

Pengaruh Ukuran Partikel, Zat Aktivator, Waktu Aktivasi Dan Waktu Serap Adsorben *Fly Ash* Untuk Mendegradasi Logam Timbal (Pb) Pada Air Lindi

Rizqa Puspitarini^{1*}, Arinto Kurniawan SN^{1*}, Hesti Winarno^{1*}

¹Program Studi Teknik Lingkungan, Politeknik Muhammadiyah Magelang

*Email: rizqa@pmm.ac.id

Abstrak

Keywords:
Fly ash; Timbal; adsorben

Proses penimbunan sampah secara terus-menerus di daerah Tempat Pembuangan Akhir (TPA) menghasilkan pencemar berupa air lindi (leachate). Kadar pencemar yang terkandung dalam air lindi terutama kandungan logam berat dapat dilakukan dengan pemanfaatan limbah abu terbang batubara (fly ash) sebagai adsorben. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui besarnya ukuran partikel, zat aktivator dan waktu aktivasi dan waktu penyerapan yang efektif terhadap kinerja adsorben limbah abu terbang batubara (fly ash) untuk mendegradasi logam berat Timbal (Pb) dalam air lindi. Metode yang dilakukan dalam penelitian ini antara lain pencucian abu terbang, pembuatan zat aktivator, aktivasi dengan penambahan zat aktivator, pembuatan larutan standar, analisis logam berat pada air lindi sebelum penambahan fly ash, uji kapasitas adsorben fly ash. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemanfaatan fly ash mampu mendegradasi logam berat pada air lindi TPA. Daya serap optimum logam Timbal (Pb) terhadap fly ash pada aktivator H₂SO₄ 2% diperoleh pada ukuran partikel 90μ, waktu aktivasi 180 menit dan waktu serap 120 menit. Daya serap optimum Daya serap optimum logam Timbal (Pb) terhadap fly ash pada perlakuan zat aktivator H₂SO₄ 2% dan NaOH 3M dengan ukuran partikel 90μ, waktu aktivasi 180 menit dan waktu serap 120 menit.

1. PENDAHULUAN

Proses penimbunan sampah secara terus-menerus di daerah Tempat Pembuangan Akhir (TPA) menghasilkan pencemar berupa air lindi (*leachate*) sebagai hasil infiltrasi air hujan yang masuk ke dalam timbunan sampah. Lindi mengandung zat berbahaya jika berasal dari sampah yang tercampur dengan sampah B3. Pengolahan lindi yang tidak optimal akan mencemari air tanah, air sungai hingga air laut. Air lindi pada umumnya mengandung senyawa-senyawa organik (hidrokarbon, asam humat, fulfat, tanat dan galat) dan anorganik (natrium, kalium, kalsium, magnesium, klor, sulfat, fosfat, fenol, nitrogen dan senyawa logam berat) yang tinggi (Parsons, 2002 dalam Maramis *et al*, 2006). Unsur logam berat yang sering ditemukan dalam air lindi yaitu arsen, besi, kadmium, kromium, merkuri, nikel, seng, tembaga, dan timbal (Maramis *et al*, 2006).

Pencemaran lindi akan berkurang dan hilang diperlukan suatu upaya remediasi sebelum mencapai air tanah, salah satunya dengan memasang lapisan yang mampu menyaring air lindi dan mengurangi kadar pencemar (Diah, N dan Mardiyanto, M.A, 2013). Kadar pencemar yang terkandung dalam air lindi terutama kandungan logam berat dapat dilakukan dengan pemanfaatan limbah abu terbang batubara (*fly ash*) sebagai adsorben.

Limbah abu terbang (*fly ash*) ini dapat digunakan sebagai adsorben untuk menyisihkan COD pada limbah cair domestik, penyisihan ion logam berat pada limbah cair, adsorben limbah batik, adsorben untuk gas CO₂, SO_x, NO_x, merkuri (Hg), dan gas-gas organik. Berdasarkan hasil penelitian juga 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).

Berdasarkan uraian diatas maka perlu dilakukan penelitian pemanfaatan limbah abu terbang batubara sebagai adsorben untuk mendegradasi logam berat pada air lindi di TPA Jetis Kabupaten Purworejo. Pengolahan kembali *fly ash* sebagai bahan baru yang memiliki nilai manfaat, maka dilakukan proses aktivasi fisis dan aktivasi kimia. Penelitian ini menggunakan proses aktivasi kimia yang dilakukan dengan pencampuran antara limbah abu terbang batubara (*fly ash*) dengan larutan asam, basa ataupun garam. Penggunaan variasi zat aktivator berupa larutan asam sulfat (H_2SO_4), natrium hidroksida (NaOH) dan garam magnesium sulfat ($MgSO_4$) serta variasi waktu aktivasi untuk meningkatkan kapasitas adsorpsi. Pemakaian zat aktivator berupa larutan asam, basa dan garam tujuannya memperbesar luas permukaan adsorben sehingga pori-porinya semakin membesar (Mufrodi *et al*, 2008) Uji kapasitas adsorpsi ini dilakukan dengan mengontakkan langsung adsorben limbah abu terbang batubara (*fly ash*) dan air lindi dalam sistem adsorpsi *batch*. Air lindi ini digunakan sebagai media untuk menguji efektivitas limbah abu terbang batubara (*fly ash*) sebagai adsorben dalam mereduksi logam berat.

