

Kajian Efektivitas Metode Injeksi dan Metode Konvensional pada Penanganan Air Asam Tambang Berdasarkan Parameter pH dan TSS

(Study of the Effectiveness of Injection Method and Conventional Method in Acid Mine Drainage Treatment Based on pH and TSS Parameters)

Gita Lestari¹, M. Ikrar Lagowa^{1*}, Jarot Wiratama¹

¹Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi

*Korespondensi E-mail: mikrarlagowa@unja.ac.id

Abstrak

Air asam tambang merupakan salah satu permasalahan lingkungan yang umum terjadi pada kegiatan pertambangan batubara dan harus dikelola agar memenuhi baku mutu lingkungan. Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 113 Tahun 2003, air limbah pertambangan wajib memiliki pH 6–9 dan kadar Total Suspended Solids (TSS) maksimum 400 mg/L. Penelitian ini bertujuan membandingkan efektivitas metode injeksi dan metode konvensional dalam pengolahan air asam tambang di PT Budi Gema Gempita berdasarkan parameter pH dan TSS. Kualitas awal air asam tambang menunjukkan pH 4,5 dan TSS 5.420 mg/L, sehingga belum memenuhi baku mutu yang ditetapkan. Metode injeksi menggunakan bahan kimia POWERBASE 3012, POWERCLEAR 1546, dan POWERFLOC 4888, sedangkan metode konvensional menggunakan kapur tohor dan aluminium sulfat (tawas). Hasil pengolahan menunjukkan bahwa metode injeksi menghasilkan pH akhir 8,6 dan TSS 26 mg/L, sedangkan metode konvensional menghasilkan pH akhir 7,2 dan TSS 1.899 mg/L. Kedua metode mampu meningkatkan pH hingga berada dalam rentang baku mutu, namun hanya metode injeksi yang berhasil menurunkan TSS hingga di bawah batas maksimum yang dipersyaratkan. Dengan demikian, metode injeksi dinilai lebih efektif dalam meningkatkan kualitas air asam tambang dan berpotensi diterapkan secara berkelanjutan di PT Budi Gema Gempita.

Kata kunci: Air Asam Tambang, Metode Injeksi, Metode Konvensional

Abstract

Acid mine drainage (AMD) is one of the major environmental challenges in coal mining activities and must be properly managed to prevent adverse environmental impacts. Based on the Decree of the Minister of Environment No. 113 of 2003, mining wastewater must have a pH value ranging from 6 to 9 and a maximum Total Suspended Solids (TSS) concentration of 400 mg/L. This study aims to compare the effectiveness of the injection method and the conventional method in treating acid mine drainage at PT Budi Gema Gempita based on pH and TSS parameters. The initial water quality showed a pH of 4.5 and a TSS concentration of 5,420 mg/L, indicating that it did not comply with the established environmental standards. The injection method utilized POWERBASE 3012, POWERCLEAR 1546, and POWERFLOC 4888, while the conventional method employed quicklime and aluminum sulfate (alum). The treatment results showed that the injection method achieved a final pH of 8.6 and a TSS concentration of 26 mg/L, whereas the conventional method resulted in a final pH of 7.2 and a TSS concentration of 1,899 mg/L. Both methods successfully increased the pH to meet the regulatory standard; however, only the injection method reduced TSS below the maximum allowable limit. Therefore, the injection method is considered more effective and has strong potential for sustainable implementation in acid mine drainage management at PT Budi Gema Gempita.

Keywords: Acid Mine Drainage, Injection Method, Conventional Method

1. Pendahuluan

Pertambangan adalah suatu aktivitas yang berhubungan dengan lingkungan. Industri pertambangan batubara dapat memberikan dampak positif dan dampak negatif tentunya rentan menimbulkan kerusakan hingga perubahan pada permukaan bumi, yaitu dengan adanya perubahan sifat fisik dan kimia pada air tanah (Kusdarini et al., 2024). Air tambang yang mengalir atau melewati batuan sulfida lalu

teroksidasi dan membentuk larutan asam menyebabkan terbentuknya Air Asam Tambang (*Acid Mine Drainage*). Air yang berasal dari penyaliran tambang (*mine drainage*) mempunyai potensi mencemari lingkungan perairan secara alamiah (Suratmo, 2002). Pengelolaan air asam tambang yang baik mencakup pengendalian kuantitas air (pompa dan sistem perpipaan) dan kualitas air (Husni et al., 2022)

