



Utilisasi Limbah Abu Terbang Untuk Remediasi Limbah Asam Tambang Batubara

Utilization of Fly Ash Waste For Remediation Of Coal Mine Acid Waste

M. Abd Rahman Fauzi¹, Agus Prasetya², Sutijan³
Pascasarjana Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada
Jl. Grafika No. 2, Kampus UGM.
Abd.r.f@mail.ugm.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari kemampuan abu terbang pembakaran batubara (*fly ash*) terhadap penurunan kadar Fe dalam limbah asam tambang, pengaruh media *fly ash* dan kerikil pada sistem dalam menurunkan kadar Fe dalam limbah asam tambang, dan penurunan kadar Fe dalam asam tambang (AMD) pada sistem *batch* maupun semi *batch*. Hasil penelitian pada sistem *batch* menunjukkan bahwa Pada fraksi berat 1:50, puncak kenaikan pH larutan berada pada waktu kontak 90 menit dengan nilai pH mencapai 6,7 sedangkan Untuk fraksi berat 1:200, puncak kenaikan tertinggi berada pada waktu kontak 120 menit (2 jam) yang mencapai nilai pH 6,3. Pada sistem semi batch Kenaikan pH larutan tertinggi berada pada nilai 6,4 untuk ketebalan *fly ash* 10 cm dan 6,7 untuk ketebalan *fly ash* 15 cm dan dicapai pada hari ke 4. Laju penurunan kadar Fe secara signifikan dalam sistem *batch* terjadi pada fraksi berat 1:50, dengan nilai konsentrasi terendah berada pada 1,152 dengan waktu kontak 3 jam (180 menit). Persentase efektifitas penyisihan logam paling tinggi pada sistem *batch* yaitu sebesar 90,92 % dan pada sistem semi *batch* nilai konsentrasi terendah berada pada 1,726 dengan waktu Tinggal 4 hari serta persentase efektifitas penyisihan logam paling tinggi pada sistem semi *batch* yaitu sebesar 86,39 persen pada RII.

Kata kunci : Limbah asam tambang, besi, fly ash, kerikil

Abstract

This research aims to study the ability of coal combustion fly ash (fly ash) to reduce Fe levels in acid mine waste, the effect of fly ash and gravel media on the system in reducing Fe levels in acid mine waste, and the decrease in Fe levels in acid mine (AMD) in batch and semi-batch systems. The results of the research on the batch system showed that in the weight fraction 1:50, the peak of the pH increase of the solution was at a contact time of 90 minutes with a pH value of 6.7 while for the weight fraction 1:200, the highest peak of the increase was at a contact time of 120 minutes (2 hours) which reached a pH value of 6.3. In the semi-batch system, the highest increase in solution pH was at a value of 6.4 for fly ash thickness of 10 cm and 6.7 for fly ash thickness of 15 cm and was achieved on day 4. Significant reduction in Fe levels in the batch system occurred at a weight fraction of 1:50, with the lowest concentration value being 1.152 with a contact time of 3 hours (180 minutes). The highest percentage of metal separation effectiveness in the batch system was 90.92% and in the semi-batch system, the lowest concentration value was 1.726 with a 4-day residence time and the highest percentage of metal separation effectiveness in the semi-batch system was 86.39 percent at RII.

Keywords: Acid mine drainage, iron, fly ash, gravel.



PENDAHULUAN

Sifat abu terbang (fly ash) ditentukan dari kandungan kimia yang terdapat didalamnya. Kandungan kimia tersebut ditentukan dari karakteristik batubara yang digunakan pada proses pembakaran. Hal ini berpengaruh jika abu terbang (fly ash) akan dimanfaatkan untuk berbagai keperluan seperti pada bidang konstruksi bangunan, konstruksi jalan, reklamasi pertanian, ataupun penelitian seperti yang dilakukan di China dan India (Damayanti, 2018). Akumulasi limbah abu terbang (fly ash) ini bila tidak dimanfaatkan akan membutuhkan tempat yang cukup luas untuk menampungnya.