2. METODE

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu (LPPT) Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. Pengambilan sampel air lindi dilakukan di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Jetis Kabupaten Purworejo. Pengambilan sampel abu terbang batubara dilakukan di PLTU Paiton Kabupaten Probolinggo.

Alat dan Bahan Penelitian

Alat Penelitian

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, kompas, 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 Penelitian

Bahan-bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini antara lain abu terbang (*fly ash*) batubara, larutan H_2SO_4 pekat, kristal NaOH, kristal $MgSO_4$, larutan HNO_3 pekat 65 %, sampel air lindi di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Jetis Kabupaten Purworejo, aquades, larutan standar timbal (Pb) 1000 ppm, dan *tissue*.

Variabel Penelitian

Variabel penelitian ini sebagai meliputi :

1. Ukuran partikel
2. Zat aktivator
3. Waktu aktivasi
4. Waktu kontak

Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian yang dilakukan antara lain pencucian abu terbang, pembuatan zat aktivator, aktivasi dengan penambahan zat aktivator, pembuatan larutan Standar, analisis logam berat pada air lindi sebelum penambahan *fly ash*, uji kapasitas adsorben *fly ash*. Analisis logam berat pada air lindi setelah penambahan *fly ash* menggunakan parameter ukuran partikel, zat aktivator, waktu aktivasi dan waktu penyerapan dengan variasi setiap parameter yang dapat dilihat pada tabel 1 dibawah 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 Penyerapan	60,90,120 menit

Pengambilan Sampel Air Lindi

Pengambilan sampel air lindi menggunakan teknik random sampling dimana pengambilan sampel secara acak. Pengambilan sampel dilakukan secara *grab sampel* (sampel sesaat) yang berarti sampel yang diambil secara langsung dari badan air yang sedang dipantau. Sampel air lindi diambil 30 liter dimasukkan ke dalam jurigen plastik menggunakan corong plastik dan ditutup rapat. Sampel air lindi dihomogenkan agar menjadi tercampur menjadi satu. Sampel air lindi diambil sebanyak 10 liter dimasukkan ke dalam jurigen sebanyak 3 jurigen. Jurigen yang berisi sampel air lindi diberi kode agar tidak tertukar antara satu dengan yang lain (Junita, L.N, 2013).

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).

Aktivasi dengan Penambahan Larutan Asam Sulfat (H₂SO₄)

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 konsentrasi 2% 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 akuades sampai pH filtrat pencucian netral. Abu terbang batubara (*fly ash*) dikeringkan menggunakan oven pada suhu 110°C selama 1 jam (Lestari, Y.T. 2013).

Aktivasi dengan Penambahan Larutan Natrium Hidroksida (NaOH)

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 NaOH konsentrasi 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 akuades sampai pH filtrat pencucian netral. Abu terbang batubara (*fly ash*) dikeringkan menggunakan oven pada suhu 110°C selama 1 jam.

Aktivasi dengan Penambahan Larutan Magnesium Sulfat (MgSO₄)

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 MgSO₄ konsentrasi 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 akuades sampai pH filtrat pencucian netral. Abu terbang batubara (*fly ash*) dikeringkan menggunakan oven pada suhu 110°C selama 1 jam.

Pembuatan Larutan Standar Timbal (Pb)

Larutan standar timbal (Pb) 10 ppm dibuat dengan cara memipet 2,5 mL larutan standar timbal (Pb) 1000 ppm p.a (Merck) ke dalam labu ukur 250 mL dan diencerkan dengan aquades sampai tanda batas. Larutan standar timbal 10 ppm diambil 10 mL, 20 mL, 30 mL, 40 mL, dan 50 mL. Larutan standar timbal 10 ppm dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL dan masing-masing larutan diencerkan dengan aquades sampai tanda batas, sehingga akan diperoleh larutan standar timbal (Pb) dengan konsentrasi 1 ppm; 2 ppm; 3 ppm; 4 ppm; dan 5 ppm.

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 sampel dimasukkan ke dalam botol sampel. Botol sampel diberi kode agar tidak tertukar antara satu dengan yang lain. diukur absorbansi masing-masing logam berat menggunakan spektrofotometer AAS.

