



Efektivitas Kenaikan pH dan Penurunan Konsentrasi Logam Berat pada Air Asam Tambang Menggunakan *Fly Ash* Sisa Pembakaran Batubara PLTU

The Effectiveness of Increasing pH and Reducing Heavy Metal Concentrations in Acid Mine Drainage Using Fly Ash From PLTU Coal Combustion

Hendra Pratama^{1*}, Edy Nursanto¹, dan Rika Ernawati¹

¹Program Magister Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta, Jl. SWK No 104 Condongcatur, Yogyakarta, Indonesia-55283

*Corresponding Author: hndra5151@gmail.com

Article Info:

Received: 13 - 02 - 2022
Accepted: 10 - 03 - 2022

Kata kunci: adsorben, adsorpsi, air asam tambang, efektivitas, *fly ash*

Keywords: adsorbent, adsorption, acid mine drainage, effectiveness, fly ash

Abstrak: Penelitian ini mempelajari efektivitas dari *fly ash* sisa pembakaran batubara PLTU sebagai adsorben dan air asam tambang yang dihasilkan oleh kegiatan penambangan batubara. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis kemampuan *fly ash* dalam meningkatkan pH dan penyerapan logam berat Fe dan Mn. Dalam penelitian ini digunakan *fly ash* sebagai adsorben yang akan dicampurkan dengan air asam tambang memiliki pH 3.4 dan kandungan logam berat Fe 8,8605 mg/l serta logam berat Mn 7,0375 mg/l. Adsorpsi dilakukan menggunakan alat *hot plate magnetic stirrer* dengan variasi massa dosis 10, 14, dan 17 gram pada 250 ml air asam tambang, dengan kecepatan pengadukan 200 rpm serta waktu pengadukan 30, 60, dan 90 menit. Berdasarkan hasil pengujian *fly ash* sisa pembakaran batubara PLTU merupakan adsorben yang efektif untuk meningkatkan kadar pH dan menurunkan konsentrasi logam berat Fe dan Mn pada air asam tambang sesuai dengan baku mutu. Efektivitas kenaikan pH berada di rentang 48,48% sampai 55,26% dimana dipengaruhi oleh penambahan massa dosis dari adsorben. Efektivitas untuk logam berat Fe adalah dengan dosis 17 gram dengan waktu pengadukan 60 menit sebesar 93,04%, sedangkan logam berat Mn adalah dengan dosis 17 gram yaitu sebesar 82,64% pada waktu 90 menit.

Abstract: This study discuss about the effectiveness of PLTU coal burning fly ash as an adsorbent and acid mine drainage that produced by coal mining activities. This study aims to analyze the ability of fly ash to increase pH and heavy metal absorption such as Fe and Mn. In this study, fly ash was used as an adsorbent that will be mixed with acid mine drainage which had a pH 3.4, heavy metal Fe 8.8605 mg/l and Mn 7.0375 mg/l. Adsorption was carried out using a hot plate magnetic stirrer with a mass variation of 10, 14 and 17 grams in 250 ml of acid mine drainage, with a stirring speed 200 rpm and a stirring time 30, 60, and 90 minutes. Based on the test, PLTU coal burning fly ash is an effective adsorbent to increase level of pH and reduce the concentration of heavy metals Fe and Mn in acid mine drainage according to quality standards. The effectiveness of increasing the pH occurred in the range of 48.48% to 55.26% which was influenced by many doses of the adsorbent. The effectiveness for heavy metal Fe at a dose of 17 grams with a stirring time of 60 minutes is 93.04%, while for heavy metal Mn at dose of 17 grams with a stirring time of 90 minutes is 82.64%.

1. Pendahuluan

Penambangan batubara semakin meningkat seiring pesatnya kemajuan di bidang teknologi, harga yang melambung serta permintaan pasar yang tinggi semakin menggiurkan bagi pelaku usaha pertambangan. Di Indonesia sendiri industri pertambangan menjadi primadona di berbagai daerah dan merupakan salah satu pilar pembangunan nasional. Industri pertambangan batubara menimbulkan berbagai dampak positif maupun negatif, diantara dampak negatif yang timbul yaitu air asam tambang yang terbentuk akibat teroksidasinya mineral sulfida dengan keberadaan air dan oksigen dalam udara sebagai sumber pengoksidasinya. Mineral sulfida sering ditemui di industri pertambangan batubara maupun mineral bijih pada kegiatan penggalian dan penimbunan yang disebabkan tersingkapnya mineral sulfida yang sebelumnya berada dibawah permukaan tanah (Gautama, 2019).

