lisavirgiyanti@mining.upr.ac.id,
nuansamare@mining.upr.ac.id

ABSTRAK

Kata kunci:

air asam tambang, kapur, tawas, biaya pengolahan, ph, kekeruhan, settling pond

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis biaya penggunaan kapur dan tawas dalam pengolahan air asam tambang di *Settling pond* 03, Pit Paku, PT. Rimau Energy Mining. Air asam tambang, hasil reaksi kimia antara mineral sulfida dan air, memerlukan penanganan khusus untuk mengurangi dampak lingkungan. Penggunaan kapur dan tawas bertujuan untuk meningkatkan pH dan menurunkan kekeruhan air asam tambang. Melalui percobaan laboratorium dengan berbagai dosis kapur dan tawas, penelitian ini menemukan dosis yang paling efektif untuk menetralkan air asam tambang, meningkatkan pH, dan menurunkan kekeruhan sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan. Selain itu, penelitian ini juga menganalisis biaya yang diperlukan untuk setiap kombinasi dosis yang diuji, dengan hasil menunjukkan perbandingan biaya pengolahan berdasarkan dosis kapur dan tawas yang digunakan. Berdasarkan analisis biaya, ditemukan bahwa kombinasi dosis kapur dan tawas yang optimal menghasilkan biaya yang lebih efektif dibandingkan metode yang diterapkan sebelumnya. Dosis yang efektif untuk menetralkan air asam tambang adalah 1 gram kapur dan 2 gram tawas per liter, yang berhasil menaikkan pH dari 3,88-4,13 menjadi 8,10-8,40, serta menurunkan kekeruhan dari 498-522 NTU menjadi 144,9-196,1 NTU.

ABSTRACT

Keywords:

Acid Mine Drainage, Lime, Alum, Treatment Cost, pH, Turbidity, Settling pond

This study aims to analyze the cost of using lime and alum in the treatment of acid mine drainage at Settling pond 03, Pit Paku, PT. Rimau Energy Mining. Acid mine drainage, formed through chemical reactions between sulfide minerals and water, requires specialized treatment to mitigate its environmental impact. The use of lime and alum is intended to increase pH and reduce turbidity levels in the acid mine water. Through laboratory experiments with various doses of lime and alum, this research identified the most effective doses to neutralize acid mine drainage, raise pH levels, and reduce turbidity in accordance with established environmental standards. Additionally, the study analyzed the costs associated with each dose combination tested, revealing that the optimal lime and alum dose combinations resulted in more cost-effective treatment compared to previously employed methods. The effective dose to neutralize acid mine water is 1 gram of lime and 2 grams of alum per liter, which successfully increases the pH from 3.88-4.13 to 8.10-8.40, and reduces turbidity from 498-522 NTU to 144.9-196.1 NTU.

PENDAHULUAN

Perkembangan industri pertambangan batu bara di Indonesia mengalami kemajuan yang signifikan, terutama dengan target produksi batu bara yang ditetapkan oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) mencapai hampir 700 juta ton pada tahun 2023 (Sagala et al., 2023) (Putri et al., 2024). Industri ini tidak hanya menjadi pendorong perekonomian nasional, tetapi juga menghasilkan dampak lingkungan yang memerlukan penanganan serius, salah satunya adalah air asam tambang. Air asam tambang terbentuk dari reaksi antara mineral sulfida dan air yang berpotensi merusak lingkungan apabila tidak diolah dengan baik sebelum dilepaskan ke lingkungan (Said, 2014) (Hidup, 2003).

PT. Rimau Energy Mining sebagai salah satu perusahaan tambang batu bara di Indonesia menghadapi tantangan dalam pengelolaan air asam tambang yang dihasilkan dari kegiatan operasionalnya. Penelitian ini berfokus pada pengolahan air asam tambang di Settling pond 03, Pit Paku, PT. Rimau Energy Mining, dengan tujuan untuk menemukan metode pengolahan yang efektif dan efisien, terutama dalam penggunaan kapur dan tawas. Kapur dan tawas digunakan untuk meningkatkan pH dan menurunkan tingkat kekeruhan air asam tambang, sehingga memenuhi standar baku mutu air tambang yang telah ditetapkan (Adha et al., 2018)(Mudya & Murad, 2019).