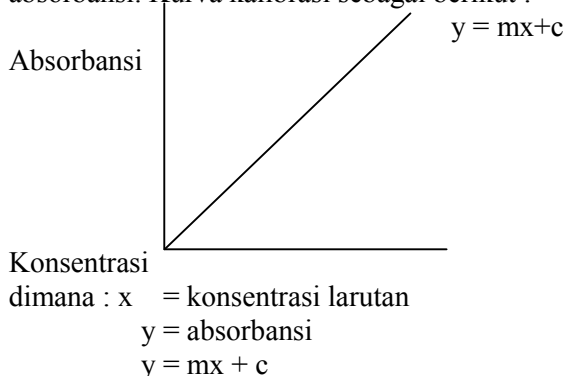
Uji Kapasitas Adsorpsi

Uji kapasitas adsorpsi ini 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 sebanyak 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 sampel dimasukkan ke dalam botol sampel. Botol sampel diberi kode agar tidak tertukar antara satu dengan yang lain, diukur absorbansi masing-masing logam berat menggunakan spektrofotometer AAS. Selanjutnya dioptimasi sampai mendapatkan titik maksimum penyerapan oleh *fly ash*.

Analisis Data

Pembuatan Kurva Kalibrasi Larutan Standar Timbal (Pb)

Larutan standar timbal (Pb) dengan konsentrasi 0 ppm; 1 ppm; 2 ppm; 3 ppm; 4 ppm; dan 5 ppm diukur absorbansi menggunakan spektrometri serapan atom serta dibuat kurva kalibrasi dengan sumbu x sebagai konsentrasi larutan standar dan sumbu y sebagai absorbansi. Kurva kalibrasi sebagai berikut :



Gambar 1. Kurva Kalibrasi Larutan Standar Timbal (Pb)

Penentuan Konsentrasi Larutan Sampel Logam Berat

Penentuan konsentrasi larutan sampel logam berat dengan menggunakan persamaan regresi yang telah diperoleh dari kurva kalibrasi larutan standar. Konsentrasi larutan sampel

logam berat dapat ditentukan dengan mensubstitusikan nilai absorbansi sampel pada persamaan regresi yang diperoleh dari kurva kalibrasi. Adapun persamaannya sebagai berikut :

$$y = mx + c$$

$$x = \frac{y - c}{m}$$

dimana y = absorbansi sampel
 x = konsentrasi sampel logam berat

Penentuan Daya Serap Logam Berat terhadap Adsorben *Fly Ash*

Penentuan daya serap logam berat Timbal (Pb) terhadap adsorben *fly ash* dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

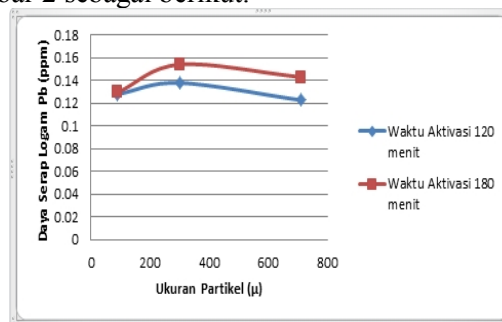
Kadar logam yang diserap = $S_0 - S_n$

Dimana S_0 : kadar logam berat sebelum penambahan *fly ash*
 S_n : kadar logam berat setelah penambahan *fly ash*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Ukuran Partikel H₂SO₄ 2%, Waktu Aktivasi (120 menit dan 180 menit) dan Waktu Serap 60 menit untuk Logam Timbal (Pb)

Daya serap logam berat Timbal (Pb) pada air lindi oleh *fly ash* pada perlakuan aktivator H₂SO₄ 2% ,waktu aktivasi (120 menit dan 180 menit) dan waktu serap 60 menit tertera gambar 2 sebagai berikut.

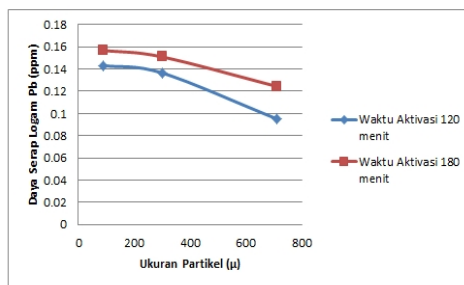


Gambar 2. Daya Serap Logam Timbal (Pb) dengan Aktivator H₂SO₄ 2% Waktu Serap 60 menit

Penyerapan *fly ash* terhadap logam Timbal (Pb) efektif pada ukuran partikel 300 µ dengan aktivator H₂SO₄ 2% pada waktu aktivasi 180 menit sebesar 0,1542 ppm. Hal ini menunjukkan kondisi ideal bagi adsorben *fly ash* untuk menyerap adsorbat. Lama waktu aktivasi dari 120 menit sampai 180 menit menunjukkan bahwa daya serap logam berat Timbal (Pb) yang diserap oleh *fly ash* semakin tinggi. Waktu aktivasi selama 180 struktur pori *fly ash* menjadi sangat terbuka dan memiliki luas permukaan yang besar yang mampu mengadsorpsi logam berat Timbal (Pb).