Salah satu pemanfaatan batubara yaitu sebagai sumber energi PLTU, dimana pembakaran batubara tersebut menghasilkan residu berupa *fly ash* dengan persentase 80% dan bottom ash 20% (Pratama & Rauf, 2020). Secara teknik *fly ash* didefinisikan sebagai bahan hasil pembakaran batubara pada tungku pembangkit listrik tenaga uap yang berbentuk halus dan bersifat pozolanik (Wardani, 2018). *Fly ash* sendiri dapat bersifat sangat asam yaitu dengan kisaran pH 3-4 tetapi pada umumnya bersifat basa dengan kisaran pH 10-12, selain itu *fly ash* tersusun dari partikel berukuran silt yang mempunyai karakteristik kapasitas pengikat air dari sedang sampai tinggi (Arifin, 2009). Penanganan *fly ash* pada umumnya hanya ditumpuk di dalam area industri, keterbatasan dalam pemanfaatannya sering kali menjadi masalah bagi industri maupun lingkungan sekitar. Komponen *fly ash* bervariasi tergantung oleh sumber dan tampilan batubara yang dibakar, sejumlah besar adalah silikon dioksida (SiO_2) dan kalsium oksida (CaO) yang merupakan bahan endemik yang banyak terdapat pada lapisan batubara (Rangan dkk, 2020).

Beberapa penelitian telah dilakukan yang bertujuan menetralkan air asam tambang, salah satunya melalui adsorpsi yang merupakan salah satu alternatif pengolahan. Penggunaan metode adsorpsi dilakukan karena prosesnya yang tidak rumit, berbiaya murah dan dapat menyisihkan parameter pencemar. Dalam penelitian ini digunakan *fly ash* sebagai adsorben yang akan dicampurkan dengan air asam tambang dengan variasi dosis 10 gram, 14 gram, dan 17 gram dalam 250 ml air asam tambang yang memiliki pH 3.4 dan kandungan logam Fe 8,8605 mg/l serta logam Mn 7,0375 mg/l.

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis kemampuan *fly ash* sebagai adsorben dalam meningkatkan pH dan penyerapan logam berat besi (Fe) dan Mangan (Mn), diharapkan dengan penelitian ini akan memberikan manfaat alternatif pengolahan sisa pembakaran batubara berupa *fly ash* yang efektif dan efisien, sesuai dengan upaya pemerintah yang mengeluarkan limbah *fly ash* dari kategori B3 dengan dikeluarkannya Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

2. Metode dan Bahan

2.1 Bahan

Alat yang digunakan berupa *Hot plate magnetic stirrer*, *stirring bar*, *dry oven*, timbangan analitik, erlenmeyer, gelas beaker, gelas ukur, corong kaca, gelas arloji, batang pengaduk, spatula, tangkrus, mortar dan lumpang alu. Bahan yang digunakan berupa *fly ash* dari PLTU yang diambil di lokasi TPS, air asam tambang dari PT. X yang diambil di lokasi *sump* dikarenakan belum diberi perlakuan, dan akuades.

2.2 Metode

Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu eksperimental dengan percobaan dan pengujian di laboratorium. Penelitian dilakukan pada bulan agustus 2021, bertempat di Laboratorium Instrument Jurusan Kimia Universitas Negeri Padang. Kandungan sampel air asam tambang ditentukan dengan melakukan pengujian pH dengan menggunakan alat pH meter dan alat *atomic absorption spectrophotometry* (AAS) untuk menguji kandungan logam berat Fe dan Mn. Baku mutu limbah yang digunakan yaitu Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No 113 Tahun 2003, dan analisis pengujian air asam tambang menggunakan metode pengujian kualitas air mengacu pada Standar Nasional Indonesia dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Metode SNI Pengujian Kualitas Air

Parameter	Metode
pH	SNI 6989.11:2019
Logam Fe	SNI 6989.4:2009
Logam Mn	SNI 6989.5:2009