Pentingnya pengelolaan air asam tambang telah diatur dalam peraturan lingkungan hidup di Indonesia, terutama dalam konteks industri pertambangan (Ranjani & Setiawan, 2024). Salah satu cara yang dapat diterapkan oleh perusahaan tambang adalah melalui penetralan air asam tambang dengan bahan kimia seperti kapur dan tawas. Namun, dalam proses ini, biaya yang dikeluarkan untuk pembelian bahan kimia tersebut dapat menjadi tantangan ekonomi bagi perusahaan (Hasyim & Rakhman, 2014)(Rahmi et al., 2019).

Dalam konteks ini, penelitian dilakukan untuk menganalisis secara rinci biaya yang dibutuhkan dalam penggunaan kapur dan tawas pada pengolahan air asam tambang di PT. Rimau Energy Mining. Berdasarkan hasil pengujian laboratorium, penelitian ini bertujuan untuk menentukan dosis yang paling efektif dalam meningkatkan pH dan menurunkan kekeruhan, sehingga tidak hanya ramah lingkungan tetapi juga efisien dari segi biaya .

Penggunaan kapur dan tawas telah banyak diaplikasikan dalam industri pertambangan sebagai salah satu metode pengolahan air tambang yang murah dan mudah didapatkan (Winoto & Aprilyanti, 2021) (Munandar et al., 2018). Kapur berfungsi untuk menetralkan keasaman air, sementara tawas digunakan untuk mengurangi kekeruhan air dengan memisahkan partikel-partikel tersuspensi (Hidayat, 2017). Namun, penggunaan bahan kimia ini harus dioptimalkan agar biaya yang dikeluarkan tidak melebihi manfaat yang dihasilkan .

Biaya pengolahan air asam tambang menjadi salah satu komponen penting dalam perhitungan ekonomi perusahaan tambang. Dalam pengolahan air asam tambang, diperlukan analisis mendalam mengenai jumlah bahan yang digunakan, biaya per unit bahan, serta efektivitas dari masing-masing dosis yang diaplikasikan. Penelitian ini juga membandingkan biaya penggunaan kapur dan tawas dalam beberapa variasi dosis yang berbeda, untuk menemukan kombinasi yang paling ekonomis dan efektif (Handayani et al., 2016).

Hasil pengolahan air asam tambang tidak hanya berpengaruh pada lingkungan, tetapi juga pada citra dan reputasi perusahaan di mata publik serta pemegang saham. Perusahaan yang mampu mengelola limbahnya dengan baik, termasuk air asam tambang, akan lebih dipercaya oleh masyarakat dan memiliki daya saing yang lebih baik di pasar. Oleh karena itu, efisiensi biaya dalam pengolahan air asam tambang memiliki dampak yang signifikan terhadap keberlanjutan operasional perusahaan .

Penelitian ini timbul dari meningkatnya regulasi lingkungan dan kesadaran publik terhadap praktik penambangan yang berkelanjutan. Dengan semakin ketatnya standar lingkungan di Indonesia, perusahaan seperti PT. Rimau menghadapi tekanan untuk mengadopsi solusi pengolahan AAT yang efisien dan hemat biaya. Jika tidak dikelola dengan baik, perusahaan dapat menghadapi sanksi besar serta degradasi lingkungan jangka panjang yang memengaruhi reputasi dan stabilitas keuangan perusahaan.

Penelitian terdahulu dari Yolanda et al., (2023) menyatakan kualitas air asam tambang setelah penambahan dosis campuran tawas dan kapur tohor pada KUD Sinamar Sakato telah memenuhi baku mutu lingkungan untuk parameter pH dan TSS dengan dosis campuran 4,5gr/l kapur tohor dan 0,5gr/l tawas dimana diperoleh nilai pH 7,4 dan TSS 396 mg/l. Jumlah kebutuhan untuk menetralkan air asam tambang untuk dosis skala lapangan dibutuhkan campuran tawas sebanyak 79,92 kg dan 719.28 kg kapur tohor per hari. Biaya penetralan skala lapangan untuk 1 hari dengan total Rp 6.953.040.