3.2 Ukuran Partikel H₂SO₄ 2%, Waktu Aktivasi (120 menit dan 180 menit) dan Waktu Serap 90 menit untuk Logam Timbal (Pb)

Daya serap logam berat Timbal (Pb) pada air lindi oleh *fly ash* pada perlakuan aktivator H₂SO₄ 2% ,waktu aktivasi (120 menit dan 180 menit) dan waktu serap 90 menit tertera pada gambar 3 sebagai berikut.

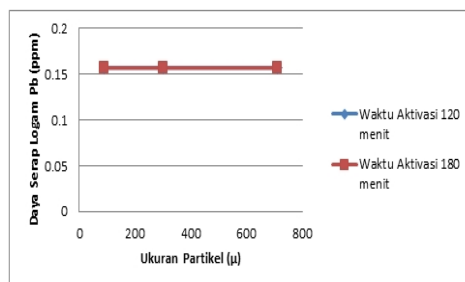


Gambar 3. Daya Serap Logam Timbal (Pb) dengan Aktivator H₂SO₄ 2% Waktu Serap 90 menit

Penyerapan *fly ash* terhadap logam Timbal (Pb) efektif pada ukuran partikel 90 µ dengan aktivator H₂SO₄ 2% pada waktu aktivasi 180 menit sebesar 0,1568 ppm. Semakin kecil ukuran partikel maka penyerapan logam Timbal (Pb) oleh *fly ash* semakin besar. Hal ini disebabkan karena bertambahnya luas permukaan aktif dari adsorben *fly ash* sehingga proses penyerapan menjadi efektif yang mengakibatkan bertambahnya daya serap. Lama waktu aktivasi dari 120 menit sampai 180 menit menunjukkan bahwa daya serap logam berat Timbal (Pb) yang diserap oleh *fly ash* semakin tinggi.

3.3 Ukuran Partikel H₂SO₄ 2%, Waktu Aktivasi (120 menit dan 180 menit) dan Waktu Serap 120 menit untuk Logam Timbal (Pb)

Waktu penyerapan 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 serap 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 terprotonasi (*deprotonated*) permukaan hidroksil 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). Daya serap logam berat Timbal (Pb) pada air lindi oleh *fly ash* pada perlakuan aktivator H₂SO₄ 2%, waktu aktivasi (120 menit dan 180 menit) dan waktu serap 120 menit tertera pada gambar 4 sebagai berikut.



Gambar 4. Daya Serap Logam Timbal (Pb) dengan Aktivator H₂SO₄ 2% Waktu Serap 120 menit

Penyerapan *fly ash* terhadap logam Timbal (Pb) efektif pada perlakuan aktivator H₂SO₄ 2% semua variasi ukuran partikel dan semua waktu aktivasi sebesar 0,1568 ppm. Ukuran partikel mulai 90 µ sampai 710 µ penyerapan logam Timbal (Pb) tidak mengalami peningkatan maupun penurunan daya serap logam berat Timbal (Pb) pada

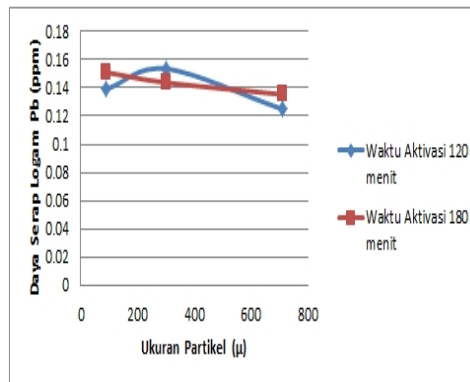
semua perlakuan variasi waktu aktivasi. Hal ini disebabkan karena pori-pori adsorben mengalami kejenuhan sehingga tidak dapat menyerap lagi (Herlandien, 2013). Selain itu dapat dipengaruhi oleh kondisi adsorben. Lama waktu aktivasi dari 120 menit sampai 180 menit menunjukkan bahwa daya serap logam berat Timbal (Pb) yang diserap oleh *fly ash* tidak mengalami peningkatan dan penurunan. Penyerapan *fly ash* terhadap logam Timbal (Pb) dengan aktivator H₂SO₄ 2% Waktu Serap 120 menit memiliki penyerapan optimum.