Air Asam Tambang (AAT) merupakan permasalahan lingkungan yang signifikan, dikarenakan proses oksidasi mineral sulfida, seperti *pyrite* (FeS_2) menghasilkan asam sulfat yang berpotensi menurunkan pH air dan meningkatkan TSS serta konsentrasi logam berat seperti besi (Fe) dan mangan (Mn). Penurunan pH ini berdampak buruk pada ekosistem yaitu perairan, maka penting dilakukan penanganan air asam tambang untuk menjaga kualitas lingkungan (Effendi, 2003). TSS yang tinggi juga berdampak buruk pada ekosistem perairan, karena dapat menurunkan kualitas air, mengganggu kehidupan ikan dan tumbuhan air, serta menyebabkan perairan menjadi dangkal (Anshariah, 2016).

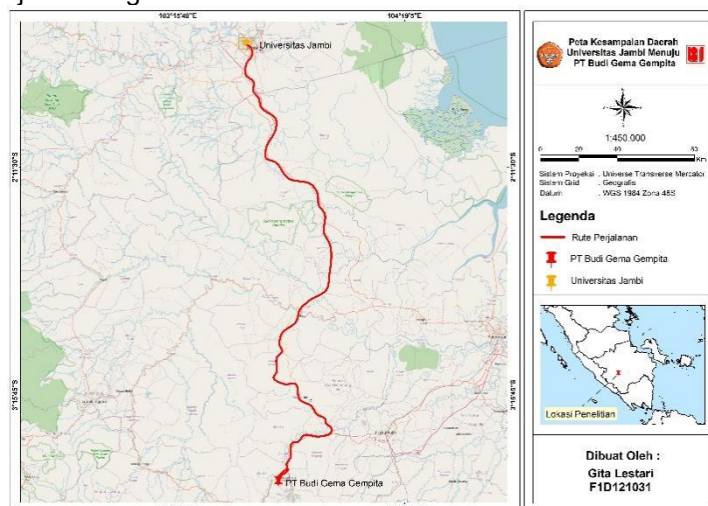
Permasalahan air asam tambang (AAT) di PT Budi Gema Gempita masih menjadi perhatian utama karena menurunkan kualitas lingkungan, terutama perairan. Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 113 Tahun 2003, parameter utama yang harus dipenuhi meliputi pH, TSS, Fe, dan Mn. Namun, kualitas AAT di lokasi penelitian menunjukkan pH rendah (4–5) dan TSS melebihi ambang batas (>1.000 mg/L), sehingga belum memenuhi baku mutu. Selama ini pengelolaan dilakukan secara konvensional menggunakan kapur dan tawas, tetapi efektivitasnya terbatas. Untuk meningkatkan hasil, perusahaan bekerja sama dengan PT Powerindo Kimia Mineral menerapkan metode injeksi dengan bahan kimia

husus. Parameter Fe dan Mn tidak dianalisis dalam penelitian ini karena membutuhkan uji laboratorium, sedangkan pH dan TSS dapat diukur langsung di lapangan sehingga lebih praktis dan representatif dalam menggambarkan efektivitas pengolahan air asam tambang.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui efektivitas metode injeksi dan metode konvensional dalam pengelolaan air asam tambang di PT Budi Gema Gempita. Kajian ini bertujuan memastikan proses pengolahan yang optimal dan ramah lingkungan. Metode injeksi diperkirakan lebih cepat dan spesifik dalam meningkatkan pH serta menurunkan TSS karena penggunaan bahan kimia khusus, sedangkan metode konvensional dengan kapur tohor dan tawas cenderung kurang efektif karena membutuhkan waktu lebih lama untuk mencapai baku mutu. Hasil kajian ini diharapkan dapat menjadi dasar bagi perusahaan dalam menentukan metode pengolahan yang lebih efisien, berkelanjutan, dan sesuai dengan standar kualitas lingkungan.