Penelitian sebelumnya telah mengeksplorasi berbagai metode kimia untuk pengolahan AAT, penelitian ini memberikan wawasan baru dengan mengidentifikasi dosis optimal kapur dan tawas yang meminimalkan biaya pengolahan, sambil tetap memenuhi regulasi lingkungan. Penelitian ini juga membandingkan efektivitas berbagai rasio pengolahan (1:1 dan 2:1) dalam kondisi yang berbeda, serta menyediakan analisis biaya-manfaat yang dapat menjadi model bagi operasi pertambangan lainnya.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk menganalisis dan menentukan kombinasi dosis kapur dan tawas yang paling hemat biaya untuk pengolahan AAT di Settling Pond 03, Pit Paku PT. Rimau. Secara khusus, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dosis optimal yang dapat menetralkan AAT dan mengurangi kekeruhan hingga memenuhi standar lingkungan, mengevaluasi biaya pengolahan yang terkait dengan setiap kombinasi dosis dan memberikan rekomendasi untuk manajemen AAT yang berkelanjutan, dengan mempertimbangkan aspek lingkungan dan ekonomi.

Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini melibatkan beberapa variabel penting, yaitu pH air, tingkat kekeruhan, dan volume air yang diolah. Dalam setiap tahapan pengolahan, dosis kapur dan tawas diukur secara teliti untuk memastikan hasil yang optimal. Melalui percobaan laboratorium, ditemukan bahwa variasi dosis tertentu dapat memberikan hasil yang lebih baik dalam menetralkan keasaman dan mengurangi kekeruhan, dengan biaya yang lebih rendah .

Selain itu, penelitian ini juga memberikan rekomendasi mengenai pengelolaan air tambang yang lebih efisien dengan memperhatikan aspek lingkungan dan ekonomi. Diharapkan, hasil dari penelitian ini dapat membantu perusahaan tambang lainnya dalam merencanakan strategi pengolahan air tambang yang lebih baik, serta mendukung pengembangan teknologi pengolahan air yang lebih ramah lingkungan di masa depan. Hasil dari penelitian ini diharapkan memberikan manfaat bagi industri pertambangan dan praktik pengelolaan lingkungan. Dengan mengidentifikasi dosis kapur dan tawas yang

optimal, penelitian ini akan membantu PT. Rimau dan perusahaan lain mengurangi biaya pengolahan sekaligus memastikan kepatuhan terhadap standar lingkungan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di PT. Rimau Energy Mining, sebuah perusahaan pertambangan batubara yang berlokasi di Kabupaten Barito Timur, Kalimantan Tengah. Fokus penelitian ini adalah pada *Settling pond* 03 yang berfungsi untuk mengolah air asam tambang. Pengolahan ini menggunakan kapur dan tawas untuk menetralkan pH dan menurunkan kekeruhan air asam tambang.

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian meliputi pH meter, turbidity meter, jerigen, gelas ukur, GPS, serta alat aduk dan timbangan untuk pengujian laboratorium. Bahan yang digunakan adalah air asam tambang yang diambil dari *Settling pond* 03 dan kapur tohor (CaO) serta tawas (Al₂(SO₄)₃) sebagai agen pengolah (Amsya et al., 2021). Langkah-langkah penelitian adalah sebagai berikut:

1. Persiapan dan Pengumpulan Data

- Mengambil sampel air asam tambang dari *Settling pond* 03 menggunakan jerigen.
- Mengukur pH awal dan kekeruhan air asam tambang dengan pH meter dan turbidity meter.
- Menghitung debit aktual air yang mengalir ke *Settling pond* 03 menggunakan metode discharge.

2. Pengujian di Laboratorium

- Menimbang dosis kapur dan tawas sesuai dengan variabel yang ditentukan (dosis bervariasi antara 0,25 gram hingga 2 gram per liter)
- Menambahkan kapur dan tawas ke dalam sampel air asam tambang
- Mengukur perubahan pH dan kekeruhan air pada interval waktu 10, 20, 30, dan 40 menit setelah penambahan kapur dan tawas
- Melakukan pengulangan percobaan sebanyak lima kali untuk mendapatkan data yang konsisten.