3.4 Aktivator H₂SO₄ 2% pada Logam Berat Timbal (Pb)

Perlakuan aktivasi dengan menggunakan larutan asam sulfat (H₂SO₄) dapat melarutkan pengotor pada material tersebut sehingga pori-pori menjadi lebih terbuka akibatnya luas permukaan spesifik porinya menjadi meningkat. Selain itu, situs aktifnya juga mengalami peningkatan oleh karena situs yang tersembunyi menjadi terbuka dan kemungkinan juga akan memunculkan situs aktif baru akibat reaksi pelarutan. Fungsi asam sulfat (H₂SO₄) dalam proses aktivasi adalah untuk menghilangkan karbon yang tidak terbakar (*unburned carbon*) yang dapat bersifat sebagai pengotor dan mengganggu dalam proses adsorpsi. Dengan semakin berkurangnya karbon maka proses adsorpsi dapat lebih efektif. Lama waktu serap dari 60 menit hingga 90 menit mengalami peningkatan daya serap logam Timbal (Pb). Waktu serap 120 menit adsorben *fly ash* bekerja lebih optimum menyerap logam berat Timbal (Pb) pada perlakuan semua ukuran partikel (90, 300 dan 710 μ) pada zat aktivator H₂SO₄ 2% dengan daya serap 0,1568 ppm. Hal ini disebabkan karena sifat *fly ash* sendiri yang merupakan hasil pembakaran sehingga memiliki titik jenuh yang lebih lama menurut penelitian (Afrianita, 2013).

3.5 Ukuran Partikel NaOH 3M, Waktu Aktivasi (120 menit dan 180 menit) dan Waktu Serap 60 menit untuk Logam Timbal (Pb)

Daya serap logam berat Timbal (Pb) pada air lindi oleh *fly ash* pada perlakuan aktivator NaOH 3M, waktu aktivasi (120 menit dan 180 menit) dan waktu serap 60 menit tertera pada gambar 5 sebagai berikut.

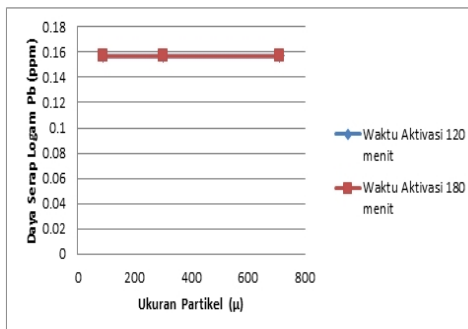


Gambar 5. Daya Serap Logam Timbal (Pb) dengan Aktivator NaOH 3M Waktu Serap 60 menit

Penyerapan *fly ash* terhadap logam Timbal (Pb) efektif pada ukuran partikel 300 μ dengan aktivator NaOH 3M pada waktu aktivasi 120 menit sebesar 0,1536 ppm. Perlakuan ukuran partikel 300 μ pada waktu aktivasi 120 menit menghasilkan daya serap yang efektif dalam mendegradasi logam berat Timbal (Pb) pada air lindi. Hal ini menunjukkan kondisi ideal bagi adsorben *fly ash* untuk menyerap adsorbat. Lama waktu aktivasi dari 120 menit sampai 180 menit menunjukkan bahwa daya serap logam berat Timbal (Pb) yang diserap oleh *fly ash* semakin tinggi pada ukuran partikel 90 μ dan 710 μ .

3.6 Ukuran Partikel NaOH 3M, Waktu Aktivasi (120 menit dan 180 menit) dan Waktu Serap 90 menit untuk Logam Timbal (Pb)

Daya serap logam berat Timbal (Pb) pada air lindi oleh *fly ash* pada perlakuan aktivator NaOH 3M, waktu aktivasi (120 menit dan 180 menit) dan waktu serap 90 menit tertera pada gambar 6 sebagai berikut.

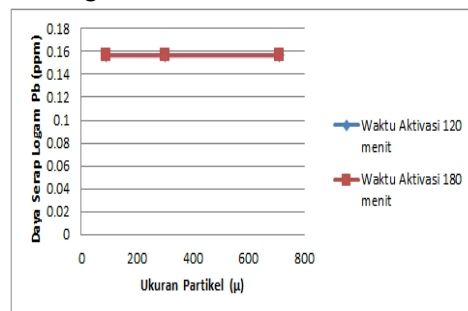


Gambar 6. Daya Serap Logam Timbal (Pb) dengan Aktivator NaOH 3M Waktu Serap 90 menit

Penyerapan *fly ash* terhadap logam Timbal (Pb) efektif pada perlakuan aktivator NaOH 3M semua variasi ukuran partikel dan semua waktu aktivasi sebesar 0,1568 ppm. Ukuran partikel dari 90 μ menjadi 710 μ penyerapan logam Timbal (Pb) tidak mengalami peningkatan maupun penurunan daya serap logam berat Timbal (Pb) pada semua perlakuan variasi waktu aktivasi. Lama waktu aktivasi dari 120 menit sampai 180 menit menunjukkan bahwa daya serap logam berat Timbal (Pb) yang diserap oleh *fly ash* tidak mengalami peningkatan dan penurunan.

3.7 Ukuran Partikel NaOH 3M, Waktu Aktivasi (120 menit dan 180 menit) dan Waktu Serap 120 menit untuk Logam Timbal (Pb)

Daya serap logam berat Timbal (Pb) pada air lindi oleh *fly ash* pada perlakuan aktivator NaOH 3M, waktu aktivasi (120 menit dan 180 menit) dan waktu serap 120 menit tertera pada gambar 7 sebagai berikut.



