

PENGARUH UKURAN PARTIKEL, ZAT AKTIVATOR, WAKTU AKTIVASI DAN WAKTU KONTAK ADSORBEN FLY ASH UNTUK MENGURANGI KADAR KADMIUM (Cd) PADA AIR LINDI DI TEMPAT PEMBUANGAN AKHIR PURWOREJO, JAWA TENGAH

Effect of Particle Size, Activator Agent, Activation Time and Adsorption Time on the Ability of Fly Ash to Adsorb Cadmium (Cd) from Leachate in the Final Disposal Area (TPA) in Purworejo, Central Java

Rizqa Puspitarini¹⁾, Arinto Kurniawan SN¹⁾, Rukmini AR³⁾

^{1,2)}Teknik Lingkungan, Politeknik Muhammadiyah Magelang
Jalan Tentara Pelajar No. 12 Muntilan, Magelang, Yogyakarta

³⁾Pascasarjana Ilmu Lingkungan, Institut Teknologi Yogyakarta
Jalan Janti Km. 4 Gedongkuning Yogyakarta

¹⁾e-mail: rizqapuspitarini@gmail.com

ABSTRAK

Proses penimbunan sampah di daerah Tempat Pembuangan Akhir (TPA) menghasilkan pencemar berupa air lindi. Kadar pencemar yang terkandung dalam air lindi terutama kandungan logam berat dapat ditanggulangi dengan pemanfaatan limbah abu terbang batubara (fly ash) sebagai adsorben. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh ukuran partikel, zat aktivator dan waktu aktivasi dan waktu kontak yang efektif terhadap kinerja adsorben limbah abu terbang batubara (fly ash) untuk mengadsorpsi logam Kadmium (Cd) dalam air lindi. Tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini antara lain pencucian abu terbang, aktivasi fly ash, analisis logam berat pada air lindi sebelum penambahan fly ash, uji kapasitas adsorpsi fly ash. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa ukuran partikel 90 μm memiliki daya serap tinggi dalam menyerap logam kadmium dalam air lindi. NaOH merupakan zat aktivator yang paling efektif dalam meningkatkan kemampuan fly ash untuk mengadsorpsi Kadmium (Cd), dengan waktu aktivasi optimum 180 menit. Fly ash menunjukkan hasil optimum dalam mengadsorpsi Kadmium (Cd), dengan waktu kontak 90 menit. Dapat disimpulkan bahwa fly ash memberikan hasil optimal dalam menyerap kadmium dalam lindi pada perlakuan ukuran partikel 90 μm , zat aktivator NaOH 3M, waktu aktivasi 180 menit dan waktu kontak 90 menit.

Kata Kunci: fly ash, adsorben, lindi

ABSTRACT

The process of landfilling in the Final Disposal Area (TPA) produces pollutants leachate. Pollutant content contained in leachate especially heavy metal content can be removed by utilizing fly ash as an adsorbent. This research aims to study how the size of particle size, activator agent and activation time and adsorption time affect the performance of coal fly ash in adsorbing Cadmium (Cd) metal in leachate. The stages in this study included fly ash washing, activation fly ash, analyzing heavy metals in leachate before addition of fly ash, testing the adsorption capacity of fly ash adsorbents. Based on the results of the study, it can be concluded that the particle size of 90 μm has a high adsorption of fly ash in absorbing cadmium metal in leachate. Compared to the other activator agents being examined in this study, NaOH appeared to be the most effective activator agent in terms of improving the adsorption capacity of fly ash. The optimum activation time 180 minutes, NaOH 3M, activation time of 180 minutes and adsorption time 90 minutes.

Keywords: fly ash, adsorbent, leachate

PENDAHULUAN

Peningkatan jumlah penduduk seiring dengan aktivitas diberbagai sektor akan menyebabkan bertambahnya jenis dan kuantitas sampah. Kuantitas sampah yang berlebihan akan menyebabkan proses penimbunan sampah yang terus menerus. Proses penimbunan sampah di daerah Tempat Pembuangan Akhir (TPA) akan menghasilkan pencemar berupa air lindi (*leachate*). Unsur logam berat yang sering ditemukan dalam air lindi antara lain arsen, besi, kadmium, kromium, merkuri, nikel, seng, tembaga, dan timbal (Maramis *et al*, 2006).