2. Metode

Penelitian ini dilakukan di PT Budi Gema Gempita yang terletak di Desa Muara Lawai, Kecamatan Merapi Timur, Kabupaten Lahat, Provinsi Sumatera Selatan. Berikut merupakan peta kesampaian daerah yang terdapat pada gambar 1 :



Gambar 1. Peta Kesampaian Daerah

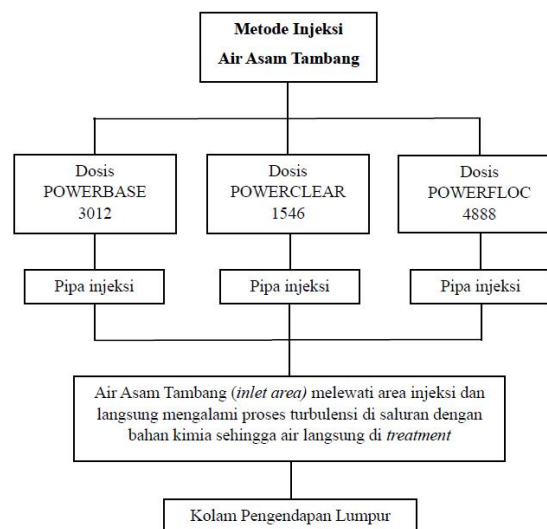
Penelitian ini dilakukan dengan skala *jar test* dan beberapa alat yang digunakan berupa pengukur pH, pengukur TSS, gelas ukur, suntikan 10 ml, suntikan 1 ml, pengaduk, dan *Ms. Excel* untuk mengolah data sampel yang telah didapatkan. Penelitian ini bersifat eksperimen dikarenakan adanya bentuk percobaan ataupun pengujian dengan membandingkan 2 metode yaitu metode injeksi dan metode konvensional.

Penelitian ini menggunakan data primer dan data sekunder dengan perbedaan bahan kimia yang digunakan yaitu bahan kimia dari metode injeksi ini berupa POWERBASE 3012 merupakan koagulan buatan PT Powerindo Kimia Mineral yang mengandung kalsium hidroksida ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). Produk ini berfungsi menetralkan pH, POWERCLEAR 1546 adalah produk Poly Aluminium Chloride (PAC) buatan PT Powerindo

Kimia Mineral yang berfungsi sebagai koagulan dalam pengolahan air. Mengandung aluminium (Al) dan klorida (Cl), produk ini efektif mengikat partikel halus, logam berat, dan kontaminan terlarut, dan POWERFLOC 4888 adalah flokulan berbasis polimer anionik (poliakrilamida) yang diproduksi oleh PT Powerindo Kimia Mineral. Produk ini berfungsi membantu proses penggumpalan partikel halus menjadi flok yang lebih besar, melengkapi kerja koagulan dalam pengolahan air. Sedangkan bahan kimia metode konvensional yaitu kapur tohor dan aluminium sulfat (tawas).

Pada metode injeksi aktual, setiap bahan kimia seperti Powerbase, Powerclear, dan Powerfloc terlebih dahulu dimasukkan ke dalam mesin pengaduk untuk dicampur hingga

homogen. Setelah itu, larutan kimia yang telah tercampur dengan air ditampung di masing – masing tanki lalu diinjeksikan ke dalam sistem melalui pipa-pipa khusus yang terhubung ke masing-masing tangki penampung. Dari tangki tersebut, larutan kimia dialirkan melalui jaringan pipa menuju area inlet Kolam Pengendapan Limbah (KPL). Di titik ini, air asam tambang yang belum diolah akan melewati aliran kimia, sehingga proses netralisasi dan pengendapan partikel terjadi secara langsung sebelum air masuk ke dalam KPL. Dengan demikian, air yang tertampung dan mengendap di KPL merupakan air yang telah melalui proses perlakuan kimia melalui sistem injeksi, bagan alir dari metode injeksi terdapat pada gambar 2 :



Gambar 2. Bagan Alir Metode Injeksi Aktual

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Kualitas Air Asam Tambang KPL 13 PT Budi Gema Gempita

Air asam tambang pada area penambangan PT Budi Gema Gempita yang sudah ditampung

di *sump* lalu dialirkan menuju area KPL untuk diolah lebih lanjut sesuai dengan baku mutu air terhadap masing-masing parameter yang terkandung sesuai dengan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 113 Tahun 2003.

Tabel 1. Kualitas Air Asam Tambang

No	Parameter	pH	TSS (Mg/L)
1	Baku Mutu Lingkungan	6 - 9	400
2	Air Sebelum <i>Treatment</i>	4,5	5.420

Tabel 1 menunjukkan perbandingan antara baku mutu lingkungan berdasarkan Kepmen LH No 113 Tahun 2003 dengan kondisi aktual air asam tambang sebelum dilakukan *treatment*.