Fly ash umumnya hanya ditumpuk begitu saja di dalam area industri. Penumpukan limbah fly ash ini menimbulkan masalah bagi lingkungan (Pérez-López et al, 2007). Banyak penelitian mengenai pemanfaatan limbah fly ash sedang dilakukan untuk meningkatkan nilai ekonomisnya serta mengurangi dampak buruknya terhadap lingkungan. Beberapa penelitian juga dilakukan untuk mengkaji pemanfaatan limbah abu terbang (fly ash) untuk stabilisasi air limbah. Dalam hal ini untuk mengakumulasi pH agar menjadi normal dan membatasi mobilitas kontaminan organik berbahaya (Gitari et al, 2008).

Dalam beberapa hasil penelitian yang mengkaji hal tersebut, dijelaskan bahwa limbah abu terbang (fly ash) bisa digunakan menjadi adsorben yang mampu mengontrol kontaminan inorganik berbahaya (Fe, Mn, Zn, Pb) pada limbah air asam tambang (Acid Mine Drainage) batubara (Gitari et al., 2008), serta dapat menyerap logam berat timbal (Pb) (Afrianita & Dewilda, 2013). Oleh karena itu, penelitian tentang pemanfaatan fly ash untuk pengelolaan air limbah, dalam hal ini limbah asam tambang (AMD) perlu dikaji lebih lanjut agar fly ash dapat dimanfaatkan sebagai adsorben dengan lebih baik.

METODE

Pada penelitian ini digunakan dua sistem yaitu secara *batch* dan *semi batch* dengan pH dan konsentrasi larutan sama yaitu 2,9 dan 12,691. Untuk sistem *batch* dilakukan dengan dua fraksi berat antara *fly ash* dan larutan artifisial (1:50 dan 1:200) dengan kecepatan pengadukan tetap yaitu 120 rpm dan waktu kontak selama (0,30,60,90,120,dan 180 menit). Sedangkan Untuk sistem *semi batch*, dilakukan dalam reaktor berbentuk bak berbahan kaca atau akrilik. Dalam sistem *semi batch* terdapat dua reaktor dengan variasi ketebalan *fly ash* pada RI (10 cm) dan RII (15 cm) dengan menggunakan media tambahan kerikil (ketebalan 5 cm) dan larutan sebanyak 50 liter. Waktu kontak dalam sistem *semi batch* selama (0,1,2,3,4) hari. Sampel yang sudah diperoleh selanjutnya diuji dan dianalisis menggunakan *atomic absorption spectrophotometer* (AAS) pada lab Uii terpadu. Data penelitian yang diperoleh dianalisis

menggunakan *microsoft excel* sehingga perubahan angka parameter Fe (besi) dalam larutan sampel dapat diketahui.

Alat

Untuk sistem *batch* alat yang digunakan yaitu labu ukur, pipet, pengaduk dan botol sampel. Untuk sistem semi batch menggunakan dua reaktor berbentuk bak berbahan kaca atau akrilik. Pada proses pembuatan larutan artifisial peralatan yang dibutuhkan yaitu, timbangan digital, gelas beaker, labu ukur, corong serta alat tambahan untuk proses *batch* seperti (Kertas saring, *stopwatch*, termometer, botol sample, pH meter). Sedangkan untuk karakterisasi *fly ash* peralatan yang dibutuhkan, *Disk mill*, *Shieve shaker*, Timbangan analitik, X-ray Fluoresence (XRF).

Bahan

Bahan penelitian yang digunakan yaitu senyawa ion Fe(SO₄).7H₂O, Akuades, fly ash sisa pembakaran batubara PT. Indonesia Power II Cilacap, dan kerikil diperoleh dari Sungai Gendol, Cangkringan, Sleman.

HASIL DAN PEMBAHASAN

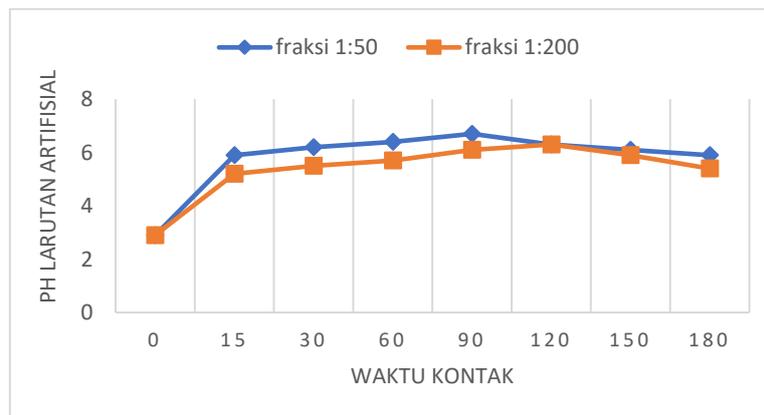
1. Derajat Keasaman (pH) Fe dalam Sistem Adsorpsi Secara *Batch*