3. Analisis Data

- Menganalisis perubahan pH dan kekeruhan air asam tambang setelah pengolahan menggunakan kapur dan tawas.
- Menghitung dosis kapur dan tawas yang efektif untuk menaikkan pH dan menurunkan kekeruhan sesuai dengan standar baku mutu.
- Menggunakan data yang diperoleh dari laboratorium untuk menghitung kebutuhan kapur dan tawas dalam skala lapangan.

4. Perhitungan Biaya Pengolahan:

- Menghitung biaya penggunaan kapur dan tawas berdasarkan dosis yang efektif untuk pengolahan air asam tambang.
- Melakukan estimasi biaya pengolahan air asam tambang per jam, per hari, dan per bulan berdasarkan hasil uji laboratorium dan data debit air.

5. Evaluasi dan Penyusunan Laporan:

- Mengevaluasi hasil penelitian dengan membandingkan biaya pengolahan air menggunakan kapur dan tawas yang ditemukan dari hasil penelitian dengan biaya aktual yang dikeluarkan perusahaan.
- Menyusun laporan hasil penelitian dan membuat rekomendasi untuk pengolahan air asam tambang yang lebih efektif dan efisien dari segi biaya.

Data yang diperoleh dari pengujian laboratorium ini dianalisis menggunakan metode kuantitatif dan deskriptif. Pendekatan kuantitatif digunakan untuk menghitung kebutuhan kapur dan tawas berdasarkan volume air yang mengalir ke *settling pond*. Selain itu, dilakukan perhitungan biaya pengolahan air asam tambang dengan menggunakan dosis yang telah diuji, sehingga bisa diperoleh estimasi biaya yang diperlukan untuk pengolahan air per jam, per hari, hingga per bulan.

Waktu pelaksanaan penelitian ini adalah selama ± 2 bulan, mulai dari bulan Agustus hingga Oktober 2023, yang meliputi pengumpulan data lapangan, pengujian laboratorium, dan analisis hasil.

HASIL DAN PEMBAHASAN

In this section, Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis biaya penggunaan kapur dan tawas dalam pengolahan air asam tambang di *Settling pond* 03 Pit Paku PT. Rimau Energy Mining. Penelitian ini berfokus pada penentuan dosis optimal dan efisiensi biaya pengolahan air asam tambang dengan menggunakan kapur dan tawas sebagai agen penetral. Berikut ini adalah hasil dan pembahasan dari penelitian yang telah dilakukan.

Keadaan *Settling pond* 03

Settling pond 03 di PT. Rimau Energy Mining terdiri dari enam kompartemen dengan fungsi yang berbeda-beda. Air asam tambang dialirkan dari sump ke kolam pertama, yang merupakan kolam inlet, menggunakan pompa Sykes 22. Setelah itu, air mengalir melalui kolam-kolam pengendapan yang berturut-turut: fase pertama, fase kedua, dan fase ketiga. Pada setiap fase ini, air mengalami proses pengendapan lumpur sebelum mencapai kolam pengapuran dan penawasan. Kolam terakhir berfungsi untuk memastikan air yang dilepaskan ke lingkungan sudah sesuai dengan standar kualitas yang ditetapkan

Tabel 1 Perbandingan dosis 2:1

No.	Massa (g)	
	kapur	tawas
1	1	2
2	0,5	1
3	0,25	0,5
4	0,2	0,4

Volume dari setiap kolam bervariasi dan berperan penting dalam pengendalian air asam tambang yang masuk. Tabel 1 menunjukkan volume masing-masing kolam, mulai dari kolam pertama dengan volume 5.029 m³ hingga kolam keenam dengan volume 73.744 m³. Kolam pengapuran dan penawasan, yang merupakan kolam kelima, memiliki volume sebesar 99.091 m³ dan merupakan tempat utama penambahan kapur serta tawas untuk menetralkan air asam tambang.

Debit Air dan Kondisi Pengolahan Air

Debit air yang mengalir ke settling pond diukur menggunakan metode discharge. Berdasarkan pengukuran yang dilakukan, debit rata-rata air asam tambang yang masuk ke settling pond adalah sebesar 469,40257 liter per detik. Debit ini diukur dengan menggunakan alat ukur berbentuk "L" yang menghitung kecepatan dan volume air yang dipindahkan oleh pompa. Debit air ini sangat penting karena menjadi acuan dalam menghitung kebutuhan kapur dan tawas yang akan digunakan dalam pengolahan air asam tambang.