(Sumber: Pusat Standardisasi Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2020)

Pengujian adsorpsi dilakukan di laboratorium menggunakan alat *hot plate magnetic stirrer* untuk melakukan pengadukan. Dosis *fly ash* dengan variasi 10, 14, dan 17 gram ditakar di atas kaca arloji menggunakan timbangan analitik, kemudian dosis dicampurkan dengan 250 ml air asam tambang kedalam gelas beaker yang di dalamnya terdapat *stirring bar* sebagai media untuk mengaduk pada alat *hot plate magnetic stirrer*. Pengadukan dilakukan dengan variasi waktu pengadukan 30, 60, dan 90 menit serta kecepatan pengadukan 200 rpm. Setelah proses pengadukan selesai dilakukan kemudian disaring menggunakan kertas saring. Hasil sampel berupa larutan kemudian dilakukan pengujian dengan menggunakan alat *atomic absorption spectrophotometry* untuk mengetahui penurunan konsentrasi logam berat Fe dan Mn pada air asam tambang. Rancangan percobaan adsorpsi dengan *fly ash* sebagai adsorben dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Rancangan Percobaan Adsorpsi

Dosis <i>Fly Ash</i>	Waktu Pengadukan	Kecepatan Pengadukan
D1 (10 gram)	W1 (30 min)	K1 (200 rpm)
D2 (14 gram)	W2 (60 min)	
D3 (17 gram)	W3 (90 min)	
FA1 (D1 - W1 - K1)	FA2 (D2 - W1 - K1)	FA3 (D3 - W1 - K1)
FA4 (D1 - W2 - K1)	FA5 (D2 - W2 - K1)	FA6 (D3 - W2 - K1)
FA7 (D1 - W3 - K1)	FA8 (D2 - W3 - K1)	FA9 (D3 - W3 - K1)

(Sumber: Data Primer, 2021)

Efektivitas kenaikan pH (%) dan efektivitas penurunan logam berat (%) menggunakan adsorben *fly ash* dihitung menggunakan persamaan (1) dan (2) (Siregar, 2019):

$$\left(1 - \frac{C_0}{C_t}\right) \times 100\% \quad (1)$$

$$\left(1 - \frac{C_t}{C_0}\right) \times 100\% \quad (2)$$

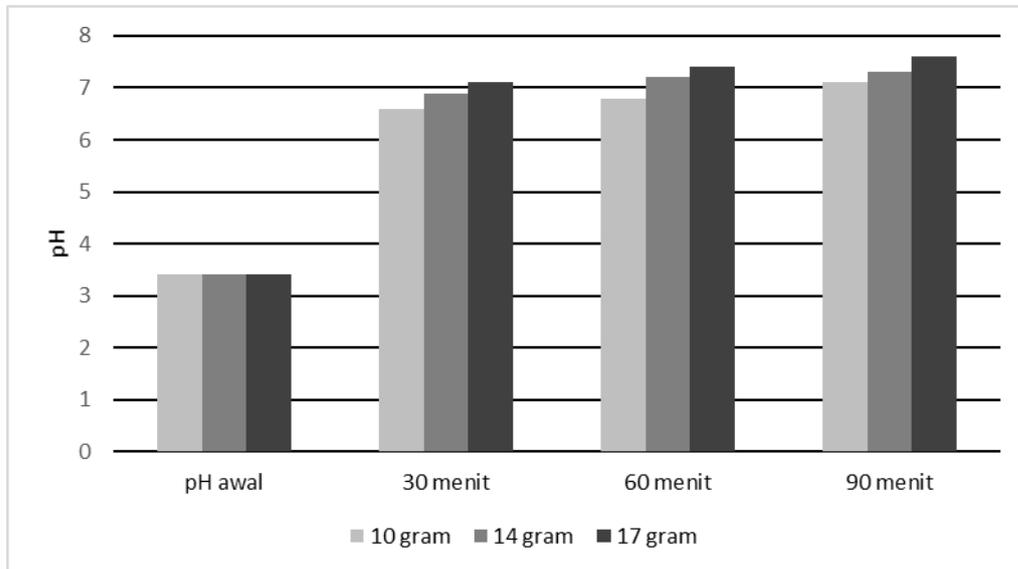
Keterangan:

