

## Efektivitas Adsorpsi Logam Berat Pada Air Lindi Menggunakan Media Karbon Aktif, Zeolit, Dan Silika Gel Di Tpa Tlekung, Batu

### *The Effectiveness of Heavy Metals Adsorptions on Leachate by Activated Carbon, Zeolite, and Silica Gel in TPA Tlekung, Batu*

Andita Intan Larasati<sup>1</sup>, Liliya Dewi Susanawati<sup>2\*</sup>, Bambang Suharto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Teknik Lingkungan, Universitas Brawijaya, Jl. Veteran, Malang 65145

<sup>2</sup>Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya, Jl. Veteran, Malang 65145

\*Email korespondensi: liliya\_10@ub.ac.id

#### ABSTRAK

Air lindi didefinisikan sebagai air yang dihasilkan sebagai akibat dari perkolasi air hujan melalui sampah, proses biokimia dalam sampah, dan kadar air yang melekat pada sampah yang berada pada sel sampah itu sendiri. Air lindi di TPA Tlekung, Batu mengandung logam berat Fe dan Cr yang dapat mencemari lingkungan. Upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi kandungan logam berat Fe dan Cr salah satunya adalah adsorpsi. Tujuan dari penelitian adalah untuk mengetahui besar penurunan dan efektifitas penurunan kandungan logam berat Fe dan Cr setelah diadsorpsi dengan media adsorben yang berbeda-beda. Metode penelitian yang dilakukan adalah metode eksperimental dengan analisa data berupa deskriptif kuantitatif. Pada penelitian digunakan perlakuan penggunaan media adsorben yang berbeda, yaitu karbon aktif, zeolit, dan silika gel. Media adsorben ditempatkan pada akuarium berukuran 30x30x30 cm, ketinggian adsorben pada masing-masing akuarium 10cm dari dasar akuarium, dan adsorben tersebut terendam dalam air lindi dengan ketinggian 12 cm dari dasar akuarium selama 120 menit dengan suhu kamar. Hasil dari penelitian menunjukkan efektifitas penurunan paling besar untuk logam Fe adalah 62.728% dengan media zeolit, dan untuk logam Cr sebesar 42.028% dengan media zeolit.

**Kata kunci:** Adsorpsi, air lindi, karbon aktif, zeolit, silika gel.

#### Abstract

Leachate can be defined as aqueous water that produced as the result of percolation the rainwater through the wastes in landfill, biochemical processes in landfill, and the water content that attached by the wastes themselves. Then, leachate from TPA Tlekung, Batu is contain heavy metals like Fe and Cr which can pollute the environment. One of the efforts that could be made to reduce the heavy metals in that leachate is adsorption. The purpose of this study are to know the amount reduction and the effectiveness reduction of heavy metals in that leachate after it adsorbed by different adsorbent. The research method is a method to the analysis of experimental data in the form of quantitative descriptive. The treatments are used of different adsorbent that are activated carbon, zeolite, and silica gel. The adsorbent are placed in aquarium where sized 30x30x30 cm, the height of adsorbent in each aquarium is 10 cm from the bottom of the aquarium, and the adsorbent is submerged by leachate with height is 12 cm from the bottom of the aquarium for 120 minutes at room temperature. The results of the study showed that the greatest of effectiveness reduction for Fe is 62.728% by zeolite, and for Cr is 42.028% by zeolite.

**Keywords:** Adsorption, leachate, activated carbon, zeolite, silica gel.

## PENDAHULUAN

Sampah selalu menjadi masalah hampir di setiap Kota di Indonesia. Sampah-sampah tersebut kemudian akan dikumpulkan di tempat pembuangan sementara (TPS), kemudian diangkut ke tempat pembuangan akhir (TPA), setelah itu dilakukan proses-proses pengolahan sampah seperti contohnya daur ulang dan pengomposan. Kemudian sampah yang tidak dapat diolah akan ditimbun dalam sel sampah. Sampah yang ditimbun dalam sel sampah tersebut akan mengalami proses dekomposisi yang menyebabkan terjadinya perubahan fisik, kimia, dan biologis. Salah satu hasil dari proses dekomposisi tersebut adalah air lindi (Suharto, *et al.*, 2011).

Gandhimathi, *et al.* (2013) mendefinisikan air lindi sebagai air yang dihasilkan sebagai akibat dari perkolasi air hujan melalui sel sampah, proses biokimia dalam sel sampah dan kadar air yang melekat pada sampah yang berada pada sel sampah itu sendiri. Air lindi ini jika tidak diolah dengan baik dapat meresap ke dalam tanah dan menyebabkan pencemaran tanah serta air tanah. Selain itu diketahui juga bahwa air lindi ini mengandung logam bahan organik, anorganik, mikroorganisme, serta logam berat yang cukup tinggi (Ali, 2011). Limbah cair yang mengandung logam berat ini diketahui sangat berbahaya bagi lingkungan, karena sifat logam berat yang akumulatif menyebabkan kandungannya selalu bertambah dan dapat mengurangi kebersihan air di lingkungan sekitar, dan jika air tersebut digunakan untuk keperluan sehari-hari, maka kandungan logam berat yang terakumulasi dalam air tersebut akan terakumulasi juga dalam tubuh makhluk hidup dan merusak ekosistem.

Upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi kandungan logam berat dalam sebuah limbah cair tersebut salahsatunya menggunakan pengolahan dengan metode adsorpsi. adsorpsi adalah suatu proses yang terjadi ketika suatu fluida (cairan maupun gas) terikat pada suatu padatan dan akhirnya membentuk lapisan tipis atau *film* pada permukaan tersebut. Dalam pengolahan dengan metode adsorpsi ini dibutuhkan media adsorben untuk mengadsorpsi logam berat yang terdapat

dalam limbah cair, dimana dalam hal ini limbah cair tersebut adalah air lindi yang berasal dari TPA Tlekung, Batu. Dalam pengaplikasian metode adsorpsi ini terdapat berbagai macam media adsorben, yang sering digunakan diantaranya adalah karbon aktif, zeolit, dan silika gel. Dimana telah diketahui karbon aktif mampu menyerap logam berat (Herlandien, 2013), sedangkan zeolit diketahui mampu menyerap bahan organik dan logam berat (Las, 2006), dan silika gel diketahui mampu mengadsorpsi logam berat (Purwaningsih, 2009).

Berdasarkan pemikiran di atas, maka dilakukan penelitian mengenai penurunan kandungan logam berat Fe dan Cr yang terkandung dalam air lindi TPA Tlekung, Batu menggunakan metode adsorpsi dan menggunakan media berbeda-beda yaitu karbon aktif, zeolit, dan silika gel. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui besar penurunan dan efektifitas penurunan kandungan logam berat Fe dan Cr pada air lindi TPA Tlekung, Batu setelah diadsorpsi dengan media adsorben yang berbeda-beda (karbon aktif, zeolit, dan silika gel).

## METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan mulai bulan Desember 2014 hingga Februari 2015. Pengambilan air lindi berlokasi di TPA Tlekung yang beralamat di Jl. Petinggi Wariun no.3, RT 01, RW 03, Desa Tlekung, Dusun Gangsiran, Kecamatan Junrejo, Kota Batu. Pengolahan air lindi secara adsorpsi di Laboratorium Teknik Sumber Daya Alam dan Lingkungan, Jurusan Keteknikan Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang. Pengujian kandungan logam berat Fe dan Cr dilakukan di Laboratorium Kualitas Air, Jasa Tirta, Malang.

Karakteristik air lindi sangatlah bervariasi tergantung dari proses yang terjadi di dalam landfill meliputi fisik, kimia, dan biologis. Dalam proses tersebut dipengaruhi oleh faktor-faktor tertentu seperti jenis sampah, lokasi landfill, hidrogeologi, serta sistem pengoperasian. Dengan faktor-faktor tersebut maka akan mempengaruhi produk yang dihasilkan

akibat proses dekomposisi seperti kualitas dan kuantitas air lindi. Karakteristik air lindi secara umum mengandung logam Fe 0,4 – 2200 mgL<sup>-1</sup> dan untuk logam Cr 0.03 – 1.6 mgL<sup>-1</sup> (Ali, 2011). Menurut Metcalfe, *et al* (1999) kandungan logam Fe berkisar 0.4 – 2200 mgL<sup>-1</sup> dan logam Cr sebesar 0.03 – 1.6 mgL<sup>-1</sup> untuk TPA yang berlokasi disekitar amerika dan eropa, sedangkan selain yang berlokasi di amerika dan eropa berkisar logam Fe 0.48 – 153 mgL<sup>-1</sup>, dan logam Cr 0.01 – 0.1 mgL<sup>-1</sup>.

Pengolahan secara adsorpsi tersebut diperlakukan secara berbeda. Perlakuan yang diberikan adalah perbedaan penggunaan adsorben, yaitu karbon aktif, zeolit, dan silika gel. Seperti diketahui ketiga adsorben tersebut memiliki karakteristik yang berbeda-beda, seperti luas permukaan yang berbeda, strukturyang berbeda, dan sifat yang berbeda.

Dalam pelaksanaan penelitian ini dilakukan dengan 3 kali ulangan. Pengambilan bahan uji yaitu air lindi dilakukan 3 kali, dimana pada setiap ulangan nantinya memiliki kandungan logam berat Fe dan Cr yang berbeda. Pengolahan secara adsorpsi tersebut menggunakan akuarium dengan dimensi 30x30x30 cm yang berjumlah 3 akuarium. Dalam pengolahan secara adsorpsi nantinya media adsorben yang digunakan setinggi 10 cm dari dasar akuarium, dan adsorben tersebut terendam dalam air lindi dengan ketinggian 12 cm dari dasar akuarium selama 120 menit dengan suhu kamar. Setelah pengolahan selesai dilakukan pengambilan sampel sebanyak 330 mL melalui kran output pada akuarium untuk dilakukan pengujian kandungan akhir logam berat Fe dan Cr.