Pada gambar 1.1 menunjukkan kenaikan derajat keasaman (pH) larutan artifisial pada sistem *batch* dengan menggunakan kecepatan yang sama yaitu 120 rpm banyak mengalami perubahan. Pada fraksi berat 1:50, puncak kenaikan pH larutan berada pada waktu kontak 90 menit dengan nilai pH mencapai 6,7 dan setelah melewati waktu kontak selama 120 menit (2 jam), pH larutan mengalami penurunan. Hal ini dikarenakan *fly ash* dan larutan sudah mencapai titik jenuh. Hal ini dibuktikan dengan semakin menurunnya pH larutan pada waktu kontak 180 menit (3 jam) yang mencapai nilai pH 5,9. Untuk fraksi berat 1:200, puncak kenaikan tertinggi berada pada waktu kontak 120 menit (2 jam) yang mencapai nilai pH 6,3 dan mulai menurun setelah melewati waktu kontak 150 menit yaitu mencapai nilai pH 5,9 dikarenakan *fly ash* dan larutan sudah mencapai titik jenuhnya.

Tabel 1.
Derajat Keasaman (pH) Fe Larutan Artifisial Sistem *Batch*

No	Waktu Pengadukan (menit)	pH Fe Dalam Larutan Artifisial (fraksi berat)		Rata - Rata
		1 : 50	1 : 200	
1	0	2,9	2,9	2,9
2	15	5,9	5,2	5,55
3	30	6,2	5,5	5,85
4	60	6,4	5,7	6,05
5	90	6,7	6,1	6,4
6	120	6,3	6,3	6,3
7	150	6,1	5,9	6
8	180	5,9	5,4	5,65

Grafik 1.
Kurva Derajat Keasaman (pH) Fe Dalam Larutan Artifisial



2. Derajat Keasaman (pH) Fe dalam Sistem Adsorpsi Secara Semi *Batch*

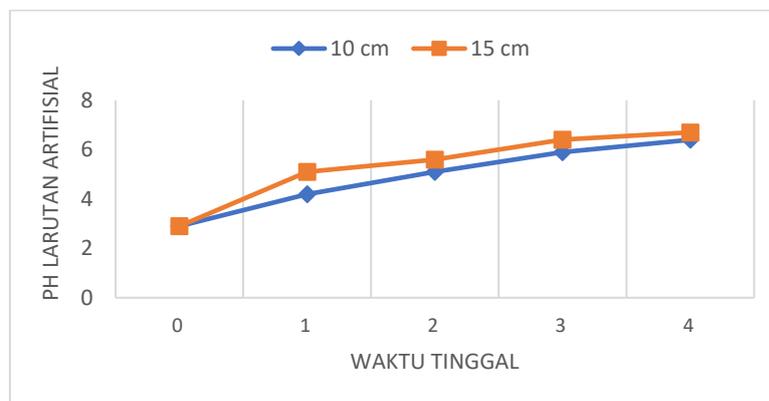
Pada gambar 1.2 menunjukkan bahwa derajat keasaman (pH) Fe dalam larutan pada sistem *semi batch* mengalami kenaikan pada setiap waktu tinggal. Kenaikan pH larutan tertinggi berada pada nilai 6,4 untuk ketebalan fly ash 10 cm dan 6,7 untuk ketebalan fly ash 15 cm dan dicapai pada hari ke 4 waktu tinggal larutan artifisial dalam reaktor (bak). Karena debit sirkulasi larutan tidak berubah serta ketebalan kerikil dalam reaktor masing – masing sama yaitu 5 cm, maka ketebalan atau banyaknya fly ash yang digunakan berpengaruh pada kenaikan pH larutan artifisial dalam reaktor. Penambahan kerikil dalam sistem juga berpengaruh karena dapat kita lihat dalam data bahwa pada waktu tinggal selama 4 hari, derajat keasamaan (pH) Fe dalam larutan tidak turun justru mengalami kenaikan pada setiap waktu tinggal. Karena *fly ash* bersifat pozzolan atau dapat dengan

mudah membentuk semen ketika bertemu dengan air, maka dengan adanya kerikil sirkulasi pada bagian bawah media menjadi lebih efektif. Kondisi ini memungkinkan *fly ash* mengalami puncak titik jenuh yang lebih lama dan penjerapan Fe pada larutan artifisial bisa lebih maksimal dan efektif.