Co : Konsentrasi awal (mg/l)
Ct : Konsentrasi akhir (mg/l)

3. Hasil dan Pembahasan

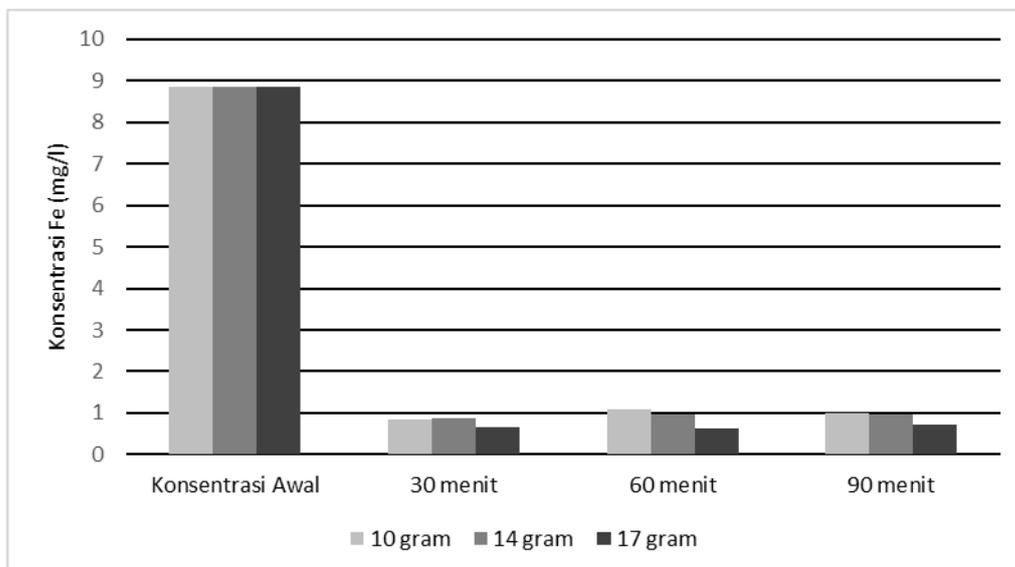
Berdasarkan hasil pengujian pH sesudah percobaan adsorpsi, didapat peningkatan pH pada air asam tambang dengan berbagai variasi dosis dan waktu pengadukan dapat dilihat pada **Gambar 1**. Berdasarkan gambar tersebut peningkatan pH sebanding dengan penambahan dosis adsorben *fly ash* yang diberikan, yaitu dengan rentang pH awal 3.4 sampai 7.6. Pada penggunaan dosis 10 gram pH naik menjadi 6.6 dalam 30 menit dan 6.8 pada 60 menit, kemudian 7.1 dalam 90 menit. Penggunaan dosis 14 gram dengan 30 menit pH telah naik menjadi 6.9 dan 7.2 pada 60 menit, kemudian dalam 90 menit naik menjadi 7.3. Peningkatan tertinggi terjadi pada penggunaan dosis 17 gram dengan 90 menit yaitu naik menjadi 7.6, sedangkan pengadukan 30 dan 60 menit pH naik menjadi 7.1 dan 7.4. Selanjutnya hasil

analisa pengujian adsorpsi dengan atomic absorption spectrophotometry untuk mengetahui penurunan logam Fe dan Mn dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 1. Peningkatan pH Setelah Adsorpsi
(Sumber: Data Primer Uji Laboratorium, 2021)