Keberadaan logam kadmium dalam air lindi sangat berbahaya karena logam tersebut bersifat toksik. Logam kadmium dalam air lindi ini akan merembes ke dalam tanah yang akan menyebabkan air tanah menjadi tercemar. Jika logam ini merembes ke dalam tanah maka akan mencemari sumur-sumur penduduk (Nohong, 2010). Kadmium memiliki efek yang tidak baik untuk manusia dewasa, diantaranya menaikkan resiko terjadinya kanker payudara, penyakit kardiovaskular atau paru-paru, dan penyakit jantung. Efek lain yang menunjukkan toksisitas kadmium adalah kegagalan fungsi ginjal, encok, pembentukan arthritis, juga kerusakan tulang (Chen, 2009). Efek dalam tubuh pun beragam, mulai dari hipertensi sampai kanker (Watts, 1997).

Kadar pencemar yang terkandung dalam air lindi, termasuk kadmium, dapat diminimalisir melalui pengolahan dengan

menggunakan limbah abu terbang batubara (*fly ash*) sebagai adsorben. Hasil penelitian lain menunjukkan bahwa abu terbang dapat digunakan sebagai adsorben untuk penyisihan logam berat terutama timbal (Pb), nikel (Ni), kromium (Cr), tembaga (Cu), kadmium (Cd) dan merkuri (Hg) (Zulkifli, H, 2009).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh ukuran partikel, zat aktivator dan waktu aktivasi dan waktu kontak yang efektif terhadap kinerja adsorben limbah abu terbang batubara (*fly ash*) untuk mengadsorpsi logam Kadmium (Cd) dalam air lindi. Untuk optimasi *fly ash* sebagai bahan baru yang memiliki nilai manfaat, perlu dilakukan proses aktivasi fisis dan aktivasi kimia. Penelitian ini menggunakan proses aktivasi kimia dengan menggunakan asam sulfat (H_2SO_4), natrium hidroksida (NaOH) dan garam magnesium sulfat ($MgSO_4$) sebagai agen pengaktivasi. Waktu aktivasi divariasikan untuk mempelajari pengaruhnya terhadap kapasitas adsorpsi dari *fly ash*. Uji kapasitas adsorpsi dilakukan dengan mengontakkan langsung adsorben limbah abu terbang batubara (*fly ash*) dan air lindi dalam sistem adsorpsi *batch*. Pemanfaatan limbah abu terbang batubara (*fly ash*) ini diharapkan dapat menjadi media penyerapan logam berat kadmium dalam air lindi.

METODOLOGI PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu: Spektrometri Serapan Atom (SSA) , pipet mohr 5 mL; 10 mL; dan 20 mL, labu ukur 100 mL, labu ukur 250 mL, labu ukur 500 mL, refluks, thermometer, pH meter, pipet tetes, corong gelas, shaker, botol semprot, botol sampel, botol plastik, gelas ukur 100 mL, corong plastik, beaker glass 500 mL, timba plastik, erlenmeyer 250 mL, dan kertas saring.

Bahan-bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini antara lain abu terbang (*fly ash*) batubara, larutan H₂SO₄ pekat, kristal NaOH, kristal MgSO₄, larutan HNO₃ pekat 65 %, sampel air lindi yang diperoleh dari Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Jetis Kabupaten Purworejo, aquades,, larutan standar kadmium (Cd) 1000 ppm, dan *tissue*.

Prosedur Penelitian

Rancangan penelitian

Analisis logam berat pada air lindi setelah penambahan *fly ash* menggunakan parameter ukuran partikel, zat aktivator, waktu aktivasi dan waktu kontak dengan variasi setiap parameter yang dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Variasi Parameter pada Perlakuan Optimasi

No	Parameter	Variasi
1	Ukuran Partikel	90 μ , 300 μ , 710 μ
2	Zat Aktivator	H ₂ SO ₄ 2%, NaOH 3M, MgSO ₄ 0,3 M
3	Waktu Aktivasi	120, 180 menit
4	Waktu Kontak	60,90,120 menit

Pengambilan sampel air lindi

Pengambilan sampel air lindi menggunakan teknik random sampling. Sampel air lindi diambil 30 liter dimasukkan ke dalam jerigen plastik menggunakan corong plastik dan ditutup rapat. Sampel air lindi dihomogenkan agar menjadi tercampur menjadi satu.