Tabel 2.
Derajat Keasaman (pH) Fe Larutan Artifisial Sistem Semi *Batch*

No	Waktu Tiggal (Hari)	pH Fe Dalam Larutan Artifisial (Ketebalan)		Rata – Rata
		RI (10 cm)	RII (15 cm)	
1	0	2,9	2,9	2,9
2	1	4,2	5,1	4,65
3	2	5,1	5,6	5,35
4	3	5,9	6,4	6,15
5	4	6,4	6,7	6,55

Grafik 2.
Kurva Derajat Keasaman (pH) Fe Dalam Larutan Artifisial

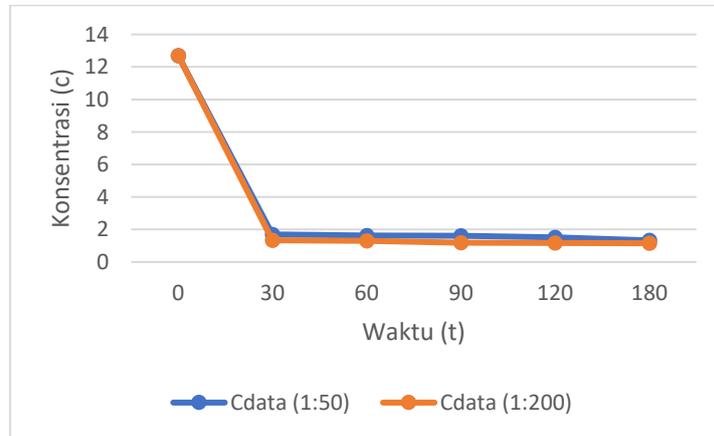


3. Penurunan Kadar Fe dalam Sistem *Batch*

Pada gambar 1.3 ditunjukkan bahwa terdapat selisih nilai data hasil eksperimen sehingga kurva yang terbentuk tidak sama. Laju penurunan kadar Fe dalam larutan mengalami selisih penurunan konsentrasi sebesar 0,352. Hal ini menjelaskan bahwa penggunaan media fly ash akan berpengaruh lebih baik jika perbandingan larutan yang

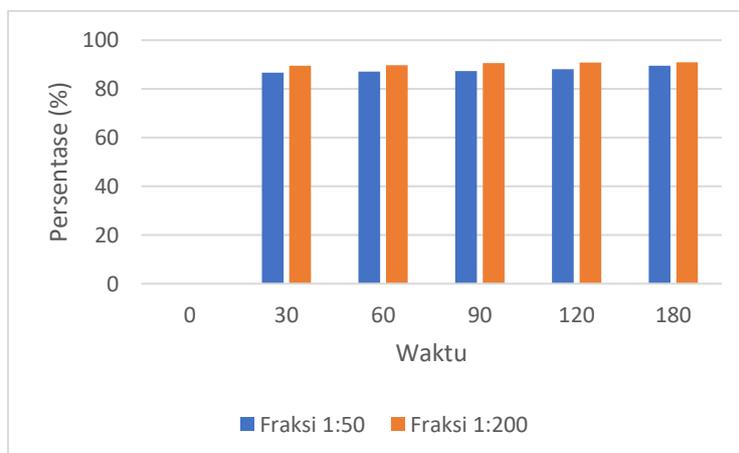
digunakan lebih sedikit (1:50) dibandingkan dengan penggunaan fly ash jumlah sama namun dengan larutan yang lebih banyak (1:200).

Grafik 3.
Profil Penyisihan Logam Fe dalam Sistem *Batch*



Kemampuan penyisihan logam Fe dalam larutan juga dapat digambarkan dari persentase efektifitas penyisihan. Hasil Perhitungan persentase penyisihan kadar besi (Fe) pada kedua fraksi berat dijelaskan pada gambar 1.4. Pada gambar dijelaskan bahwa efektifitas penyisihan logam besi (Fe) mengalami peningkatan pada setiap waktu kontak dimana pada tiap fraksi berat terdapat peningkatan efektifitas penyisihan kadar (Fe) yang peningkatannya berbanding lurus dengan semakin lamanya waktu kontak antara media dan larutan. Persentase efektifitas penyisihan logam paling tinggi pada sistem *batch* yaitu sebesar 90,92 persen.

