



XYZ sebagai Bahan Pengganti Teknik Aerasi pada Pengolahan Air Asam Tambang

Wahyu Agus Setiawan*

Balai Besar Pengujian Mineral dan Batubara, Kementerian Energi dan Sumberdaya Mineral.

ARTICLE INFO

Article history :

Received : 6/4/2023

Revised : 8/12/2023

Published : 19/12/2023



Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Volume : 3

No. : 2

Halaman : 87-94

Terbitan : Desember 2023

ABSTRAK

Air Asam Tambang (AAT) merupakan salah satu isu lingkungan yang harus dikelola dengan baik. Pengolahan AAT dengan metode aktif dilakukan dengan menambahkan bahan alkali. Tahapan pengolahannya dimulai dengan aerasi, netralisasi, sedimentasi, dan filtrasi. Kegiatan ini bertujuan untuk mengetahui efektifitas bahan XYZ dalam mengurangi kadar fero dalam AAT. Ujicoba telah dilakukan terhadap percontoh AAT dengan pH 2,50, kadar Fe total 250 mg/L, Fe²⁺ 0,65 mg/L, Mn 10 mg/L, dan TSS 25,0 mg/L. Hasil ujicoba menunjukkan bahwa dengan penambahan 1,3 g bahan XYZ dapat menaikkan pH menjadi 6,87, kadar Fe total menjadi 0,84 mg/L, Fe²⁺ menjadi 0,09, dan Mn menjadi 2,98 mg/L. sementara kandungan TSS berkurang dari 25,0 mg/L menjadi 17,0 mg/L. Prosentase removal Fe²⁺ mencapai 86,2%. Nilai ini lebih tinggi dibandingkan dengan metode aerasi lainnya. Terbukti bahwa bahan XYZ lebih efektif karena teknik aerasi tidak diperlukan lagi dalam pengolahan AAT. Hal ini merupakan kebaruan dari kegiatan yang dilakukan.

Kata Kunci : Material XYZ; Air Asam Tambang; Lingkungan.

ABSTRACT

Acid mine drainage (AMD) was an environmental issue that must be managed properly. Treating of AMD with the active method was carried out by adding alkaline materials. The treating stages begin with aeration, neutralization, sedimentation, and filtration. This activity aims to determine the effectiveness of XYZ material in reducing ferrous levels in AMD. Experiments were carried out on AMD samples with a pH of 2.50, a total Fe content of 250 mg/L, Fe²⁺ 0.65 mg/L, Mn 10 mg/L, and TSS 25.0 mg/L. The test results showed that the addition of 1.3 g XYZ material increased the pH to 6.87, the total Fe content to 0.84 mg/L, Fe²⁺ to 0.09, and Mn to 2.98 mg/L. While the TSS content decreased from 25.0 mg/L to 17.0 mg/L. The percentage of Fe²⁺ removal reached 86.2%. This value was higher compared to other aeration methods. It was proven that the XYZ material was more effective because the aeration technique was no longer needed in AMD processing. This was the novelty of the research carried out.

Keywords : XYZ Material; Acid Mine Drainage; Environment.

@ 2023 Jurnal Riset Teknik Pertambangan Unisba Press. All rights reserved.

A. Pendahuluan

Aktivitas penggalian dan penimbunan batuan sisa pada tambang, memungkinkan terdedahnya material sulfida kontak dengan udara dan air sehingga berpotensi menimbulkan air asam tambang (AAT) [1]. Munculnya AAT telah menjadi isu lingkungan dari kegiatan penambangan. AAT dapat mempengaruhi kualitas lingkungan berupa peningkatan keasaman pada badan air dan dapat mengganggu kehidupan organisme didalamnya. AAT harus dikelola dengan baik agar tidak menimbulkan pencemaran lingkungan yang lebih besar [2].