Pencucian abu terbang batubara (*fly ash*)

Abu terbang batubara (*fly ash*) yang diambil dari PLTU Paiton, dicuci dengan aquades untuk menghilangkan kotoran-kotorannya, dikeringkan menggunakan sinar matahari. Padatan yang dihasilkan dihaluskan menggunakan mortar. Padatan yang telah halus dihomogenkan. Selanjutnya diayak dengan ayakan 24 mesh (710 μ), 48 mesh (300 μ) dan 170 mesh (90 μ) (Puspitarini,R. 2018)

Aktivasi *fly ash*

Limbah abu terbang batubara (*fly ash*) yang telah diayak menggunakan ayakan 90 μ , 300 μ dan 710 μ sebanyak 33,33 gr ditambahkan 100 ml zat aktivator larutan H₂SO₄ 2%, NaOH 3M dan MgSO₄ 0,3 M dalam labu alas bulat, direfluks pada suhu 60°C dengan variasi waktu aktivasi selama 120 menit dan 180 menit dengan bantuan stirrer magnetik. Abu terbang batubara (*fly ash*) hasil refluks disaring menggunakan kertas saring kemudian dicuci dengan aquades sampai pH filtrat pencucian netral. Abu terbang batubara (*fly ash*) dikeringkan menggunakan oven pada suhu 110°C selama 1 jam.

Analisis Logam Berat pada Air Lindi Sebelum Penambahan Fly Ash

Sampel air lindi masing-masing sebanyak 120 mL dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 mL, ditambah 5 mL asam nitrat (HNO₃) 65% p.a (Merck) sambil diaduk dengan shaker selama 15 menit agar tercampur sempurna. Larutan disaring dengan kertas saring dan diukur absorbansi masing-masing logam berat menggunakan spektrofotometer AAS.

Uji Kapasitas Adsorpsi

Uji kapasitas adsorpsi dilakukan dengan mengontakkan langsung adsorben *fly ash* dan air lindi dalam sistem adsorpsi *batch*. Limbah abu terbang batubara (*fly ash*) yang telah diaktivasi dengan variasi zat aktivator dan waktu aktivasi diambil 0,5 gram ditambahkan 50 mL air lindi pada erlenmeyer 250 mL. Erlenmeyer tersebut dimasukkan ke dalam shaker dengan kecepatan konstan 120 rpm selama waktu kontak 60 menit, 90 menit dan 120 menit.. Air lindi dan *fly ash* dipisahkan dengan filtrasi. Filtrat ditambahkan 2,5 mL asam nitrat (HNO₃) 65% p.a (Merck) sambil diaduk dengan shaker selama 15 menit agar tercampur sempurna. Larutan sampel disaring dengan kertas saring dan diukur absorbansi masing-masing logam berat menggunakan spektrofotometer AAS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Aktivator H₂SO₄ 2% dan Waktu Kontak 60 menit

Kadar logam berat Kadmium (Cd) pada air lindi yang diserap oleh *fly ash* pada

perlakuan aktivator H₂SO₄ 2% ,waktu aktivasi (120 menit dan 180 menit) dan waktu kontak 60 menit tertera pada Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Kadar logam berat Kadmium (Cd) Air Lindi yang Diserap oleh *Fly ash* pada Perlakuan Aktivator H₂SO₄ 2% Waktu Kontak 60 menit

Ukuran Partikel (μ)	Waktu Aktivasi (menit)	Waktu Kontak (menit)	Kadar Logam Berat Cd (ppm)
90	120	60	0,0083
	180	60	0,0109
300	120	60	0,0069
	180	60	0,0072
710	120	60	0,0061
	180	60	0,0066