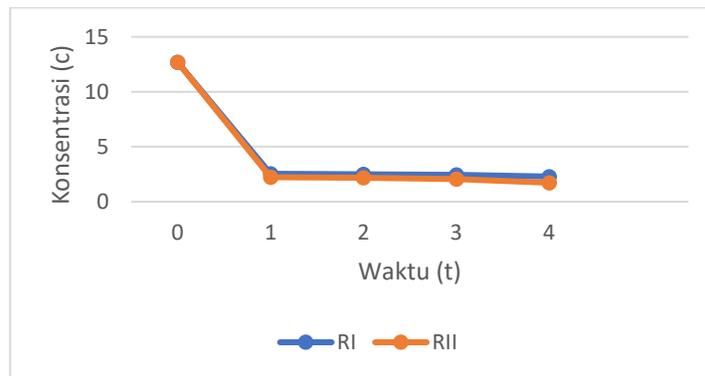
Grafik 4.
Persentase Penyisihan Kadar Fe Pada Sistem *Batch*



4. Penurunan Kadar Fe dalam Sistem Semi Batch

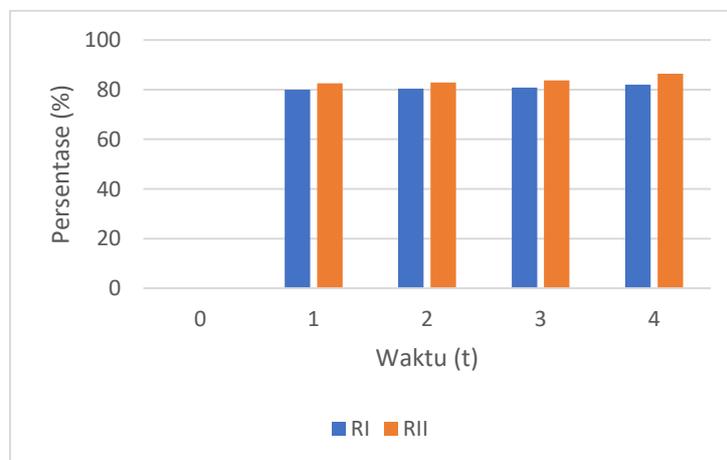
Pada gambar 1.5 ditunjukkan bahwa terdapat selisih nilai data hasil eksperimen sehingga kurva yang terbentuk tidak sama. Laju penurunan kadar Fe dalam larutan mengalami selisih penurunan konsentrasi sebesar 0,394. Hal ini menjelaskan bahwa penggunaan media *fly ash* dengan ketebalan 15 cm akan berpengaruh lebih baik dibandingkan dengan penggunaan *fly ash* dengan ketebalan 10 cm menggunakan jumlah larutan yang sama.

Grafik 5.
Profil Penyisihan Logam Fe dalam Sistem Semi Batch



Kemampuan penyisihan logam Fe dalam larutan juga dapat digambarkan dari persentase efektifitas penyisihan. Hasil Perhitungan persentase penyisihan kadar besi (Fe) pada kedua fraksi berat dijelaskan pada gambar 1.6, dimana pada RI dan RII terdapat peningkatan efektifitas penyisihan kadar (Fe) yang peningkatannya berbanding lurus dengan semakin lamanya waktu kontak antara media dan larutan. Persentase efektifitas penyisihan logam paling tinggi pada sistem semi *batch* yaitu sebesar 86,39 persen pada RII dan 81,97 persen pada RI dengan waktu tinggal selama 4 hari.

Grafik 6.
Persentase Penyisihan Kadar Fe Pada Sistem Semi Batch





Tingginya efektifitas *fly ash* dalam penyisihan logam Fe diduga karena adanya media tambahan berupa kerikil. Dengan adanya penggunaan kerikil sebagai bahan tambahan dapat membantu dalam proses sedimentasi, penjerapan (adsorpsi) serta proses transformasi kimiawi (supradata dkk, 2005). Hal tersebut dapat dilihat pada waktu tinggal hari ke 4 yang memiliki selisih persentase efektifitas lebih besar dibandingkan dengan waktu tinggal pada hari ke 3. Selisih persentase penyisihan mencapai 1,16% untuk RI dibandingkan dengan hari ke 3 dan ke 2 yang hanya 0,44%. Sedangkan untuk RII selisih pada hari ke 4 dan ke 3 mencapai 2,63% lebih besar dibandingkan dengan selisih hari ke 3 dan ke 2 yaitu sebesar 0,88%.