Pengolahan AAT dilakukan dengan metode pasif dan aktif [3]. Metode pasif dilakukan dengan membuat rawa buatan yang ditanami oleh bermacam-macam tumbuhan. Metode ini memerlukan lahan yang cukup luas. Untuk menanggulangi kelemahan ini, biasanya perusahaan tambang menerapkan metode aktif. Lahan yang dibutuhkan pada pengolahan AAT dengan metode aktif lebih kecil dibandingkan dengan metode pasif. Salah satu teknik pengolahan AAT secara aktif yaitu dilakukan melalui penambahan bahan kimia alkali. Pengolahan AAT dengan metode aktif memerlukan tahapan pengolahan yang cukup panjang. Pengolahannya dilakukan melalui 4 tahap, yaitu aerasi, netralisasi, sedimentasi, dan filtrasi. Aerasi dilakukan dengan menambahkan oksigen kedalam AAT sehingga fero (Fe^{2+}) yang sulit diendapkan berubah menjadi feri (Fe^{3+}) yang lebih mudah diendapkan pada pH netral. Netralisasi dilakukan dengan menambahkan bahan alkali ke dalam AAT sehingga pH yang semula asam akan menjadi netral. Sedimentasi dilakukan dengan menambahkan koagulan dan flokulan sehingga partikel endapan yang halus akan lebih cepat mengendap. Filtrasi dilakukan dengan melewati AAT melalui penyaring seperti zeolit, karbon aktif, pasir silika dan lain-lain sehingga partikel padat dalam AAT dapat dipisahkan. Setelah melalui tahapan-tahapan tersebut barulah AAT dapat dibuang ke badan air penerima.

Teknik aerasi dapat dilakukan dengan cara mekanik dan kimia. Teknik aerasi secara mekanik terbagi menjadi 2 jenis, yaitu teknik aerasi air ke udara (*water into air*) dan udara ke air (*air into water*). Efisiensi teknik aerasi secara mekanik air - udara mencapai 25% (Singh & Kumar, 2022) sementara udara-air dapat mencapai 70-80% [5]. Kegiatan ini bertujuan untuk menguji bahan XYZ dalam mengaerasi AAT yang ditunjukkan dengan terjadinya penurunan kadar fero.

B. Metode Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan adalah bahan XYZ dan percontoh AAT yang diperoleh dari lokasi tambang PT ABC. Peralatan yang digunakan adalah pH meter *Orion STAR A211*, *Spektrofotometer* Serapan Atom (SSA) Varian 240FS, *Spektrofotometer portable Hach DR 1900*, neraca analitik, pengaduk magnet, dan lain-lain.

Karakterisasi Awal

Percontoh AAT dari lokasi tambang dalam wadah HDPE yang disimpan dalam lemari pendingin, dikeluarkan lalu diaduk hingga merata. Percontoh AAT selanjutnya dianalisis kualitasnya dengan mengacu pada Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 103 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Usaha dan atau Kegiatan Pertambangan Batubara [6]. Beberapa parameter kualitas AAT adalah pH, besi total (Fe), mangan (Mn), dan *total suspended solid* (TSS). Selain itu dilakukan pula pengukuran kadar fero (Fe^{2+}). Pengukuran pH menggunakan pH meter, kadar Fe total dan Mn menggunakan SSA, kadar Fe^{2+} menggunakan *Spektrofotometer portable*, dan TSS diukur secara gravimetri.

Akumulasi Bahan XYZ

Sejumlah bahan XYZ dimasukkan kedalam 1 L percontoh AAT kemudian diaduk menggunakan pengaduk magnet. Pengadukan dilakukan dengan kecepatan putar antara 200-250rpm.

Waktu Reaksi

Perubahan pH dan akumulasi jumlah bahan XYZ yang ditambahkan kedalam percontoh AAT dicatat setiap 1 menit sekali.

Presi

Sejumlah bahan XYZ yang optimum didapatkan dari ujicoba akumulasi bahan dimasukkan ke dalam 1 L percontoh AAT. Setelah itu kualitas percontoh AAT di analisis. Ujicoba ini diulang sebanyak 7 kali. Selanjutnya dihitung dan dibandingkan antara nilai residual standard deviation (RSD) (Persamaan 1) dan koefisien variansi (KV) Horwitz nya (Persamaan 2). Jika nilai RSD lebih kecil dari 2/3 KV Horwitz maka ujicoba dinyatakan presisi.

$$RSD = \frac{\text{standar deviasi}}{\text{rerata}} \times 100 \tag{1}$$

$$KV \text{ Horwitz} = 2^{1-0,5\log C}, \tag{2}$$

C adalah fraksi konsentrasi

Efektifitas Pengolahan

Efektifitas pengolahan diketahui berdasarkan kenaikan pH (persamaan 3) dan pengurangan kadar Fe total, Fe²⁺, Mn, dan TSS (persamaan 4). Efektifitas pengolahan dihitung melalui persamaan:

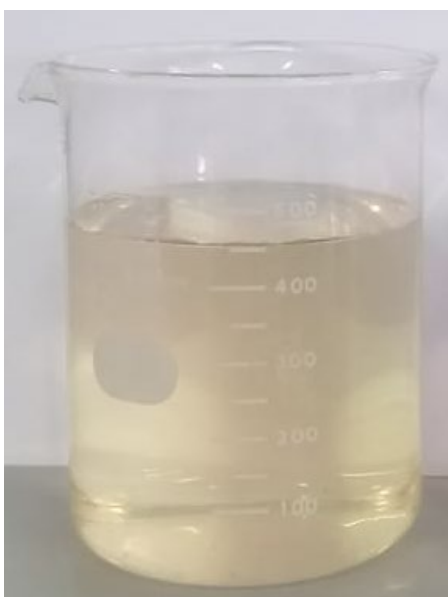
$$\text{Kenaikan pH} = \frac{\text{pH sesudah diolah}}{\text{pH sebelum diolah}} \tag{3}$$

$$\% \text{ removal Fe total, Fe}^{2+}, \text{ Mn, \& TSS} = \left(\frac{\text{Sebelum diolah} - \text{Sesudah diolah}}{\text{Sebelum diolah}} \right) \times 100\% \tag{4}$$

C. Hasil dan Pembahasan

Karakterisasi Awal

Percontoh AAT sebelum diolah berwarna agak kuning karena mengandung ion-ion logam besi terlarut. Kualitas percontoh AAT buruk (Tabel 1). Hal ini ditunjukkan oleh tingkat keasaman yang tinggi. Kadar besi total dan mangan total juga melebihi baku mutu pada Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 103 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Usaha dan atau Kegiatan Pertambangan Batubara. Jika AAT ini dibuang secara langsung ke badan air maka akan terjadi kerusakan lingkungan berupa larutnya logam-logam berat yang berbahaya misalnya timbal (Pb), tembaga (Cu), seng (Zn), kobal (Co) dan lain-lain serta matinya organisme di perairan. Oleh karena itu AAT harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke badan air penerima.



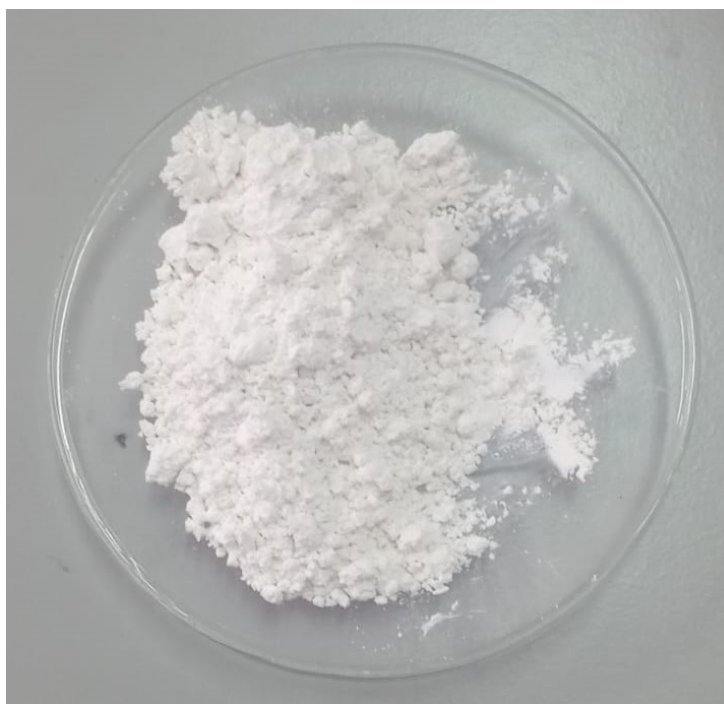
Gambar 1. Percontoh Awal AAT

Tabel 1. Kualitas Awal AAT

Parameter	Satuan	Sebelum Diolah	Baku Mutu*
pH		2,5	6 - 9
Fe total	mg/L	250	7
Fe ²⁺	mg/L	0,65	
Mn	mg/L	10,0	4
TSS	mg/L	25,0	400