Penyerapan *fly ash* terhadap logam Kadmium (Cd) efektif pada ukuran partikel 90 μ dengan aktivator H₂SO₄ 2% pada waktu aktivasi 180 menit sebesar 0,0109. Lama waktu aktivasi dari 120 menit sampai 180 menit menunjukkan bahwa kadar logam berat Kadmium (Cd) yang diserap oleh *fly ash* semakin tinggi. Dari kondisi tersebut terjadi peningkatan kadar Kadmium (Cd) oleh *fly ash* seiring dengan bertambahnya waktu aktivasi. Waktu aktivasi yang optimum menyebabkan terjadinya pergerakan partikel *fly ash* yang menjadi efektif sehingga adsorben dapat menyerap adsorben lebih banyak.

Aktivator H₂SO₄ 2%, dan Waktu Kontak 90 menit

Kadar logam berat Kadmium (Cd) pada air lindi yang diserap oleh *fly ash* pada perlakuan aktivator H₂SO₄ 2%, waktu aktivasi (120 menit dan 180 menit) dan waktu kontak 90 menit sebagai tertera pada Tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3. Kadar Logam Berat Kadmium (Cd) yang Diserap oleh *Fly ash* pada Perlakuan Aktivator H₂SO₄ 2% Waktu Kontak 90 menit

Ukuran Partikel (μ)	Waktu Aktivasi (menit)	Waktu Kontak (menit)	Kadar Logam Berat Cd (ppm)
90	120	90	0,01136
	180	90	0,01141
300	120	90	0,0107
	180	90	0,0109
710	120	90	0,0093
	180	90	0,0107

Penyerapan *fly ash* terhadap logam Kadmium (Cd) efektif pada ukuran partikel 90 μ dengan aktivator H₂SO₄ 2% pada waktu aktivasi 180 menit sebesar 0,01141 ppm. Lama waktu aktivasi dari 120 menit sampai 180 menit menunjukkan bahwa kadar logam berat Kadmium (Cd) yang diserap oleh *fly ash* semakin tinggi.

Aktivator H₂SO₄ 2% dan Waktu Kontak 120 menit

Kadar logam berat Kadmium (Cd) pada air lindi oleh *fly ash* pada perlakuan aktivator H₂SO₄ 2%, waktu aktivasi (120 menit dan 180 menit) dan waktu kontak 120 menit tertera pada Tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4. Kadar Logam Berat Kadmium (Cd) yang Diserap oleh *Fly Ash* dengan Aktivator H₂SO₄ 2% Waktu Kontak 120 menit

Ukuran Partikel (μ)	Waktu Aktivasi (menit)	Waktu Kontak (menit)	Kadar Logam Berat Cd (ppm)
90	120	60	0,0096
	180	60	0,0109
300	120	60	0,0091
	180	60	0,0095
710	120	60	0,0073
	180	60	0,0089

Penyerapan *fly ash* terhadap logam Kadmium (Cd) efektif pada ukuran partikel 90 μ pada waktu aktivasi 180 menit sebesar

0,0109 ppm. Perlakuan ukuran partikel 90 μ pada waktu aktivasi 180 menit menghasilkan penyerapan efektif dalam menurunkan kadar Kadmium (Cd) pada air lindi. Lama waktu aktivasi dari 120 menit sampai 180 menit menunjukkan bahwa kadar logam berat Kadmium (Cd) yang diserap oleh *fly ash* semakin tinggi.

Aktivator NaOH 3M dan Waktu Kontak 60 menit

Kadar logam berat Kadmium (Cd) pada air lindi oleh *fly ash* pada perlakuan aktivator NaOH 3M, waktu aktivasi (120 menit dan 180 menit) dan waktu kontak 60 menit tertera pada Tabel 5 di bawah ini.

Tabel 5. Kadar Logam Berat Kadmium (Cd) yang Diserap *Fly Ash* pada Perlakuan Aktivator NaOH 3M Waktu Kontak 60 menit

Ukuran Partikel (μ)	Waktu Aktivasi (menit)	Waktu Kontak (menit)	Kadar Logam Berat Cd (ppm)
90	120	60	0,0113
	180	60	0,0113
300	120	60	0,0106
	180	60	0,0109
710	120	60	0,0072
	180	60	0,0106

Penyerapan *fly ash* terhadap logam Kadmium (Cd) efektif pada ukuran partikel 90 μ dengan aktivator NaOH 3M pada waktu aktivasi 120 dan 180 menit sebesar 0,0113 ppm. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa daya serap *fly ash* dengan ukuran partikel 90 μ dan 300 μ terhadap kadmium tidak dipengaruhi oleh waktu aktivasi.