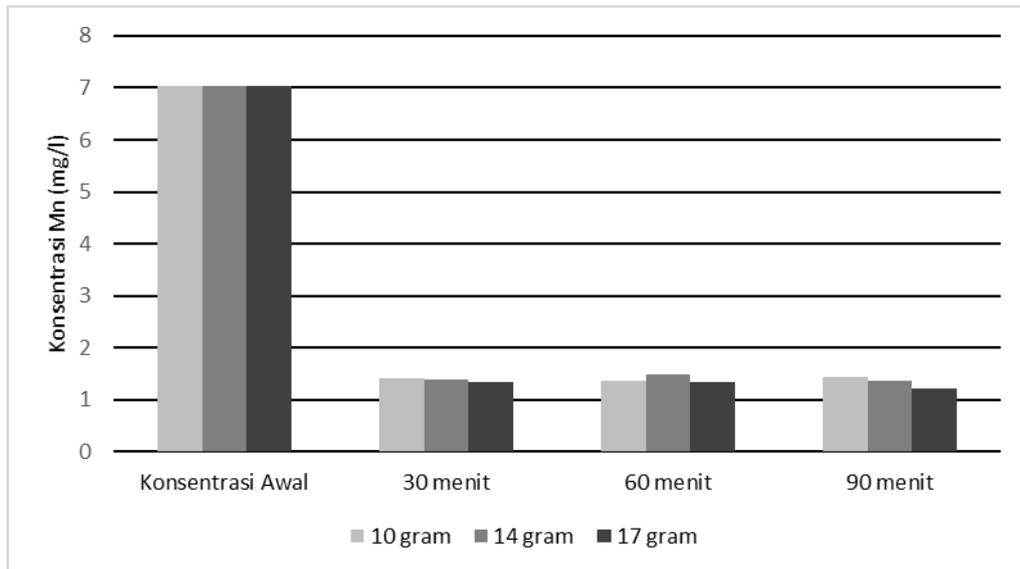
Berdasarkan **Gambar 2**, terjadi penurunan konsentrasi Fe dengan rentang 8,8605 mg/l menjadi 0,6163 mg/l. Pemberian dosis 10 gram penurunan Fe dalam 30 menit yaitu menjadi 0,8466 mg/l dan naik sedikit 1,1048 mg/l pada 60 menit, kemudian turun kembali 0,9978 mg/l pada 90 menit. Pada dosis 14 gram terjadi penurunan menjadi 0,8698 mg/l pada 30 menit, kemudian 60 menit naik 0,9768 mg/l dan turun sedikit 0,9536 mg/l pada 90 menit. Penggunaan dosis 17 gram dalam 30 menit penurunan menjadi 0,6629 mg/l, pada 60 menit penurunan tertinggi menyentuh 0,6163 mg/l dan naik kembali dalam 90 menit menjadi 0,7303 mg/l.



Gambar 2. Konsentrasi Fe Setelah Adsorpsi
(Sumber: Data Primer Uji Laboratorium, 2021)

Gambar 3 menunjukkan penurunan konsentrasi Mn yang terjadi dengan konsentrasi awal 7,0375 mg/l. Pada dosis 10 gram penurunan konsentrasi Mn menjadi 1,4198 mg/l dalam 30 menit, kemudian turun 1,3547 mg/l pada 60 menit dan naik di 90 menit menjadi 1,4333 mg/l. Penggunaan dosis 14 gram dalam 30 menit turun menjadi 1,3896 mg/l dan naik 1,4945 mg/l dalam 90 menit, kemudian turun 1,3590 mg/l

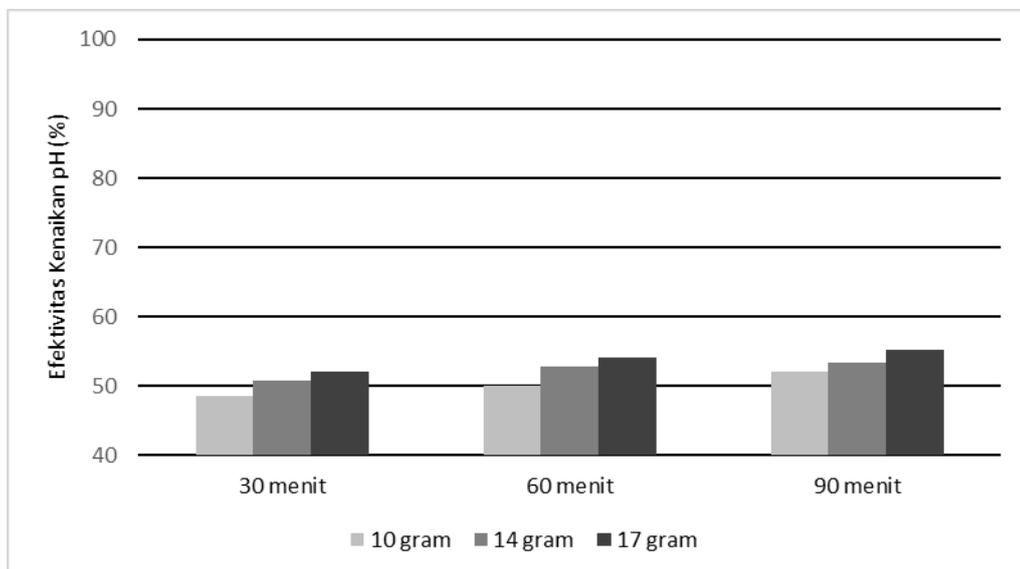
pada 90 menit. Pemberian dosis 17 gram pada 30 menit turun menjadi 1,3284 mg/l, naik kembali 1,3328 mg/l di 60 menit, kemudian di 90 menit terjadi penurunan tertinggi menjadi 1,2214 mg/l.