Gambar 7. Daya Serap Logam Timbal (Pb) dengan Aktivator NaOH 3M Waktu Serap 120 menit

Penyerapan *fly ash* terhadap logam Timbal (Pb) efektif pada perlakuan aktivator NaOH 3M semua variasi ukuran partikel dan semua waktu aktivasi sebesar 0,1568 ppm. Ukuran partikel dari 90 μ menjadi 710 μ penyerapan logam Timbal (Pb) tidak mengalami peningkatan maupun penurunan daya serap logam berat Timbal (Pb) pada semua perlakuan variasi waktu aktivasi. Hal ini disebabkan karena pori-pori adsorben mengalami kejenuhan sehingga tidak dapat menyerap lagi (Herlandien, 2013). Selain itu dapat dipengaruhi oleh kondisi adsorben. Lama waktu aktivasi dari 120 menit sampai 180 menit menunjukkan bahwa daya serap logam berat Timbal (Pb) yang diserap oleh *fly ash* tidak mengalami peningkatan dan penurunan. Waktu aktivasi yang optimum menyebabkan pergerakan partikel yang ada sehingga membuka pori *fly ash* menjadi

terbuka akibatnya luas permukaannya besar yang mampu menyerap logam berat Timbal (Pb) sehingga meningkatkan daya serap logam berat Timbal (Pb). Penyerapan *fly ash* terhadap logam Timbal (Pb) dengan Aktivator NaOH 3M Waktu Serap 120 menit memiliki penyerapan optimum.

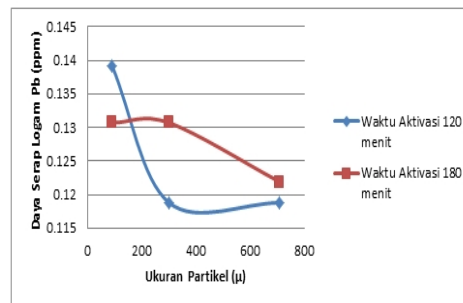
3.8 Aktivator NaOH 3M pada Logam Berat Timbal (Pb)

Perlakuan aktivasi dengan menggunakan larutan basa NaOH dapat melarutkan pengotor pada material tersebut sehingga pori- pori menjadi lebih terbuka akibatnya luas permukaan spesifik porinya menjadi meningkat. Selain itu, situs aktifnya juga mengalami peningkatan oleh karena situs yang tersembunyi menjadi terbuka dan kemungkinan juga akan memunculkan situs aktif baru akibat reaksi pelarutan. Peningkatan luas permukaan spesifik pori dan situs aktifnya dapat meningkatkan kemampuan adsorpsinya (Widihati, 2008). Fungsi dari NaOH didalam proses ini untuk menurunkan kristalinitas SiO₂. Berkurangnya kekristalinitas SiO₂ ternyata mampu menurunkan kadar logam berat Timbal (Pb) dalam air lindi. Penelitian yang dilakukan oleh (Astuti dan Mahatmanti, 2013) menyatakan bahwa abu layang yang semakin amorf ini (tingkat kristalinitasnya rendah) mempunyai kemampuan adsorpsi Pb yang semakin tinggi. Hal ini menunjukkan pada fase amorf lebih efektif sebagai adsorben .

Waktu serap dari 60 menit sampai 90 menit mengalami peningkatan daya serap logam berat Timbal (Pb). Waktu serap 120 menit adsorben *fly ash* bekerja lebih optimum menyerap logam berat Timbal (Pb) pada perlakuan semua ukuran partikel (90, 300 dan 710 μ), zat aktivator NaOH 3M waktu aktivasi 120 menit dan 180 menit dibandingkan dengan variasi waktu serap lainnya. Hal ini disebabkan karena sifat *flyash* sendiri yang merupakan hasil pembakaran sehingga memiliki titik jenuh yang lebih lama menurut penelitian (Afrianita, 2013).

3.9 Ukuran Partikel MgSO₄ 0,3M, Waktu Aktivasi (120 menit dan 180 menit) dan Waktu Serap 60 menit untuk Logam Timbal (Pb)

Daya serap logam berat Timbal (Pb) pada air lindi oleh *fly ash* pada perlakuan aktivator MgSO₄ 0,3M,waktu aktivasi (120 menit dan 180 menit) dan waktu serap 60 menit tertera pada gambar 8 sebagai berikut.