Aktivator NaOH 3M dan Waktu Kontak 90 menit

Kadar logam berat Kadmium (Cd) pada air lindi oleh *fly ash* pada perlakuan aktivator NaOH 3M, waktu aktivasi (120 menit dan 180 menit) dan waktu kontak 90 menit tertera pada Tabel 6 di bawah ini.

Tabel 6. Kadar Logam Berat Kadmium (Cd) yang diserap *Fly Ash* pada Perlakuan Aktivator NaOH 3M Waktu Kontak 90 menit

Ukuran Partikel (μ)	Waktu Aktivasi (menit)	Waktu Kontak (menit)	Kadar Logam Berat Cd (ppm)
90	120	90	0,01145
	180	90	0,0115
300	120	90	0,01136
	180	90	0,01141
710	120	90	0,0100
	180	90	0,0102

Penyerapan *fly ash* terhadap logam Kadmium (Cd) efektif pada ukuran partikel 90 μ dengan aktivator NaOH 3M pada waktu aktivasi 180 menit sebesar 0,0115 ppm. Lama waktu aktivasi dari 120 menit sampai 180 menit menunjukkan kadar logam berat Kadmium (Cd) yang diserap oleh *fly ash* sama semakin tinggi.

Aktivator NaOH 3M dan Waktu Kontak 120 menit

Kadar berat Kadmium (Cd) pada air lindi yang diserap oleh *fly ash* pada perlakuan aktivator NaOH 3M, waktu aktivasi (120 menit dan 180 menit) dan waktu kontak 10 menit sebagai berikut. tertera pada Tabel 7 di bawah ini.

Tabel 7. Kadar Logam Berat Kadmium (Cd) yang Diserap *Fly Ash* pada Perlakuan Aktivator NaOH 3M Waktu Kontak 120 menit

Ukuran Partikel (μ)	Waktu Aktivasi (menit)	Waktu Kontak (menit)	Daya Serap Logam Cd (ppm)
90	120	60	0,0093
	180	60	0,0103
300	120	60	0,0089
	180	60	0,0092
710	120	60	0,0075
	180	60	0,0088

Penyerapan *fly ash* terhadap logam Kadmium (Cd) efektif pada ukuran partikel 90 μ dengan aktivator NaOH 3M pada waktu aktivasi 180 menit sebesar 0,0103 ppm. Lama waktu aktivasi dari 120 menit sampai 180 menit menunjukkan bahwa kadar logam berat Kadmium (Cd) yang diserap oleh *fly ash* semakin tinggi.

Aktivator MgSO₄ 0,3M dan Waktu Kontak 60 menit

Kadar logam berat Kadmium (Cd) pada air lindi oleh *fly ash* pada perlakuan aktivator MgSO₄ 0,3M, waktu aktivasi (120 menit dan 180 menit) dan waktu kontak 60 menit tertera pada Tabel 8 di bawah ini.

Tabel 8. Kadar Logam Berat Kadmium (Cd) yang diserap *Fly Ash* pada Perlakuan Aktivator MgSO₄ 0,3 M Waktu Kontak 60 menit

Ukuran Partikel (μ)	Waktu Aktivasi (menit)	Waktu Kontak (menit)	Daya Serap Logam Cd (ppm)
90	120	60	0,01145
	180	60	0,01145
300	120	60	0,0103
	180	60	0,0111
710	120	60	0,0077
	180	60	0,0095

Penyerapan *fly ash* terhadap logam Kadmium (Cd) efektif pada ukuran partikel 90 μ dengan aktivator $MgSO_4$ 0,3M pada waktu aktivasi 120 menit dan 180 menit sebesar 0,01145. Lama waktu aktivasi dari 120 menit sampai 180 menit menunjukkan bahwa daya serap logam berat Kadmium (Cd) yang diserap oleh *fly ash* sama pada perlakuan waktu aktivasi.