Sementara itu, kondisi aktual lapangan dan visual air asam tambang sebelum dilakukan *treatment* dapat dilihat pada gambar 2 dan gambar 3 berikut.



Gambar 3. Foto Udara Lokasi Penelitian



Gambar 4. Kondisi Air Asam Tambang Sebelum Treatment

Pada gambar 3 terlihat kondisi air asam tambang yang ditandai dengan warna keruh kecokelatan akibat tingginya kandungan sedimen tersuspensi serta proses oksidasi mineral sulfida (Susanto et al., 2019). Secara visual, kondisi ini mengindikasikan bahwa kualitas air masih jauh dari baku mutu lingkungan sehingga memerlukan upaya pengelolaan lebih lanjut.

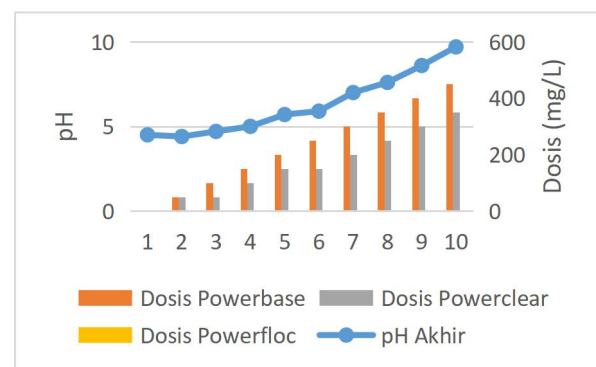
3.2 Efektivitas Metode Injeksi dan Metode Konvensional dalam Peningkatan Kualitas Air Asam Tambang (pH dan TSS) di PT Budi Gema Gempita

a) Metode Injeksi

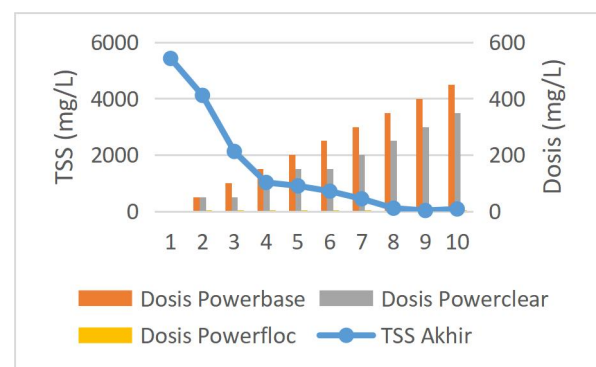
Pengolahan air asam tambang dengan metode injeksi terdiri dari tiga tahap, yaitu koagulasi, flokulasi, dan sedimentasi. Pada tahap koagulasi, limbah air tambang diberi bahan kimia POWERBASE 3012 dan POWERCLEAR 1546 untuk menggumpalkan partikel halus. Selanjutnya, pada tahap flokulasi, ditambahkan POWERFLOC 4888 agar partikel yang telah terbentuk bergabung menjadi gumpalan lebih besar dan mudah mengendap. Tahap akhir adalah sedimentasi, di mana gumpalan tersebut

mengendap di dasar kolam, memisahkan lumpur dari air bersih hasil pengolahan.

Berikut merupakan grafik hasil dari pengujian, dapat dilihat pada gambar 5 dan gambar 6.



Gambar 5. Grafik Hasil Pengujian Metode Injeksi Terhadap pH



Gambar 6. Grafik Hasil Pengujian Metode Injeksi Terhadap TSS

Berdasarkan grafik pada Gambar 5 dan 6, terlihat bahwa peningkatan dosis bahan kimia POWERBASE 3012, POWERCLEAR 1546, dan POWERFLOC 4888 berpengaruh terhadap kenaikan nilai pH serta penurunan kadar TSS. Hal ini menunjukkan bahwa proses pengolahan berjalan efektif dalam mendekati atau memenuhi baku mutu lingkungan yang telah ditetapkan.

Efektivitas tersebut terjadi karena proses koagulasi dan flokulasi berlangsung dengan baik, sehingga partikel tersuspensi dapat mengendap secara optimal dan meningkatkan kualitas air hasil pengolahan (Said, 2018).