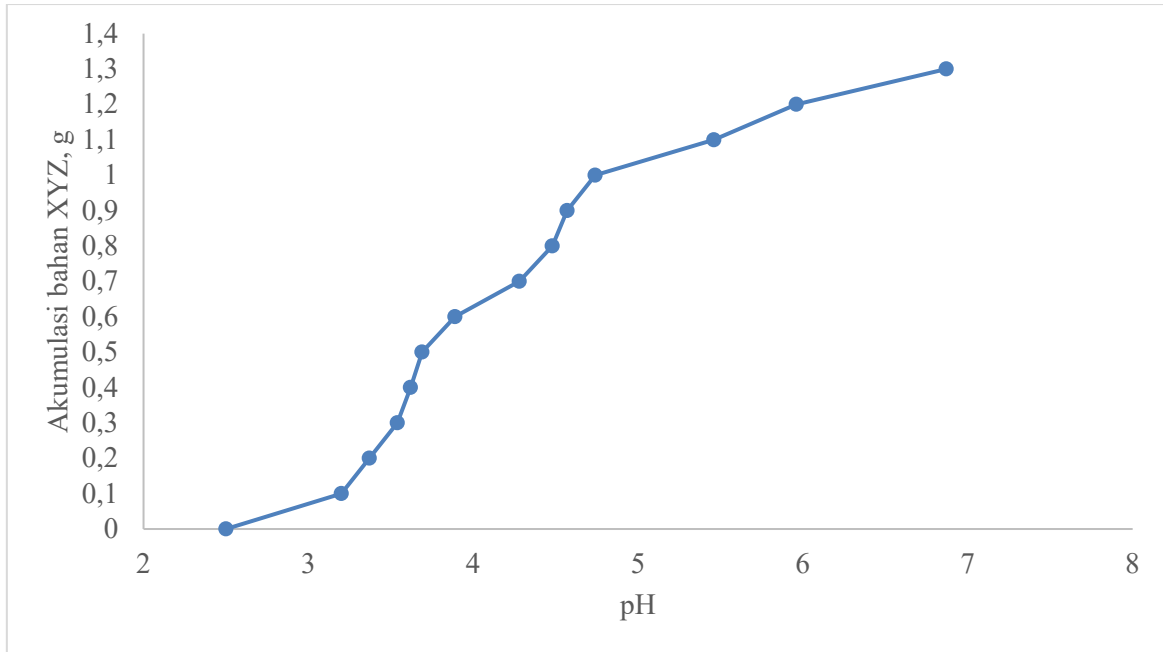
Akumulasi Bahan

Ramuan bahan XYZ berbentuk serbuk dan berwarna putih (Gambar 2). Bahan-bahan yang digunakan untuk meramu bahan XYZ mudah diperoleh di toko kimia maupun industri sebagai produsen bahan kimia. Merujuk pada Lampiran IX Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup [7], bahan baku XYZ tersebut tidak dikategorikan sebagai Bahan Berbahaya dan Beracun (B3). Hal ini berarti pengolahan AAT menggunakan ramuan bahan XYZ merupakan teknik pengolahan yang ramah lingkungan.