KESIMPULAN

Dari penelitian ini, kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut :

1. Penambahan media *fly ash* dalam sistem remediasi limbah asam tambang terbukti efektif dalam mempercepat penurunan kadar Fe baik dalam sistem secara *batch* maupun semi *batch*.
2. Kenaikan nilai pH mencapai 6,7 pada sistem *batch* dengan waktu kontak 120 menit dan pada fraksi berat 1:50. Sedangkan kenaikan nilai pH pada sistem semi *batch* mencapai 6,4 di RII.
3. Penggunaan media *fly ash* dalam sistem batch memiliki persentase penurunan kadar Fe terbesar yaitu 90,92 %, sedangkan penggunaan media *fly ash* dalam sistem semi *batch* memiliki persentase penurunan kadar Fe terbesar yaitu 86,39 %.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmaruzzaman, M. (2010). *A review on the utilization of fly ash. Progress in Energy and Combustion Science*, 36(3), 327–363.
<https://doi.org/10.1016/j.pecs.2009.11.003>
- Afrianita, R., & Dewilda, Y. (2013). Efisiensi Dan Kapasitas Penyerapan Fly Ash Sebagai Adsorben Dalam Penyisihan Logam Timbal (Pb) Limbah Cair Industri Percetakan Di Kota Padang. <https://doi.org/10.25077/dampak.10.1.1-10.2013>
- Akcil, A., & Koldas, S. (2006). Acid Mine Drainage (AMD): causes, treatment and case studies. *Journal of cleaner production*, 14(12-13), 1139-1145.
- Alfian Hendri Umboh, Marthin D.J. Sumajouw, Reky S. Windah., (2014). Pengaruh pemanfaatan abu terbang (*fly ash*) dari pltu ii sulawesi utara sebagai substitusi parsial semen terhadap kuat tekan beton. 2(7), 352–358.
- Costello, C. (2003). *Acid Mine Drainage : Innovative Treatment Technologies Prepared*



by *Technology Innovation Office*. (October).

- Damayanti, R. (2018). Abu batubara dan pemanfaatannya: Tinjauan teknis karakteristik secara kimia dan toksikologinya. *Jurnal Teknologi Mineral Dan Batubara*, 14(3), 213–231. <https://doi.org/10.30556/jtmb.vol14.no3.2018.966>
- Fauzan, A., Aman, & Drastinawati. (2014). Pemanfaatan Fly Ash Batu Bara Sebagai Adsorben Logam Berat Ion Pb²⁺ yang Terlarut dalam Air. *Jurnal FTEKNIK*, 1(2), 1–6.
- Gitari, W. M., Petrik, L. F., Etchebers, O., Key, D. L., & Okujeni, C. (2008). *Utilization of fly ash for treatment of coal mines wastewater: Solubility controls on major inorganic contaminants*. 87(12), 2450–2462. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2008.03.018>
- Gobel, A. P. (2018). Efektifitas Pemanfaatan Fly Ash Batubara Sebagai Adsorben Dalam Menetralkan Air Asam Tambang Pada Settling Pond Penambangan Banko PT. Bukit Asam (Persero), Tbk. *Jurnal Mineral, Energi, dan Lingkungan*, 2(1), 1–11.
- Halim, K. (2018). Studi Awal Potensi Pengolahan Air Asam Tambang Menggunakan Karbon Aktif Berbahan Baku Batubara di PT. Bukit Asam (persero). Tbk. Tanjung Enim, Sumatera Selatan; studi penyerapan logam Fe dan Mn, serta pengaruhnya terhadap pH. *SKRIPSI-2018*.
- Irawan, C., & Ain, M. I. M. (2018). Pengaruh pH Terhadap Adsorpsi Logam Fe Dengan Menggunakan Abu Layang Sebagai Adsorben. *Prosiding Snitt Poltekba*, 3(1), 288-291.
- Irawan, C. (2018). Pengaruh Konsentrasi Adsorbat Terhadap Efektivitas Penurunan Logam Fe dengan Menggunakan Fly Ash sebagai Adsorben. *Limbah Cangkang Kupang*.
- Jones, S. N., & Cetin, B. (2017). Evaluation Of Waste Materials For Acid Mine Drainage Remediation. *Fuel*, 188, 294-309.
- Kutchko, B. G., & Kim, A. G. (2006). *Fly ash characterization by SEM-EDS*. *Fuel*, 85(17–18), 2537–2544. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2006.05.016>
- Keputusan Menteri Lingkungan Hidup., (2003).
- Novia, Ummu Athiyah, Elfa Susanty., (2010). Pembakaran Batubara Untuk Mengadsorpsi Logam Besi (Fe). *Jurnal Universitas Sriwijaya*.
- Orakwue, E. O., Asokbunyarat, V., Rene, E. R., Lens, P. N. L., & Annachhatre, A. (2016). *Adsorption of Iron(II) from Acid Mine Drainage Contaminated Groundwater Using Coal Fly Ash, Coal Bottom Ash, and Bentonite Clay*. *Water, Air, and*