Pada pengujian ini terlihat adanya perbedaan hasil pada setiap sampel yang diberi penambahan bahan kimia. Hal ini disebabkan oleh perbedaan fungsi masing-masing bahan kimia, di mana POWERBASE 3012 berperan sebagai koagulan sekaligus menaikkan pH, POWERCLEAR 1546 berfungsi membantu proses koagulasi dan penggumpalan partikel, sedangkan POWERFLOC 4888 berfungsi memperbesar gumpalan partikel agar lebih mudah mengendap.

Pada sampel ke 10, nilai TSS meningkat menjadi 80 mg/L setelah sebelumnya turun hingga 26 mg/L pada sampel 9. Kenaikan ini terjadi akibat dosis bahan kimia yang berlebihan (*overdosis*), sehingga partikel halus tidak menggumpal dengan baik dan tetap melayang di air. Selain itu, pH yang terlalu basa (9,7) menurunkan efektivitas koagulan, menyebabkan proses pengendapan tidak optimal. Akibatnya, sebagian partikel halus masih tersuspensi dan meningkatkan nilai TSS (Sayoga Gautama, 2019).

b) Penerapan Metode Injeksi Secara Aktual di Lapangan

Pada kegiatan treatment air asam tambang dengan metode injeksi, proses dilakukan dengan menuangkan bahan kimia ke dalam mesin agitator. Tahap pertama yaitu memasukkan POWERBASE 3012, POWERCLEAR 1546, dan POWERFLOC 4888 ke dalam tiga buah tanki berkapasitas 5.100 liter. Jumlah bahan kimia yang dimasukkan ke masing-masing tanki berbeda, menyesuaikan dengan kapasitas dan kemampuan maksimal pengadukan mesin agitator. Proses penuangan bahan kimia ke dalam mesin pengaduk dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Penuangan Bahan Kimia Kedalam Mesin Pengaduk

Setelah proses pengadukan, larutan bahan kimia langsung diinjeksi melalui pipa menuju area

treatment atau aliran air asam tambang. Pada tahap ini, air asam tambang mengalami proses turbulensi yang berfungsi untuk mencampurkan bahan kimia secara merata dengan air asam tambang. Proses ini membantu meningkatkan pH, memisahkan air bersih dari partikel tersuspensi (TSS), serta membentuk flok atau gumpalan partikel yang lebih besar agar mudah mengendap. Proses pengaliran bahan kimia melalui pipa hingga ke area treatment dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Proses Aliran Injeksi Bahan Kimia

Setelah mengalami proses turbulensi, air asam tambang yang sudah berpisah antara air dan flok – flok TSS dialirkan menuju kolam pengendapan lumpur (KPL). Pada saat TSS yang sudah menjadi flok yang besar mengendap pada kolam pengendapan lumpur, air bersih mengalir menuju aliran ke badan sungai. Proses air asam tambang dialirkan menuju kolam pengendapan lumpur dapat dilihat pada Gambar 9.



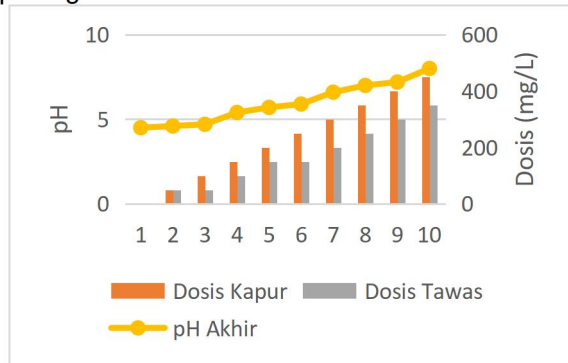
Gambar 9. Aliran Air Asam Tambang Menuju KPL

c) Metode Konvensional

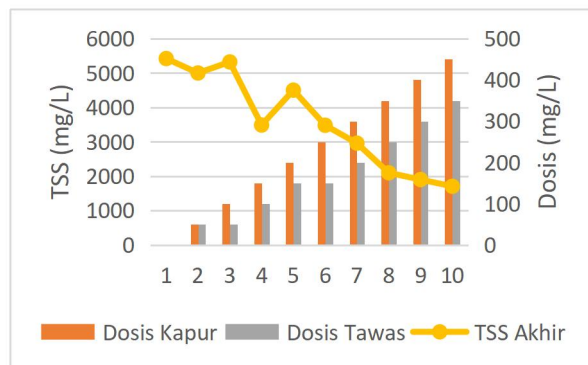
Metode konvensional dalam pengolahan air asam tambang umumnya dilakukan melalui proses koagulasi dan sedimentasi dengan menggunakan bahan kimia seperti kapur ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) dan tawas ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$). Tujuan utama proses ini adalah untuk mengikat partikel halus dan senyawa logam agar membentuk flok yang lebih besar dan mudah mengendap. Setelah tahap koagulasi, air dialirkan ke kolam sedimentasi agar flok yang terbentuk dapat mengendap dan terpisah dari air bersih. Hasil

percobaan penaburan kapur dan tawas di Kolam Pengendapan Limbah (KPL) dengan variasi dosis yang berbeda.