Gambar 3. Konsentrasi Mn Setelah Adsorpsi

(Sumber: Data Primer Uji Laboratorium, 2021)

Berdasarkan **Gambar 4**, efektivitas kenaikan pH terendah pada dosis 10 gram dengan 30 menit di 48,48% dan naik menjadi 50% kemudian 52,11% di 60 dan 90 menit. Pada dosis 14 gram dengan 30 menit efektivitas mencapai 50,72%, kemudian naik masing-masing di 60 dan 90 menit menjadi 52,78% dan 53,42%. Efektivitas tertinggi terjadi pada dosis 17 gram dengan waktu 90 menit yaitu 55,26%, sedangkan pada 30 menit efektivitas 52,11% dan 60 menit di 54,05%.

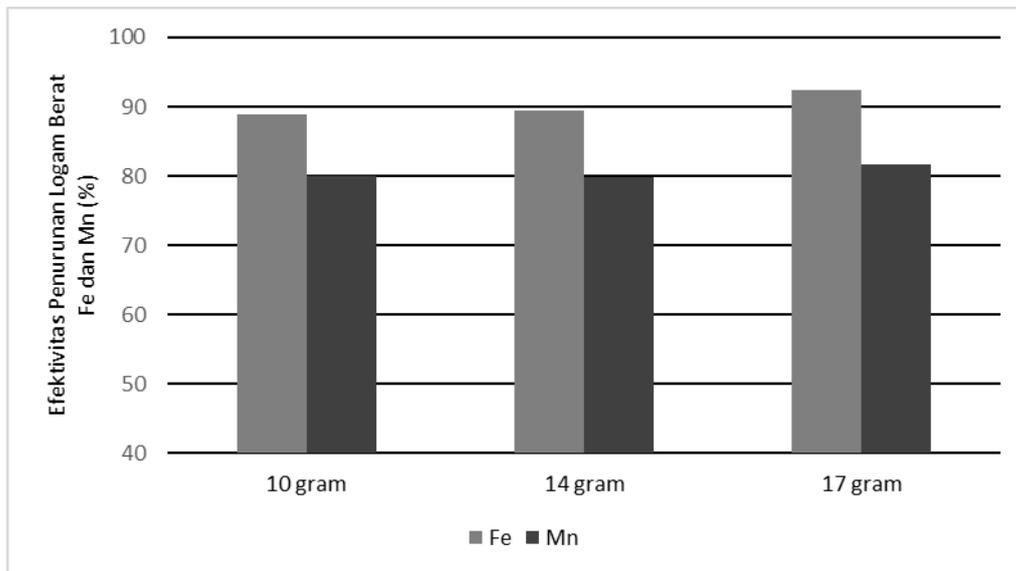


Gambar 4. Efektivitas Kenaikan pH

(Sumber: Data Primer, 2021)

Efektivitas kenaikan pH turut dipengaruhi penambahan massa dosis adsorben dan waktu pengadukan, perubahan pH paling efektif ialah pada massa dosis 17 gram dengan rata-rata efektivitas 53,81%, sedangkan jika dilihat dari segi efisiensi dosis 10 gram merupakan yang paling efisien dikarenakan telah mampu menaikkan pH sesuai baku mutu.