Dengan debit sebesar itu, air asam tambang yang masuk ke settling pond perlu segera diolah agar tidak menyebabkan penumpukan air yang terkontaminasi di kolam. Oleh karena itu, perhitungan dosis kapur dan tawas yang tepat sangat penting untuk memastikan bahwa proses pengolahan berjalan secara efisien baik dari segi teknis maupun biaya.

Pengujian Dosis Kapur dan Tawas

Untuk menentukan dosis kapur dan tawas yang optimal, dilakukan uji laboratorium dengan dua perbandingan dosis: dua berbanding satu (dua bagian tawas, satu bagian kapur) dan satu berbanding satu (kapur dan tawas sama rata). Hasil dari pengujian laboratorium menunjukkan variasi efektivitas berdasarkan dosis yang diberikan.

Pada uji dengan rasio dua berbanding satu, dosis pertama yang digunakan adalah 1 gram kapur dan 2 gram tawas per liter air asam tambang. Hasilnya menunjukkan peningkatan pH air dari kisaran 3,88-4,13 menjadi 8,10-8,40, sementara kekeruhan air berkurang dari 498-522 NTU menjadi 144,9-196,1 NTU setelah 10 menit. Ini menunjukkan bahwa dosis ini sangat efektif dalam menetralkan keasaman dan menurunkan kekeruhan air.

Pada dosis kedua dalam rasio dua berbanding satu, yaitu 0,5 gram kapur dan 1 gram tawas per liter, pH air meningkat menjadi 6,06-6,92, dan kekeruhan turun menjadi 325,9-418,9 NTU. Meskipun hasil ini kurang efektif dibandingkan dosis pertama, dosis ini tetap memberikan peningkatan yang signifikan terhadap kualitas air asam tambang.

Pengujian Dosis Satu Berbanding Satu

Pengujian berikutnya menggunakan rasio satu berbanding satu antara kapur dan tawas. Dosis yang digunakan adalah 0,25 gram kapur dan 0,25 gram tawas per liter air.

Pada uji ini, pH air yang awalnya berkisar antara 3,5-3,96 berhasil meningkat menjadi 6,09-6,17, sedangkan kekeruhan air berkurang dari 307-723 NTU menjadi 64-90 NTU pada menit ke-30.

Dosis ini menghasilkan penurunan kekeruhan yang lebih baik dibandingkan dengan rasio dua berbanding satu, namun waktu yang dibutuhkan lebih lama. Penurunan kekeruhan ini cukup signifikan, sehingga dosis ini layak dipertimbangkan untuk digunakan dalam pengolahan air asam tambang, terutama jika prioritas pengolahan adalah menurunkan kekeruhan secara drastis.

Perhitungan Biaya Pengolahan Air Asam Tambang

Setelah menentukan dosis kapur dan tawas yang optimal, langkah selanjutnya adalah menghitung biaya pengolahan air asam tambang berdasarkan dosis tersebut. Biaya dihitung berdasarkan harga kapur dan tawas per kilogram dan kebutuhan per jam, per hari, serta per bulan sesuai dengan volume air yang diolah di settling pond.

Pada variabel dosis 1 gram kapur dan 2 gram tawas per liter, biaya yang dikeluarkan untuk penggunaan tawas adalah Rp 1.662.811,66 per jam, sementara untuk kapur adalah Rp 506.954,78 per jam. Perhitungan ini didasarkan pada debit air dan dosis yang telah diuji di laboratorium (Tabel 2). Untuk dosis lainnya, yaitu 0,5 gram kapur dan 1 gram tawas, biaya yang dibutuhkan adalah setengah dari biaya dosis pertama.