Soil Pollution, 227(3). <https://doi.org/10.1007/s11270-016-2772-8>

- Pérez-López, R., Nieto, J. M., & de Almodóvar, G. R. (2007). *Utilization of fly ash to improve the quality of the acid mine drainage generated by oxidation of a sulphide-rich mining waste: Column experiments. Chemosphere*, 67(8), 1637–1646. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2006.10.009>
- Philip, A., Marthin, M., Sumajouw, D. J., & Windah, R. S. (2015). Pengaruh Penambahan Abu Terbang (Fly Ash) Terhadap Kuat Tarik Belah Beton. *Jurnal Sipil Statik*, 3(11), 729–736.
- Plant, S. S. M. Aplikasi Berbagai Jenis Adsorben Pada Pengolahan Air Asam Tambang. *Ethos (Jurnal Penelitian dan Pengabdian Masyarakat)*, 249, 256.
- Prasad, B., & Mortimer, R. J. G. (2011). Treatment of acid mine drainage using fly ash zeolite. *Water, Air, and Soil Pollution*, 218(1–4), 667–679. <https://doi.org/10.1007/s11270-010-0676-6>
- Prasad, B., & Kumar, H. (2016). Treatment Of Acid Mine Drainage Using A Fly Ash Zeolite Column. *Mine Water and the Environment*, 35(4), 553.
- Pratama, H., Nursanto, E., & Ernawati, R. (2022). Efektivitas Kenaikan pH dan Penurunan Konsentrasi Logam Berat pada Air Asam Tambang Menggunakan Fly Ash Sisa Pembakaran Batubara PLTU. *Jurnal Ilmiah Lingkungan Kebumihan*, 4(1), 27-33.
- Rambe, S. A. A. (2020). Overview Perbandingan Teknologi Alternatif Aktif Dan Pasif Dalam Pengelolaan Air Asam Tambang. *ReTII*, 149-155.
- Said, N. I. (2014). Teknologi Pengolahan Air Asam Tambang Batubara "Alternatif Pemilihan Teknologi". *Jai*, 7(2), 119–138. Retrieved from <http://ejurnal.bppt.go.id/index.php/JAI/article/viewFile/2411/2022>
- Skousen, J. G., Ziemkiewicz, P. F., & McDonald, L. M. (2019, January 1). *Acid mine drainage formation, control and treatment: Approaches and strategies. Extractive Industries and Society*, Vol. 6, pp. 241–249. <https://doi.org/10.1016/j.exis.2018.09.008>
- Widi Astuti, Indah Nurul Izzati., (2015). Granulasi Abu Layang Batubara Menggunakan Karagenan dan Aplikasinya Sebagai Adsorben Pb(II). *Jurnal Bahan Alam Terbarukan (Semarang)*, 4(2), 55–60. <https://doi.org/10.15294/jbat.v4i2.4361>
- Widyati, E. (2009). Kajian Fitoremediasi Sebagai Salah Satu Upaya Menurunkan Akumulasi Logam Akibat Air Asam Tambang Pada Lahan Bekas Tambang Batubara. *Tekno Hutan Tanaman*, 67–75. Retrieved from http://www.fordamof.org/files/Tekno_HT_2.2.2009-3.Enny_Widyati.pdf