Berikut merupakan hasil pengujian skala *jar test* pada metode konvensional yang terdapat pada gambar 10 dan 11.



Gambar 10. Grafik Percobaan Metode Konvensional Terhadap pH



Gambar 11. Grafik Percobaan Metode Konvensional Terhadap TSS

Pada gambar 9 dan 10 menunjukkan bahwa pengaruh jumlah kapur dan aluminium sulfat dapat meningkatkan nilai pH dan penurunan nilai TSS, namun dalam hal ini membutuhkan waktu yang cukup lama agar memenuhi baku mutu lingkungan. Hal ini disebabkan oleh waktu sedimentasi yang relatif singkat serta tidak diterapkannya proses flokulasi dalam metode pengolahan air asam tambang secara konvensional.

Pada grafik gambar 9 dan 10 terlihat adanya perbedaan dosis bahan kimia yang digunakan pada setiap sampel. Perbedaan ini terjadi karena masing-masing bahan kimia memiliki fungsi yang berbeda. Kapur dan aluminium sulfat (tawas) berperan sebagai koagulan yang membantu proses penggumpalan partikel tersuspensi. Pada metode konvensional, flokulan tidak digunakan, karena proses pengolahannya hanya melibatkan dua jenis bahan kimia tersebut.

Penambahan bahan kimia secara berlebihan pada metode konvensional dapat menyebabkan nilai pH melebihi ambang batas baku mutu lingkungan yang ditetapkan pemerintah (Ferdian, 2020). Selain itu, penurunan kadar TSS tidak

menunjukkan perubahan signifikan karena tidak adanya proses flokulasi, padahal tahap ini penting untuk menggabungkan partikel halus hasil koagulasi menjadi flok yang lebih besar dan mudah mengendap

Berdasarkan hasil percobaan, dapat disimpulkan bahwa metode konvensional cukup efektif dalam meningkatkan pH hingga memenuhi standar kualitas lingkungan. Namun, metode ini memerlukan waktu lebih lama untuk mencapai kestabilan pH dan penurunan kadar TSS dibandingkan metode injeksi di PT Budi Gema Gempita

d) Perbandingan Efektivitas Metode Injeksi dan Metode Konvensional Terhadap Pengolahan Air Asam Tambang dalam Memenuhi Baku Mutu Lingkungan

Efektivitas pengolahan air asam tambang dapat dievaluasi berdasarkan kemampuan metode yang digunakan dalam mencapai parameter kualitas air sesuai baku mutu lingkungan, yaitu pH 6–9 dan TSS < 400 mg/L sebagaimana tercantum dalam KepMen LH No. 113 Tahun 2003. Berdasarkan hasil penelitian, metode injeksi terbukti lebih efektif dibandingkan metode konvensional.

Metode injeksi bekerja dengan prinsip pencampuran bahan kimia netralisasi secara langsung dan merata ke dalam aliran air asam tambang. Hal ini membuat proses peningkatan pH lebih cepat, stabil, dan konsisten dalam kisaran baku mutu. Selain itu, proses koagulasi–flokulasi pada metode injeksi berlangsung lebih optimal karena distribusi bahan kimia yang homogen, sehingga partikel tersuspensi dapat mengendap lebih efisien. Akibatnya, nilai TSS hasil pengolahan dengan metode injeksi lebih rendah dan mendekati standar yang ditetapkan.