No.	Massa (g)		kebutuhan tawas (kg)	kebutuhan kapur (kg)	kebutuhan tawas (sak)	kebutuhan kapur (sak)	harga		biaya	
	kapur	tawas					tawas/kg	kapur/kg	tawas	kapur
1	1	2	64.214,27	32.107,13	2.568,57	1.284,29	4920	3000	315.934.216,15	96.321.407,36
2	0,5	1	32.107,13	16.053,56	1.284,29	642,14	4920	3000	157.967.108,07	48.160.703,68
3	0,25	0,5	16.045,11	8.022,55	641,80	320,90	4920	3000	78.941.983,74	24.067.677,97
4	0,2	0,4	12.836,09	6.418,04	513,44	256,72	4920	3000	63.153.586,99	19.254.142,37

Gambar 2. Biaya penggunaan tawas dan kapur dengan perbandingan 2:1

No.	Massa (g)		kebutuhan tawas (kg)	kebutuhan kapur (kg)	kebutuhan tawas (sak)	kebutuhan kapur (sak)	harga		biaya	
	kapur	tawas					tawas/kg	kapur/kg	tawas	kapur
1	1	1	32.090,23	32.090,23	1.283,61	1.283,61	4920	3000	157.883.967,49	96.270.711,88
2	0,5	0,5	16.045,11	16.045,11	641,80	641,80	4920	3000	78.941.983,74	48.135.355,94
3	0,25	0,25	8.026,78	8.026,78	321,07	321,07	4920	3000	39.491.777,02	24.080.351,84
4	0,2	0,2	6.418,04	6.418,04	256,72	256,72	4920	3000	31.576.793,49	19.254.142,37

Gambar 3. Biaya penggunaan tawas dan kapur dengan perbandingan 1:1

Perhitungan biaya bulanan didasarkan pada hours meter pompa selama bulan September 2023, di mana pompa beroperasi selama 190 jam. Biaya bulanan yang dikeluarkan untuk dosis 1 gram kapur dan 2 gram tawas adalah Rp 315.934.216,15 untuk tawas dan Rp 96.321.407,36 untuk kapur (Tabel 3). Ini menunjukkan bahwa biaya penggunaan tawas lebih tinggi dibandingkan kapur, karena jumlah tawas yang diperlukan lebih banyak untuk menurunkan kekeruhan air.

Analisis Efisiensi Biaya

Hasil perhitungan biaya menunjukkan bahwa penggunaan dosis kapur dan tawas yang tepat dapat menghasilkan penghematan yang signifikan. Pada penelitian ini, perbandingan dosis dua berbanding satu (1 gram kapur dan 2 gram tawas) dianggap sebagai

yang paling efisien dalam menetralkan air asam tambang dan menurunkan kekeruhan, meskipun biaya penggunaan tawas lebih tinggi. Namun, dosis ini mampu menurunkan kekeruhan hingga tingkat yang memenuhi baku mutu air limbah, sehingga layak untuk diterapkan di lapangan.

Sebaliknya, dosis satu berbanding satu (0,25 gram kapur dan tawas) lebih ekonomis dari segi biaya, tetapi memerlukan waktu lebih lama untuk menurunkan kekeruhan. Efisiensi biaya perlu dipertimbangkan oleh PT. Rimau Energy Mining tergantung pada prioritas mereka, apakah lebih mementingkan penghematan biaya atau efektivitas dalam waktu yang lebih singkat.

Hubungan Kekeruhan dan Total Suspended Solid (TSS)

Selain penurunan pH, penelitian ini juga meneliti hubungan antara kekeruhan dan total suspended solid (TSS) dalam air asam tambang. Berdasarkan data uji laboratorium yang disajikan dalam Tabel 4, hubungan antara kekeruhan dan TSS dianalisis melalui regresi linier. Persamaan regresi yang dihasilkan adalah: $y=0,9451x-100,99$ $y=0,9451x - 100,99$ di mana y adalah nilai TSS dan x adalah kekeruhan.

Tabel 2. TSS dan Kekeruhan

No	Bulan	TSS (x)	Kekeruhan (y)
1	September	37	49
2	Agustus	4	13
3	Juli	5	16
4	Mei	10	24
5	April	7	15

Hasil dan pembahasan berisi hasil-hasil temuan penelitian dan pembahasannya secara ilmiah. Tuliskan temuan-temuan ilmiah (scientific finding) yang diperoleh dari hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan tetapi harus ditunjang oleh data-data yang memadai. Temuan ilmiah yang dimaksud di sini adalah bukan data-data hasil penelitian yang diperoleh. Temuan-temuan ilmiah tersebut harus dijelaskan secara saintifik meliputi: Apakah temuan ilmiah yang diperoleh? Mengapa hal itu bisa terjadi? Mengapa trend variabel seperti itu? Semua pertanyaan tersebut harus dijelaskan secara saintifik, tidak hanya deskriptif, bila perlu ditunjang oleh fenomena-fenomena dasar ilmiah yang memadai. Selain itu, harus dijelaskan juga perbandingannya dengan hasil-hasil para peneliti lain yang hampir sama topiknya. Hasil-hasil penelitian dan temuan harus bisa menjawab hipotesis penelitian di bagian pendahuluan.