Aktivator $MgSO_4$ 0,3M dan Waktu Kontak 90 menit

Kadar logam berat Kadmium (Cd) pada air lindi oleh *fly ash* pada perlakuan aktivator $MgSO_4$ 0,3M, waktu aktivasi (120 menit dan 180 menit) dan waktu kontak 90 menit tertera pada Tabel 9 di bawah ini.

Tabel 9. Kadar Logam Berat Kadmium (Cd) yang diserap *Fly Ash* pada Perlakuan Aktivator $MgSO_4$ 0,3 M Waktu Kontak 90 menit

Ukuran Partikel (μ)	Waktu Aktivasi (menit)	Waktu Kontak (menit)	Kadar Logam Berat Cd (ppm)
90	120	90	0,0109
	180	90	0,0110
300	120	90	0,0107
	180	90	0,01085
710	120	90	0,0080
	180	90	0,0103

Penyerapan *fly ash* terhadap logam Kadmium (Cd) efektif pada ukuran partikel 90 μ dengan aktivator $MgSO_4$ 0,3M pada waktu aktivasi 180 menit sebesar 0,0110 ppm. Lama waktu aktivasi dari 120 menit sampai 180 menit menunjukkan bahwa kadar logam berat Kadmium (Cd) yang diserap oleh *fly ash* semakin tinggi.

Aktivator $MgSO_4$ 0,3M dan Waktu Kontak 120 menit

Kadar logam berat Timbal (Pb) pada air lindi oleh *fly ash* pada perlakuan aktivator $MgSO_4$ 0,3M, waktu aktivasi (120 menit dan 180 menit) dan waktu serap 120 menit tertera pada Tabel 10 di bawah ini.

Tabel 10. Kadar Logam Berat Kadmium (Cd) yang Diserap *Fly Ash* pada Perlakuan Aktivator $MgSO_4$ 0,3 M Waktu Kontak 120 menit

Ukuran Partikel (μ)	Waktu Aktivasi (menit)	Waktu Kontak (menit)	Kadar Logam Berat Cd (ppm)
90	120	120	0,00725
	180	120	0,0073
300	120	120	0,0080
	180	120	0,0097
710	120	120	0,0065
	180	120	0,0072

Penyerapan *fly ash* terhadap logam Kadmium (Cd) efektif pada ukuran partikel 300 μ dengan aktivator $MgSO_4$ 0,3M pada waktu aktivasi 180 menit sebesar 0,0097ppm. Lama waktu aktivasi dari 120 menit sampai 180 menit menunjukkan bahwa kadar logam berat Kadmium (Cd) yang diserap oleh *fly ash* semakin tinggi.

Pembahasan

Ukuran partikel

Ukuran partikel yang semakin kecil akan meningkatkan penyerapan logam berat pada air lindi. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat diketahui bahwa dengan semakin kecil ukuran partikel penyerapan adsorben *fly ash* yang efektif dalam air lindi. Ukuran partikel 90 μ memiliki kadar logam berat Kadmium (Cd) yang diserap oleh *fly ash* semakin tinggi dalam air

lindi. Hal ini disebabkan karena material yang memiliki diameter yang lebih kecil mempunyai tingkat penyerapan yang lebih besar. Hal ini terkait dengan luas permukaan adsorben yang tersedia untuk dapat berinteraksi dengan substansi yang terdapat dalam larutan. Menurut penelitian Afrianita, 2013 menyatakan bahwa penyerapan dari material yang memiliki ukuran partikel yang lebih kecil dapat mengabsorpsi substansi lebih banyak bila dibandingkan dengan partikel yang berukuran lebih besar.