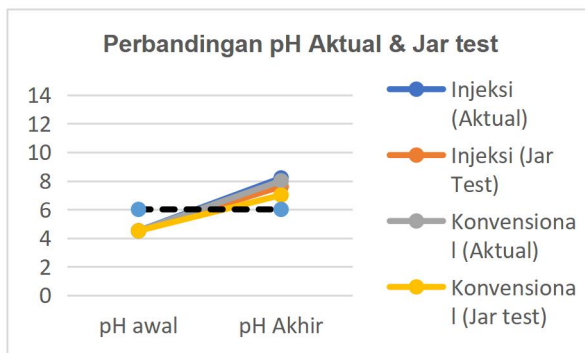
Sebaliknya, metode konvensional yang dilakukan melalui pencampuran bahan kimia bertahap di kolam pengendapan memiliki keterbatasan dalam efektivitas pencampuran. Distribusi bahan kimia yang kurang merata menyebabkan peningkatan pH tidak seoptimal metode injeksi dan menimbulkan ketidakstabilan nilai pH pada beberapa titik (Husni et al., 2022). Selain itu, pengendapan TSS berlangsung lebih lambat dan kurang konsisten, sehingga hasil pengolahan sering kali hanya mendekati ambang batas baku mutu.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa metode injeksi lebih efektif dalam memenuhi standar baku mutu lingkungan baik dari parameter pH maupun TSS. Keunggulan utama dari metode injeksi adalah kestabilan hasil, kecepatan pencapaian kondisi ideal, serta kemampuan menurunkan TSS secara lebih signifikan dibandingkan metode konvensional.

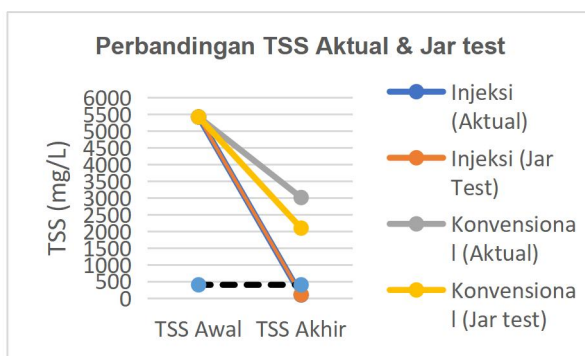
- e) Perbandingan Pencapaian metode Injeksi dan Metode Konvensional Terhadap Pemenuhan Baku Mutu Air Asam Tambang (pH dan TSS) Secara *Jar test* dan Aktual di Lapangan

Berdasarkan hasil pengujian, baik melalui *jar test* (data primer) maupun uji aktual di lapangan (data sekunder), terlihat adanya perbedaan pencapaian antara metode injeksi dan metode konvensional dalam memenuhi baku mutu air asam tambang.

Pada parameter pH, kedua metode masih menunjukkan nilai yang berada dalam rentang baku mutu (6–9), baik pada hasil *jar test* maupun uji aktual di lapangan. Namun, pada parameter TSS, metode injeksi menghasilkan nilai yang memenuhi baku mutu baik pada *jar test* maupun kondisi aktual. Sebaliknya, metode konvensional menunjukkan perbedaan signifikan, di mana nilai TSS pada *jar test* maupun aktual masih tinggi dan belum memenuhi baku mutu lingkungan. Hal ini dapat dilihat pada masing – masing grafik pH dan TSS pada gambar 12 dan 13 berikut.



Gambar 12. Grafik Perbandingan pH



Gambar 13. Grafik Perbandingan TSS

Grafik pada gambar 11 dan 12 menunjukkan bahwa metode injeksi lebih konsisten dalam menjaga kualitas air, sedangkan metode konvensional masih belum mampu menurunkan nilai TSS hingga mencapai baku mutu yang berlaku.

Metode injeksi dinilai lebih efektif karena proses pencampuran bahan kimia dilakukan secara langsung dan merata ke dalam aliran air

asam tambang. Dengan sistem ini, reaksi antara bahan kimia seperti POWERBASE 3012, POWERCLEAR 1546, dan POWERFLOC 4888 dengan air asam tambang berlangsung lebih optimal, sehingga pH dapat cepat meningkat dan stabil dalam rentang baku mutu lingkungan. Berbeda dengan metode konvensional yang mengandalkan pengadukan alami, sehingga distribusi bahan kimia tidak merata dan hasil pengolahannya kurang konsisten. Oleh karena itu, metode injeksi mampu memberikan hasil yang lebih stabil, baik pada uji *jar test* maupun kondisi aktual di lapangan.

Selain dari parameter pH dan TSS, efektivitas metode injeksi juga diperkuat oleh data sekunder kadar logam terlarut. Hasil pengujian menunjukkan bahwa setelah proses treatment, konsentrasi logam Fe menurun hingga 0,73 mg/L dan Mn menjadi 0,690 mg/L. Nilai tersebut sudah berada di bawah ambang batas baku mutu lingkungan berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 113 Tahun 2003, yaitu $Fe \leq 7 \text{ mg/L}$ dan $Mn \leq 4 \text{ mg/L}$.