Gambar 5 menunjukkan rata-rata tingkat efektivitas penurunan logam berat Fe dengan dosis *fly ash* 10 gram sebesar 88,91%, kemudian dosis 14 gram sebesar 89,47% dan rata-rata efektivitas tertinggi terjadi pada dosis 17 gram sebesar 92,44%. Sedangkan rata-rata tingkat efektivitas penurunan logam berat Mn dengan 10 gram dosis *fly ash* sebesar 80,07% dan 79,9% untuk dosis 14 gram, kemudian rata-rata efektivitas tertinggi terjadi pada 17 gram dosis sebesar 81,61%. Hasil selaras dengan penelitian sebelumnya (Kulkamil, 2013; Gobel dkk, 2018) yang menyebutkan salah satu pilihan adsorben efektif dengan persentase mencapai 75-95% adalah *fly ash*.



Gambar 5. Rata-rata Efektivitas Penurunan Logam Berat Fe dan Mn

(Sumber: Data Primer, 2021)

Perbedaan adsorpsi antara logam berat Fe dan Mn terlihat dari hasil analisis logam Mn yang menunjukkan adsorpsi lebih cepat jika massa dosis lebih banyak, yaitu pada kondisi pH yang semakin basa. Selain itu penyerapan logam berat Fe lebih besar dikarenakan keelektronegatifan unsur Fe lebih besar dari unsur Mn.

4. Kesimpulan

Fly ash sisa pembakaran batubara PLTU merupakan adsorben yang efektif untuk meningkatkan kadar pH dan menurunkan konsentrasi logam berat Fe dan Mn pada air asam tambang sesuai dengan baku mutu. Efektivitas kenaikan pH berada di rentang 48,48% sampai 55,26% dimana dipengaruhi oleh penambahan massa dari adsorben. Efektivitas untuk logam berat Fe adalah dengan dosis 17 gram dengan waktu pengadukan 60 menit sebesar 93,04%, sedangkan logam berat Mn adalah dengan dosis 17 gram yaitu sebesar 82,64% pada waktu 90 menit.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada Bapak Hadi, Fendri, Ridho dan Ibuk Cici yang telah memfasilitasi pengambilan sampel *fly ash* dan air asam tambang di lapangan.

Daftar Pustaka

Arifin, B. (2009). Penggunaan Abu Batu Bara PLTU MPANAU Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Lempung. *SMARTek*, 7(4), 219–228.

Badan Standardisasi Nasional. (2009). *SNI 6989.4:2009 Cara Uji Besi (Fe) Secara Spektrofotometri*

Serapan Atom (SSA).

- Badan Standardisasi Nasional. (2009). *SNI 6989.5:2009 Cara Uji Mangan (Mn) Secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA).*
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). *SNI 6989.11:2019 Cara Uji Derajat Keasaman (pH) Dengan Menggunakan pH Meter.*
- Gautama, R. S. (2019). *Pembentukan, Pengendalian dan Pengelolaan Air Asam Tambang (II).* ITB Press.
- Gobel, A. P., Nursanto, E., & Ratminah, W. D. (2018). Efektifitas Pemanfaatan Fly Ash Batubara Sebagai Adsorben Dalam Menetralisir Air Asam Tambang pada Settling Pond Penambangan Banko PT. Bukit Asam (Persero), Tbk. *Jurnal Mineral, Energi dan Lingkungan*, 2(1), 1–11. <https://doi.org/10.31315/jmel.v2i1.2113>
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup. (2003). *Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 113 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan atau Kegiatan Pertambangan Batubara.*
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia. (2021). *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.*
- Pratama, H., & Rauf, A. (2020). Penerapan Waste Hierarchy pada Limbah B3 Abu Batubara PT. AMNT. *PROSIDING, Seminar Teknologi Kebumihan dan Kelautan (SEMITAN II)*, 2(1), 273–276.
- Rangan, P. R., Dendo, E. A. R., Bokko, J., & Mantirri, P. A. (2020). Mortar Geopolimer Abu Sekam Padi Berbahan Dasar Limbah Abu Batu Bara Hasil Pembakaran Asphalt Mixing Plant. *Journal Dynamic Saint*, 5(1), 927–938.
- Siregar, I. T. N. (2019). *Analisis Netralisasi Air Asam Tambang Menggunakan CaO dan Fly Ash Pada PT. Alamjaya Bara Pratama Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur.* Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta.
- Wardani, L. D. K. (2018). *Karakteristik Fly Ash (Abu Layang) Batubara Sebagai Material Adsorben Pada Limbah Cair yang Mengandung Logam.* Universitas Negeri Yogyakarta.