Gambar 2. Bahan XYZ

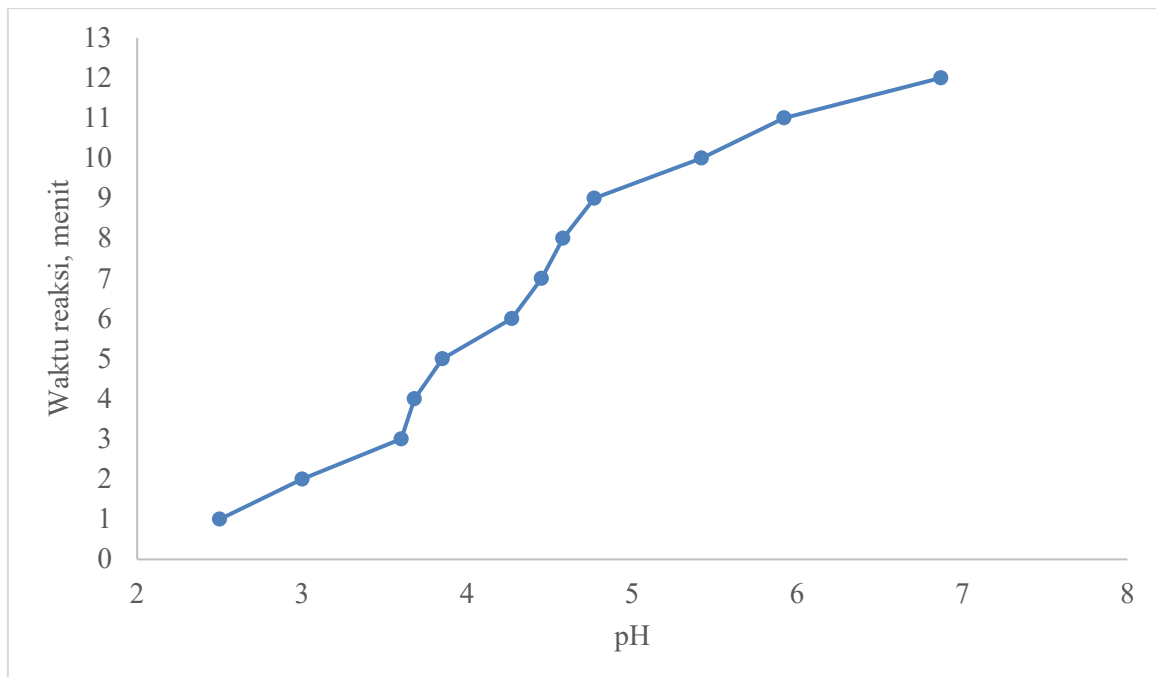
Hasil pengujian terhadap 1 L percontoh AAT menunjukkan bahwa sebanyak 1,3 g bahan XYZ dapat menaikkan pH dari 2,50 menjadi 6,87 (Gambar 3). Hal ini disebabkan oleh bahan XYZ bersifat basa. pH bahan XYZ sekitar 12.



Gambar 3. Akumulasi Bahan XYZ terhadap Kenaikan pH

Waktu Reaksi

Hasil pengujian variasi waktu reaksi menunjukkan bahwa dalam waktu sekitar 12 menit pH netral yang diinginkan telah tercapai (Gambar 4). Data ini menunjukkan bahwa reaksi antara bahan XYZ dengan percontoh AAT berlangsung spontan, tidak memerlukan waktu yang terlalu lama.

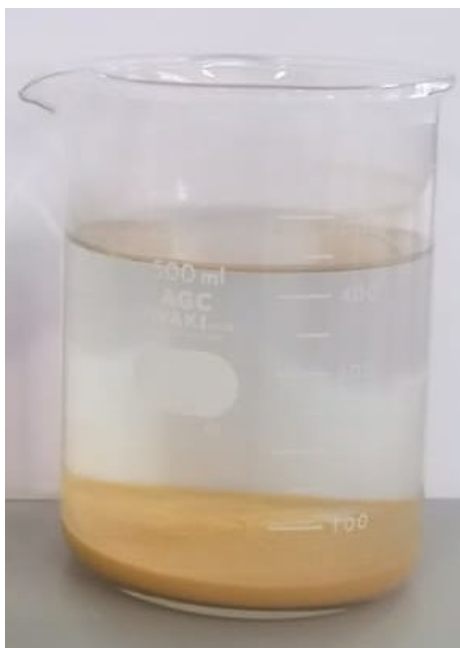


Gambar 4. Waktu Reaksi Terhadap pH

Efektifitas Pengolahan

Setelah diolah menggunakan bahan XYZ tampak cairan relatif tidak berwarna dan terbentuk endapan (*sludge*) (Gambar 5). Parameter pH, kadar besi (Fe total), dan Mn dalam percontoh AAT masih belum memenuhi Baku Mutu yang dipersyaratkan dalam KepMen LH No. 103/2003. Oleh karena itu AAT harus diolah terlebih

dahulu sebelum dibuang ke badan air. Setelah diolah menggunakan bahan XYZ kualitasnya menjadi lebih baik atau telah memenuhi Baku Mutu yang dipersyaratkan (Tabel 2), sehingga nantinya dapat dibuang ke badan air penerima.