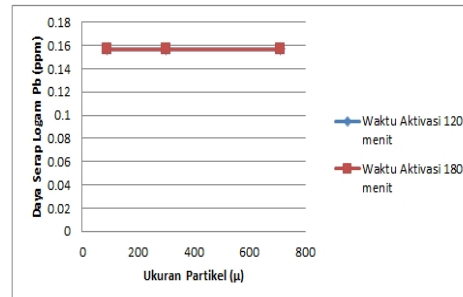


Gambar 8. Daya Serap Logam Timbal (Pb) dengan Aktivator MgSO₄0,3M Waktu Serap 60 menit

Penyerapan *fly ash* terhadap logam Timbal (Pb) efektif pada ukuran partikel 90 μ dengan aktivator MgSO₄ 0,3M pada waktu aktivasi 120 menit sebesar 0,1391 ppm. Semakin kecil ukuran partikel menunjukkan penyerapan logam timbal (Pb) yang tinggi. Lama waktu aktivasi dari 120 menit sampai 180 menit pada ukuran partikel 300 μ dan 710 μ menunjukkan bahwa daya serap logam berat Timbal (Pb) yang diserap oleh *fly ash* semakin tinggi. Waktu aktivasi selama 180 menit struktur porifly *ash* menjadi sangat terbuka dan memiliki luas yang mampu mengadsorbsi logam berat Timbal (Pb).

3.10 Ukuran Partikel $MgSO_4$ 0,3M, Waktu Aktivasi (120 menit dan 180 menit) dan Waktu Serap 90 menit untuk Logam Timbal (Pb)

Daya serap 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 90 menit tertera pada gambar 9. sebagai berikut.

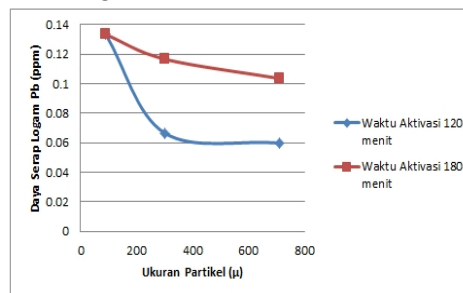


Gambar 9. Daya Serap Logam Timbal (Pb) dengan Aktivator $MgSO_4$ 0,3M Waktu Serap 90 menit

Penyerapan *fly ash* terhadap logam Timbal (Pb) efektif pada perlakuan aktivator $MgSO_4$ 0,3M semua variasi ukuran partikel dan semua waktu aktivasi sebesar 0,1568 ppm. Ukuran partikel dari 90 μ menjadi 710 μ penyerapan logam Timbal (Pb) tidak mengalami peningkatan maupun penurunan daya serap logam berat Timbal (Pb) pada semua perlakuan variasi waktu aktivasi. Hal ini disebabkan karena pori-pori adsorben mengalami kejenuhan sehingga tidak dapat menyerap lagi (Herlandien, 2013). Lama waktu aktivasi dari 120 menit sampai 180 menit menunjukkan bahwa daya serap logam berat Timbal (Pb) yang diserap oleh *fly ash* tidak mengalami peningkatan dan penurunan. Penyerapan *fly ash* terhadap logam Timbal (Pb) dengan Aktivator $MgSO_4$ 0,3M Waktu Serap 90 menit memiliki penyerapan optimum.

3.11 Ukuran Partikel $MgSO_4$ 0,3M, Waktu Aktivasi (120 menit dan 180 menit) dan Waktu Serap 120 menit untuk Logam Timbal (Pb)

Daya serap 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 gambar 10 sebagai berikut.



Gambar 10. Daya Serap Logam Timbal (Pb) dengan Aktivator $MgSO_4$ 0,3M Waktu Serap 120 menit

Penyerapan *fly ash* terhadap logam Timbal (Pb) efektif pada perlakuan aktivator $MgSO_4$ 0,3M ukuran partikel 90 μ dan waktu aktivasi 180 menit sebesar 0,1333 ppm. Semakin kecil ukuran partikel menunjukkan penyerapan logam Timbal (Pb) oleh *fly ash* semakin besar. Hal ini disebabkan karena bertambahnya luas permukaan aktif dari adsorben *fly ash* sehingga proses penyerapan menjadi efektif yang mengakibatkan bertambahnya daya serap. Lama waktu aktivasi dari 120 menit sampai 180 menit menunjukkan bahwa daya serap logam berat Timbal (Pb) yang diserap oleh *fly ash*

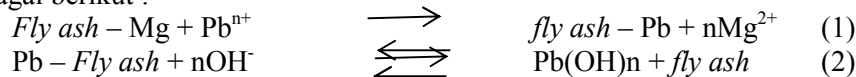
semakin tinggi. Waktu aktivasi selama 180 menit struktur *porifly ash* menjadi sangat terbuka dan memiliki luas yang mampu mengadsorpsi logam berat Timbal (Pb).