Koefisien determinasi (R^2) yang diperoleh dari analisis ini adalah 0,9854, menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang sangat kuat antara kekeruhan dan TSS. Ini berarti bahwa semakin tinggi nilai kekeruhan, semakin tinggi pula nilai TSS yang terdapat dalam air asam tambang. Penurunan kekeruhan secara signifikan juga akan menurunkan kandungan TSS dalam air.

Evaluasi Efektivitas Pengolahan Air

Dari hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa penggunaan dosis kapur dan tawas yang tepat dapat secara signifikan meningkatkan kualitas air asam tambang yang dihasilkan. Peningkatan pH dan penurunan kekeruhan yang dihasilkan dari pengolahan ini

menunjukkan bahwa air asam tambang dapat dinetralkan dengan baik sebelum dilepas ke lingkungan. Dosis yang paling efektif untuk digunakan di lapangan adalah 1 gram kapur dan 2 gram tawas per liter air, karena dosis ini memberikan hasil yang paling optimal dalam menurunkan kekeruhan dan menaikkan pH.

Efektivitas ini sangat penting mengingat dampak lingkungan yang dapat ditimbulkan oleh air asam tambang jika tidak diolah dengan baik. PT. Rimau Energy Mining dapat mempertimbangkan untuk menerapkan dosis ini pada skala lapangan guna memastikan bahwa kualitas air yang dilepas sudah sesuai dengan baku mutu air limbah yang diatur oleh pemerintah.

Potensi Penerapan di Lapangan

Penerapan dosis kapur dan tawas ini di lapangan tidak hanya dapat meningkatkan efektivitas pengolahan air asam tambang, tetapi juga memberikan dampak positif terhadap biaya operasional. Meskipun penggunaan tawas lebih mahal dibandingkan kapur, hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa tawas sangat efektif dalam menurunkan kekeruhan, sehingga membantu memastikan air yang diolah memenuhi standar lingkungan (Faisal & Syarifudin, 2014).

Dalam jangka panjang, penelitian ini memberikan dasar bagi PT. Rimau Energy Mining untuk melakukan evaluasi terhadap metode pengolahan air asam tambang yang digunakan saat ini. Dengan menggunakan hasil penelitian ini, perusahaan dapat mengoptimalkan proses pengolahan air tambang dan meminimalkan dampak lingkungan serta biaya operasional.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan mengenai analisis biaya penggunaan kapur dan tawas dalam pengolahan air asam tambang di Settling pond 03 Pit Paku PT. Rimau Energy Mining, dapat disimpulkan bahwa dosis yang efektif untuk menetralkan air asam tambang adalah 1 gram kapur dan 2 gram tawas per liter, yang berhasil menaikkan pH dari 3,88-4,13 menjadi 8,10-8,40, serta menurunkan kekeruhan dari 498-522 NTU menjadi 144,9-196,1 NTU. Dengan metode ini, biaya pengolahan air asam tambang menjadi lebih efisien dibandingkan metode yang digunakan sebelumnya oleh perusahaan. Penggunaan dosis kapur dan tawas yang tepat tidak hanya meningkatkan efektivitas pengolahan air, tetapi juga menekan biaya operasional pengolahan air asam tambang.