Gambar 5. Percontoh AAT Setelah Diolah Menggunakan Bahan XYZ

Tabel 2. Kualitas Percontoh AAT Setelah Diolah

Parameter	Satuan	Sesudah diolah							Rerata	Standar deviasi	RSD	2/3 KV Horwitz
		1	2	3	4	5	6	7				
pH		6,84	6,88	6,89	6,92	6,86	6,85	6,86	6,87	0,0273	0,3979	7,9807
Fe total	mg/L	0,87	0,85	0,86	0,91	0,76	0,78	0,82	0,84	0,0526	6,2885	10,9587
Fe ²⁺	mg/L	0,09	0,07	0,09	0,10	0,08	0,07	0,10	0,09	0,0127	14,8449	15,4390
Mn	mg/L	2,75	2,89	2,84	3,01	3,00	3,21	3,15	2,98	0,1652	5,5453	9,0507
TSS	mg/L	16,1	16,5	17,0	16,8	18,3	16,9	17,4	17,0	0,7024	4,1316	6,9635

Kenaikan nilai pH mencapai 2,75 kali dari pH awalnya dan prosentase removal Fe total, Fe²⁺, Mn, dan TSS yang dihitung menggunakan persamaan (2) menunjukkan bahwa, prosentase parameter-parameter tersebut berturut-turut mencapai 99,7%, 86,2%, 70,2%, dan 32,0%. Data ini menunjukkan bahwa bahan XYZ merupakan bahan yang efektif dalam menghilangkan besi. Menurut Furcas [8], pengendapan feri optimum pada pH 8, sedangkan fero pada pH 11. Namun terlihat dari hasil pengujian pengolahan AAT menggunakan bahan XYZ, pengendapan logam pada pH 6,87 telah dapat memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan. Hal ini merupakan salah satu kelebihan penggunaan bahan XYZ dalam mengolah AAT. Kandungan mangan dalam percontoh AAT 10,0 mg/L. Pengolahan menggunakan bahan X memang menghasilkan prosentase removal

mangan yang rendah. Hal ini disebabkan oleh karakteristik mangan yang akan mengendap optimum pada pH 9 [9]. Namun dengan menggunakan bahan X, kadar mangan menjadi 2,98 mg/L, telah turun jauh dibawah Baku Mutunya. Percontoh AAT terlihat jernih (Gambar 1) karena TSS yang terkandung dalam Percontoh AAT jumlahnya sangat kecil, jauh dibawah Baku Mutunya. Walaupun demikian, penggunaan bahan X dapat lebih menurunkan kadar TSS, semula 25,0 mg/L menjadi 17,0 mg/L. Hasil perhitungan RSD semua parameter menunjukkan nilai yang lebih kecil dari 2/3 KV Horwitz (Tabel 2). Hal ini menunjukkan bahwa ujicoba telah presisi.

Pada umumnya, pengolahan AAT dimulai dengan aerasi yang bertujuan untuk mengoksidasi fero (Fe^{2+}) menjadi feri (Fe^{3+}) sehingga semua besi (Fe total) yang terkandung dalam AAT dapat terendapkan. Hasil pengujian kadar fero menunjukkan bahwa dengan menggunakan bahan XYZ sebagai pengolah AAT, *prosentase removal* fero mirip atau bahkan lebih besar dibandingkan dengan teknik aerasi yang pada umumnya dilakukan. Artinya tidak perlu dilakukan aerasi. % removal fero menggunakan bahan XYZ mencapai 86,2%, lebih tinggi dibandingkan dengan teknik aerasi udara ke air (25%) maupun air ke udara (70-80%). Hal ini dimungkinkan oleh ikut terendapkannya ion fero dengan partikel senyawa hidroksida dan karbonat. Proses pengendapan ion fero ini bisa berlangsung secara bersamaan (*co precipitation*) maupun bersusulan (post precipitation) dengan endapan utamanya [10], [11]. Penghilangan tahapan aerasi ini merupakan temuan penting dan suatu terobosan baru dalam pengolahan AAT.