Zat aktivator

Perlakuan aktivasi dengan menggunakan larutan asam sulfat (H_2SO_4) dapat melarutkan pengotor pada material *fly ash* sehingga pori-pori menjadi lebih terbuka akibatnya luas permukaan spesifik porinya menjadi meningkat. Selain itu, situs aktifnya juga mengalami peningkatan karena situs yang tersembunyi menjadi terbuka dan kemungkinan juga akan memunculkan situs aktif baru akibat reaksi pelarutan. Berdasarkan hasil penelitian ini yang memiliki kadar logam kadmium (Cd) optimum yang diserap *fly ash* dengan menggunakan zat aktivator H_2SO_4 2% pada ukuran partikel 90 μ , waktu aktivasi 180 menit dan waktu serap 90 menit sebesar 0,01141 ppm .

Penelitian mengenai aktivasi abu layang batubara dan aplikasinya sebagai adsorben timbal dalam pengolahan limbah elektroplating yang dilakukan oleh (Astuti dan Mahatmanti, 2013) menghasilkan perlakuan dengan NaOH 3M akan menurunkan tingkat kristalinitas abu layang. Abu layang yang

semakin amorf ini (tingkat kristalinitasnya rendah) mempunyai kemampuan adsorpsi Pb yang semakin tinggi. Berdasarkan hasil penelitian ini yang memiliki kadar logam berat Kadmium (Cd) yang diserap oleh *fly ash* optimum dengan menggunakan zat aktivator NaOH 3M pada ukuran partikel 90 μ , waktu aktivasi 180 menit dan waktu serap 90 menit sebesar 0,0115 ppm.

Proses penyerapan dipengaruhi oleh bahan yang dipakai dan mempunyai kemampuan berbeda-beda, tergantung dari bahan asalnya dan metode aktivasi yang digunakan. Mekanisme penyerapan *fly ash* disebabkan adanya gaya tarik menarik antar molekul apabila zat tersebut saling kontak. Adsorpsi akan terjadi apabila gaya tarik menarik antar molekul pada zat berbeda. Karena *fly ash* mempunyai unsur dominan polimer dari alumina silikat, sehingga sifat jerapnya seperti mineral-mineral lokal lainnya (Budiyono & Prayitno, 2001). Larutan garam hanya akan melarutkan sebagian pengotor yg bisa larut dalam air, karena larutan garam sampai pada konsentrasi tertentu mampu meningkatkan kelarutan garam lainnya. Selain itu bisa terjadi pertukaran ion dengan Mg dan selanjutnya ketika digunakan untuk adsorpsi, Mg akan digantikan oleh Cd. Berdasarkan hasil penelitian ini yang memiliki kadar logam berat Kadmium (Cd) yang diserap oleh *fly ash* optimum dengan menggunakan zat aktivator $MgSO_4$ 0,3M pada ukuran partikel 90 μ , waktu aktivasi 120 dan 180 menit dan waktu serap 60 menit sebesar 0,01145 ppm.

Berdasarkan hasil penelitian dengan menggunakan 3 aktivator (H_2SO_4 2%, NaOH 3M dan MgSO_4 0,3 M) dapat dikatakan bahwa zat aktivator NaOH yang memiliki daya serap tinggi dalam menyerap logam kadmium pada air lindi.

Waktu aktivasi

Lama waktu aktivasi 120 menit dan 180 menit menunjukkan bahwa banyaknya logam berat Kadmium (Cd) yang diserap oleh *fly ash* semakin tinggi. Hal ini disebabkan karena pada waktu aktivasi 180 menit struktur pori *fly ash* menjadi sangat terbuka dan memiliki luas permukaan yang besar yang mampu mengadsorpsi logam berat Kadmium (Cd). Waktu aktivasi yang optimum menyebabkan pergerakan partikel yang ada menjadi efektif sehingga adsorben dapat menyerap adsorbat yang lebih banyak. Berdasarkan hasil penelitian ini waktu aktivasi optimum terjadi pada waktu 180 menit.