Untuk meningkatkan efisiensi pengolahan air asam tambang di PT. Rimau Energy Mining, disarankan agar perusahaan mengimplementasikan dosis optimal kapur dan tawas yang telah ditemukan dalam penelitian ini, yaitu 1 gram kapur dan 2 gram tawas per liter air asam tambang. Selain itu, perlu dilakukan monitoring secara berkala terhadap kualitas air yang dihasilkan setelah pengolahan, guna memastikan bahwa standar baku mutu lingkungan selalu terpenuhi. Disarankan juga untuk mengeksplorasi alternatif bahan kimia lain yang lebih ekonomis dan ramah lingkungan untuk pengolahan air tambang di masa depan

DAFTAR PUSTAKA

- Adha, C. W., Ramli, M., & Thamrin, M. (2018). 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*, 1(1), 43–51.
- Amsya, R. M., Zakri, R. S., & Fiqri, M. R. (2021). Analisis pengaruh penggunaan fly Ash dan kapur tohor pada penetralan PH air asam tambang di PT. mandiingin bara prima. *Jurnal Sains Dan Teknologi: Jurnal Keilmuan Dan Aplikasi Teknologi Industri*, 21(1), 109.
- Faisal, A., & Syarifudin, A. (2014). Dosis Optimum Larutan Kapur untuk Netralisasi pH Air Limbah Penambangan Batubara. *JURNAL KESEHATAN LINGKUNGAN: Jurnal Dan Aplikasi Teknik Kesehatan Lingkungan*, 11(1), 184–190.
- Handayani, R. E., Ibrahim, E., Ridho, M. R., & Yazid, M. (2016). The Effects of Acid Mine Drainage (AMD) On the Internal and the External Environment In the Open Coal Mining Activities. *International Journal of Chemical and Environmental Engineering*, 7(1).
- Hasyim, I., & Rakhman, A. (2014). Kajian Penggunaan Kebutuhan Kapur Dalam Pengolahan Air Asam Tambang Pada Settling Pond 02 Di Pt. Bara Kumala Sakti Kabupaten Kutai Kartanegara Provinsi Kalimantan Timur. *Jurnal Geologi Pertambangan (JGP)*, 1(14), 14–23.
- 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(1), 44–52.
- Hidup, M. N. L. (2003). *Baku Mutu Air Limbah Domestik*. Jakarta.
- Mudya, D. R., & Murad, M. (2019). Evaluasi Kebutuhan Pipa dan Pompa untuk Area Pit Inul East Departemen Hatari PT. Kaltim Prima Coal Hingga Akhir Kuartal IV Tahun 2018. *Journals Mining Engineering: Bina Tambang*, 4(1), 37–48.
- Munandar, A. I., Zeffa Aprilasani, S. T., Samputra, P. L., & S Pi, M. M. (2018). *Industri Pertambangan di Indonesia*. Bypass.
- Putri, A. D., Sasongko, N. A., & Yoesgiantoro, D. (2024). Carbon Capture Storage dan Carbon Capture Utilization Storage (CCS/CCUS) sebagai Solusi Transisi Energi Fosil di Indonesia: CARBON CAPTURE STORAGE AND CARBON CAPTURE UTILIZATION AND STORAGE (CCS/CCUS) AS INDONESIA'S ENERGY TRANSITION. *PENDIPA Journal of Science Education*, 8(2), 191–203.
- Rahmi, H., Susetyo, D., & Juniah, R. (2019). Utilization study of void mine for sustainable environment of the limestone mining sector at PT Semen Baturaja (Persero) Tbk. *Indonesian Journal of Environmental Management and Sustainability*, 3(2), 54–59.
- Ranjani, G., & Setiawan, H. (2024). Green Constitution: Tinjauan Kemanfaatan dan Pemulihan Lingkungan Hidup Melalui Reklamasi dan Pascatambang. *Lex Renaissance*, 9(1), 108–133.
- Sagala, M., Djahhari, E. A., Yuniawan, W., & Hanim, S. (2023). *Aliran Keuangan Gelap pada Sektor Perikanan dan Pertambangan Batu Bara serta Produk Turunannya di Indonesia*. Perkumpulan PRAKARSA.

- Said, N. I. (2014). Teknologi Pengolahan Air Asam Tambang Batubara “Alternatif Pemilihan Teknologi.” *Jurnal Air Indonesia*, 7(2), 246969.
- Winoto, E., & Aprilyanti, S. (2021). Perbandingan Penggunaan Tawas dan PAC Terhadap Kekeruhan dan pH Air Baku PDAM Tirta Musi Palembang. *Jurnal Redoks*, 6(2), 107–116.
- Yolanda, M., Hadiyansyah, D., Rahmi, H., Nelvi, A., Amsya, R. M., Juniah, R., & 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(02), 35–44.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).