Berat endapan yang dihasilkan dari pengolahan 1 L Percontoh AAT menggunakan bahan XYZ adalah 1,3 g. Data ini nantinya dipakai sebagai rujukan dalam merancang bak pengendapan maupun waktu pengurasan atau pemindahan endapan. Perlu dikaji lebih lanjut pemanfaatan endapan yang dihasilkan dari pengolahan AAT ini. Apakah akan digunakan sebagai bahan baku pembuatan semen atau kemungkinan akan bisa dimanfaatkan sebagai penutup batuan *Potentially Acid Forming* (PAF) disekitar *site*.

D. Kesimpulan

Bahan XYZ dapat digunakan sebagai bahan pengolah AAT. Dengan menggunakan bahan tersebut, tahapan pengolahan AAT yang semula 4 tahap (aerasi, netralisasi, sedimentasi dan filtrasi) dapat dikurangi menjadi 3 tahap saja, yaitu netralisasi, sedimentasi dan filtrasi, tanpa perlu dilakukan tahapan aerasi lagi. Hal ini dapat menjadi rujukan bagi pengelola lingkungan pertambangan karena merupakan terobosan penting yang dapat meningkatkan efektifitas pengolahan AAT.

Daftar Pustaka

- [1] R. Prihartini, R. Syaputra, and G. J. Kusuma, "KARAKTERISTIK PEMBENTUKAN AIR ASAM TAMBANG PADA ENDAPAN HIGH SULPHIDATION EPITHERMAL," *Jurnal Pertambangan*, vol. 6, no. 3, pp. 107–114, Dec. 2022, doi: 10.36706/jp.v6i3.1306.
- [2] R. S. Gautama, *Pembentukan, Pengendalian dan Pengelolaan Air Asam Tambang*. Bandung: ITB Press, 2019.
- [3] Y. G. Wibowo, R. Fadhilah, H. Syarifuddin, A. T. Maryani, and I. A. Putri, "A Critical Review of Acid Mine Drainage Treatment," *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, vol. 18, no. 3, pp. 524–535, Nov. 2021, doi: 10.14710/presipitasi.v18i3.524-535.
- [4] Dika Hadi Anugrah, Dono Guntoro, and Yunus Ashari, "Estimasi Sumberdaya Batugamping di PT X, Kecamatan Palimanan, Kabupaten Cirebon, Provinsi Jawa Barat," *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, vol. 1, no. 2, pp. 148–154, Feb. 2022, doi: 10.29313/jrtp.v1i2.538.
- [5] S. M. Roy, M. Tanveer, D. Gupta, C. M. Pareek, and B. C. Mal, "Prediction of standard aeration efficiency of a propeller diffused aeration system using response surface methodology and an artificial neural network," *Water Supply*, vol. 21, no. 8, pp. 4534–4547, Dec. 2021, doi: 10.2166/ws.2021.199.
- [6] Menteri Lingkungan Hidup, *Baku Mutu Air Limbah bagi Usaha dan atau Kegiatan Pertambangan Batubara*. 2003.

- [7] *Lampiran IX Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.*
- [8] F. E. Furcas, B. Lothenbach, O. B. Isgor, S. Mundra, Z. Zhang, and U. M. Angst, “Solubility and speciation of iron in cementitious systems,” *Cem Concr Res*, vol. 151, Jan. 2022, doi: 10.1016/j.cemconres.2021.106620.
- [9] M. M. Muanda and P. P. D. Omalanga, “Modeling and optimization of manganese carbonate precipitation using response surface methodology and central composite rotatable design,” *The Journal of Engineering and Exact Sciences*, vol. 7, no. 3, 2021.
- [10] P. Podder, Z. Zhang, R. Q. Honaker, M. L. Free, and P. K. Sarswat, “Evaluating and Enhancing Iron Removal via Filterable Iron Precipitates Formation during Coal-Waste Bioleaching,” *Eng*, vol. 2, no. 4, pp. 632–642, Dec. 2021, doi: 10.3390/eng2040040.
- [11] H. Wang, M. Guo, Y. Niu, J. Dai, Q. Yin, and L. Zhou, “Study on Precipitation Processes and Phase Transformation Kinetics of Iron Phosphate Dihydrate,” *Crystals (Basel)*, vol. 12, no. 10, Oct. 2022, doi: 10.3390/cryst12101369.