Waktu kontak

Waktu kontak adalah lamanya waktu yang dibutuhkan untuk berinteraksi pada proses adsorpsi antara *fly ash* sebagai adsorben dan air lindi sebagai adsorbat. Adsorben dan adsorbat saat dikontakkan dengan waktu kontak 60 menit, 90 menit, dan 120 menit maka akan terjadi proses difusi dan penempelan molekul adsorbat. Karena target utamanya adalah logam yang berbentuk ion (kation) maka interaksinya spesifik pada interaksi antarmuatan. Penempelan ion logam pada adsorben yang bermuatan itu interaksinya spesifik

disebabkan oleh antraksi muatan. Adsorben yang telah diaktifkan maka akan terjadi penempelan ion logam pada adsorben sehingga kation-kation terikat pada situs aktif yang bermuatan negatif karena disebabkan oleh interaksi antraksi muatan. Adsorpsi secara terjadi elektrostatis dan terdeprotonasi (*deprotonated*) permukaan hidrosil dari situs pendukung oksida yang berisi ion aktif. Kation terserap pada permukaan pendukung adsorben atau bagian difusi dari lapisan ganda (*double layer*) (Vordonis *et al*, 1992). Berdasarkan hasil penelitian bahwa waktu kontak 90 menit memiliki daya serap yang tinggi dalam menyerap logam kadmium pada air lindi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat diambil kesimpulan bahwa *fly ash* dengan ukuran partikel 90 μ memiliki daya serap yang paling tinggi untuk menyerap logam kadmium dalam air lindi. Dibandingkan dengan H_2SO_4 2% dan MgSO_4 0,3 M, NaOH 3 M merupakan zat aktivator yang memberikan hasil paling baik dengan waktu aktivasi optimum pada 180 menit.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrianita, R., Dewilda, Y. and Fitri, R., 2013. Efisiensi dan Kapasitas Penyerapan FLY ASH Sebagai Adsorben dalam Penyisihan Logam Timbal (Pb) Limbah Cair Industri Percetakan di Kota Padang. *Jurnal Teknik Lingkungan UNAND*, 10(1), pp.1-10.

- Astuti, W. and Maharani, W., 2010. Aktivasi Abu Layang Batubara dan Aplikasinya sebagai Adsorben Timbal dalam Pengolahan Limbah Elektroplating. *Saintekno: Jurnal Sains dan Teknologi*, 8(2).
- Budiyono, M.E dan Prayitno. 2011. *Kajian Pengaruh Penambahan $MgSO_4$ pada Abu Layang untuk Penjerapan Limbah Radioaktif Cair Simulasi yang Mengandung Uranium dan Thorium*. Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir: 307-313
- Chen, Dr., Klassen, C.D., 2009. Cadmium Toxicity. *Environmental Health Perspective*. Dec. 2009.
- Maramis, A.A., Kristijanto, A.I. and Notoedarmo, S., 2006. Sebaran Logam Berat dan Hubungannya dengan Faktor Fisiko-Kimiawi di Sungai Kreo, Dekat Buangan Air Lindi TPA Jatibarang, Kota Semarang. *Akta Kimindo*, 1(2), pp.93-98.
- Nohong, 2010. Pemanfaatan Limbah Tahu Sebagai Bahan Penyerap Logam Krom, Kadmium dan Besi Dalam Air Lindi TPA, *Jurnal Pembelajaran Sains*. 6(2), pp. 257- 269
- Puspitarini, R., SN, A.K. and Winarno, H., 2018. Pengaruh Ukuran Partikel, Zat Aktivator, Waktu Aktivasi dan Waktu Serap Adsorben Fly Ash untuk Mendegradasi Logam Timbal (Pb) pada Air Lindi. *Proceeding of The URECOL*, pp.75-86.
- Vordonis, L., Spanos, N., Koutsoukos, P.G and Lycourghiotis, A. 1992. *Mechanism of Adsorption of Co^{2+} and Ni^{2+} Ions on the Pure and Fluorinated γ -Alumina/Electrolyte Solution Interface*. Greece: Department of Chemistry and the Research Institute of Chemical Engineering and Chemical Processes at High Temperatures, University Campus, GR-26110 Patras, Greece
- Watts, R.J. 1997. *Hazardous Waste: Sources, Pathways, Receptors*. New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Zulkifli, H., 2009. Pemanfaatan Limbah Padat (fly ash) untuk Mencegah Cemar Mikrobiologis dan Kimiawi Sampah Kota pada Ekosistem Rawa. *Majalah Ilmiah Biologi BIOSFERA: A Scientific Journal*, 26(2), pp.65-70.