Penurunan kadar logam ini menunjukkan bahwa peningkatan pH dan penurunan TSS berperan penting dalam pengendapan ion logam di dalam air (Kusdarini et al., 2024). Kondisi air yang lebih netral mendorong terbentuknya endapan logam seperti Fe dan Mn, sehingga logam terlarut ikut mengendap bersama partikel padatan (Maulida & Purwanti, 2023). Dengan demikian, meskipun parameter Fe dan Mn tidak menjadi fokus utama analisis, data tersebut memperkuat bahwa metode injeksi tidak hanya efektif menstabilkan pH dan menurunkan TSS, tetapi juga mampu menghasilkan kualitas air yang memenuhi baku mutu lingkungan sesuai ketentuan yang berlaku.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, kondisi awal air asam tambang di area PT Budi Gema Gempita menunjukkan pH 4,5 dan TSS 5420 mg/L, yang berada jauh di bawah dan di atas baku mutu lingkungan. Setelah dilakukan pengolahan, kedua metode—injeksi dan konvensional—mampu meningkatkan pH hingga berada dalam rentang baku mutu (6–9). Namun, metode injeksi terbukti lebih stabil dan efektif karena mampu menghasilkan pH yang lebih tinggi serta menurunkan TSS hingga memenuhi baku mutu, baik pada uji *jar test* maupun kondisi aktual di lapangan. Dengan demikian, metode injeksi dinilai lebih efisien dan konsisten dalam memperbaiki kualitas air asam tambang dibandingkan metode konvensional

Ucapan Terimakasih

Terima kasih disampaikan kepada pihak perusahaan atas kesempatan yang telah

diberikan untuk melaksanakan penelitian terkait topik ini.

Daftar Pustaka

- Anshariah, A. (2016). Studi Pengelolaan Air Asam Tambang Pada Pt. Rimau Energy Mining Kabupaten Barito Timur Provinsi Kalimantan Tengah. *Jurnal Geomine*, 1(1), 46–54.
- Effendi, H. (2003). *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Kanisius.
- Ferdian, I. (2020). Analisis Keberhasilan Penanganan Air Asam Tambang Berdasarkan Parameter pH, TSS, Fe dan Mn pada KPL AL 01 PT Bukit Asam, Tbk. *Komoditas Sumber Pangan Untuk Meningkatkan Kualitas Kesehatan Di Era Pandemi Covid -19*, 1080–1090.
- Husni, A., Yovanda, R., & Gumanti, S. (2022). Analisis pengelolaan air asam tambang menggunakan kapur tohor pada tambang batu bara PT Bukit Asam Tbk. *Jurnal Ilmiah Indonesia*, 2(10).
- Kusdarini, E., Sania, P. R., & Budianto, A. (2024). Netralisasi Air Asam Tambang Menggunakan Pengolahan Aktif dan Pasif. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 22(3), 808–815.
- Maulida, S. A., & Purwanti, I. F. (2023). Kajian Pengolahan Air Asam Tambang Industri Pertambangan Batu Bara dengan Constructed Wetland. *Jurnal Teknik ITS*, 12(1).
- Said, N. I. (2018). TEKNOLOGI PENGOLAHAN AIR ASAM TAMBANG BATUBARA “Alternatif Pemilihan Teknologi.” *Jurnal Air Indonesia*, 7(2), 119–138.
- Sayoga Gautama, R. (2019). *Pembentukan, Pengendalian dan Pengelolaan Air Asam Tambang* (Edi Warsidi (ed.); 2nd ed.). ITB Press.
- Suratmo, G. (2002). *Analisis Mengenai Dampak Lingkungan* (9th ed.). Gadjra Mada University Press.
- Susanto, D., Arlay, Y. S., & Ratminah, W. D. (2019). Kajian Teknis Penanganan Air Asam Tambang Dengan Menggunakan Metode Active Treatment Di Kolam Pengendapan Lumpur (KPL) Pit 3 Barat Baru PT . Bukit Asam , Tbk Tanjung Enim Sumatera Selatan. *Prosiding Nasional Rekayasa Teknologi Industri Dan Informasi XIV, 2019*(November), 152–159.