3.12 Aktivator MgSO₄ 0,3M pada Logam Berat Timbal (Pb)

Proses penyerapan dipengaruhi oleh bahan yang dipakai dan mempunyai kemampuan berbeda-beda, tergantung dari bahan asalnya dan metode aktivasi yang digunakan pH larutan. Penyerapan berlangsung baik pada pH netral. Pada pH yang terlalu asam penyerapan berlangsung kurang baik karena bahan yang telah terserap terurai kembali, dengan reaksi sebagai berikut (Budiyono, M.E dan Prayitno, 2001):



Ada pH basa, bahan yang sudah terserap akan terlarut kembali dengan reaksi sebagai berikut :



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, ME dan 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 Pb.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Daya serap optimum logam Timbal (Pb) terhadap *fly ash* pada aktivator H₂SO₄ 2% diperoleh pada ukuran partikel 90μ, waktu aktivasi 180 menit dan waktu serap 120 menit sebesar 0,1568 ppm.
2. Daya serap optimum logam Timbal (Pb) terhadap *fly ash* pada aktivator NaOH 3M diperoleh pada ukuran partikel 90μ, waktu aktivasi 180 menit dan waktu serap 120 menit sebesar 0,1568 ppm.
3. Daya serap optimum logam Timbal (Pb) terhadap *fly ash* pada aktivator MgSO₄ 0,3M diperoleh pada ukuran partikel 90μ, waktu aktivasi 180 menit dan waktu serap 120 menit sebesar 0,1333 ppm.
4. Daya serap optimum logam Timbal (Pb) terhadap *fly ash* pada perlakuan zat aktivator H₂SO₄ 2% dan NaOH 3M dengan ukuran partikel 90μ, waktu aktivasi 180 menit dan waktu serap 120 menit.

REFERENSI

- Afrianita, R, Dewilda, Y dan Fitri, R. (2013). *Studi Penentuan Kondisi Optimum Fly Ash sebagai Adsorben dalam Menyisihkan Logam Berat Timbal (Pb)*. Riau : Laboratorium Air Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Andalas.
- Astuti, W dan Mahamanti, F.W. 2010. *Aktivasi Abu Layang Batubara dan Aplikasinya sebagai Adsorben Timbal Dalam Pengolahan Limbah Elektroplating*. Semarang : Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang
- Budiyono, M.E dan Prayitno. 2011. *Kajian Pengaruh Penambahan MgSO₄ pada Abu Layang untuk Penjerapan Limbah Radioaktif Cair Simulasi yang Mengandung Uranium dan Thorium*. Yogyakarta : Puslitbang Teknologi Maju Batan Yogyakarta

- Diah, Nuke dan Mardiyanto, Mas Agus. *Penelitian Pengolahan Air Kolam Penampungan Lindi dengan Granular Filter Karbon Aktif pada Tipe Reaktor Vertikal*. Tidak dipublikasikan. Artikel. Surabaya: Jurusan Teknik Lingkungan FTP ITS.
- Herlandien, Y.L. (2013). Pemanfaatan Arang Aktif sebagai Adsorban Logam Berat dalam Air Lindi di TPA Pakusari Jember. Jember : Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Univesitas Jember.
- Junita, L.N. 2013. *Profil Penyebaran Logam Berat di Sekitar TPA Pakusari Jember*. Jember : Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Univesitas Jember.
- Lestari, Y.T. 2013. *Pemanfaatan Limbah Abu Terbang (Fly Ash) Batubara sebagai Adsorben untuk Penentuan Kadar Gas NO₂ di Udara*. Jember : Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Univesitas Jember.
- Maramis, A.A, Kristijanto, A.I dan Notosoedarmo. (2006). *Sebaran Logam Berat Dan Hubungannya Dengan Faktor Fisiko-Kimiawi Di Sungai Kreo, Dekat Buangan Air Lindi TPA Jatibarang, Kota Semarang*. Salatiga : Program Pascasarjana Magister Biologi Universitas Kristen Satya Wacana.
- Mufrodi, Z, Widiastuti, N dan Kardika, R.C . 2008. *Adsorpsi Zat Warna Tekstil Dengan Menggunakan Abu Terbang (Fly Ash) Untuk Variasi Massa Adsorben dan Suhu Operasi*. Yogyakarta : Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Ahmad Dahlan.
- Vordonis, L, Spanos, N, Koutsoukos, P.G and Lycourghiotis, A. 1992. *Mechanism of Adsorption of Co²⁺ and Ni²⁺ 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
- Widiharti, I., A., G. 2008. *Adsorpsi Anion Cr(VI) Oleh Batu Pasir Teraktivasi Asam Dan Tersalut Fe₂O₃*. (<http://ejournal.unud.ac.id/abstrak/j-kim-vol2-no1-widiharti.pdf>) diunduh pada tanggal 23 Desember 2013.
- Zulkifli, H. (2009). *Pemanfaatan Limbah Padat (Fly Ash) untuk Mencegah Cemaran Mikrobiologis dan Kimiawi Sampah Kota pada Ekosistem Rawa*. Palembang : Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Univesitas Sriwijaya