Hasil penurunan kandungan logam berat Fe dan Cr dianalisa dengan cara menghitung efektifitas penurunan (Ef) yaitu kandungan logam berat awal (Yi) dikurangi dengan kandungan logam berat akhir (Yf) per kandungan logam berat awal (Yi) dalam mgL<sup>-1</sup> seperti pada persamaan 1.

$$Ef (\%) = \frac{Y_i - Y_f}{Y_i} \times 100 \dots\dots\dots (1)$$

Analisa data selanjutnya dilakukan secara deskriptif, yaitu dengan menggambarkan ringkasan data penelitian.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Penurunan Kandungan Logam Berat Fe

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi penurunan kandungan logam berat Fe setelah diolah secara adsorpsi menggunakan media karbon aktif, zeolit, dan silika gel. Tabel 1 menunjukkan penurunan kandungan logam berat Fe sebelum diolah dan setelah diolah.

Berdasarkan tabel 1 tersebut terlihat bahwa penurunan kandungan logam berat Fe oleh media karbon aktif, zeolit, dan silika gel ini memiliki perbandingan yaitu 1.3 : 2.2 : 1.0. Dimana penurunan paling banyak dilakukan oleh media zeolit dengan penurunan dua kali lipat dari media silika gel yang menurunkan logam berat Fe paling sedikit.

### Penurunan Kandungan Logam Berat Cr

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi penurunan kandungan logam berat Cr setelah diolah secara adsorpsi menggunakan media karbon aktif, zeolit, dan silika gel. Tabel 2 menunjukkan penurunan kandungan logam berat Cr sebelum diolah dan setelah diolah.

Tabel 1. Logam Berat Fe

Ulangan ke-	Yi* (mgL <sup>-1</sup> )	Yf* (mgL <sup>-1</sup> )			Yi - Yf (mgL <sup>-1</sup> )		
		Karbon aktif	Zeolit	Silika Gel	Karbon aktif	Zeolit	Silika Gel
1	24.580	16.270	10.420	19.020	8.310	14.160	5.560
2	23.390	15.060	11.370	17.580	8.330	12.020	5.810
3	13.380	7.795	2.056	8.210	6.085	11.824	5.670
	Rata-rata				7.575	12.668	5.680

\*) Yi adalah kandungan logam berat awal, dan Yf adalah kandungan logam berat akhir

Tabel 2. Logam Berat Cr

Ulangan ke-	Yi* (mgL <sup>-1</sup> )	Yf* (mgL <sup>-1</sup> )			Yi - Yf (mgL <sup>-1</sup> )		
		Karbon aktif	Zeolit	Silika Gel	Karbon aktif	Zeolit	Silika Gel
1	0.121	0.110	0.073	19.020	0.011	0.048	-0.005
2	0.121	0.108	0.078	17.580	0.013	0.043	-0.005
3	0.114	0.096	0.056	8.210	0.018	0.058	0.022
	Rata-rata				0.014	0.049	0.004

\*) Yi adalah kandungan logam berat awal, dan Yf adalah kandungan logam berat akhir.

Berdasarkan tabel 2 tersebut terlihat bahwa penurunan kandungan logam berat Cr oleh media karbon aktif, zeolit, dan silika gel ini memiliki perbandingan yaitu 3.5 : 12.4 : 1.0. Dimana penurunan paling banyak dilakukan oleh media zeolit dengan penurunan dua belas kali lipat dari media silika gel yang menurunkan logam berat Cr paling sedikit.

#### Efektivitas Penurunan Kandungan Logam Berat

Hasil perhitungan efektifitas penurunan kandungan logam berat menunjukkan bahwa media zeolit memiliki efektifitas penurunan kandungan logam berat tertinggi pada logam berat Fe dan Cr. Tabel 3 menunjukkan hasil perhitungan efektifitas penurunan kandungan logam berat.

Berdasarkan tabel tersebut terlihat efektifitas penurunan kandungan logam berat Fe maupun Cr paling besar dilakukan oleh media zeolit, sedangkan yang paling kecil dilakukan oleh media silika gel. Hal ini disebabkan oleh sifat zeolit sebagai penukar ion karena adanya kation logam, yang mana kation tersebut bergerak secara bebas dalam struktur zeolit yang berongga dan dapat bertukar dengan kation ion logam lain dalam jumlah yang sama (Nugroho, *et al.*, 2013). Selain itu juga struktur pori zeolit berupa kristal inilah yang menyebabkan ukuran pori spesifik dan lebih berongga, jika dibandingkan dengan struktur pori karbon aktif dan silika gel yang berupa amorfus yang memiliki banyak mikropori sehingga dapat menghambat molekul-molekul dalam proses adsorpsi. Selain itu karbon aktif memiliki sifat adsorben yang dapat mengadsorpsi secara selektif (Nugroho, *et al.*, 2013). Sedangkan silika gel diketahui memiliki kemampuan polarisabilitas rendah, maka dari itu silika

gel cenderung berinteraksi dengan logam berat yang berkemampuan polarisabilitas tinggi dan secara teoritis relative tidak begitu kuat, untuk itu silika gel harus dimodifikasi jika akan digunakan untuk mengadsorpsi logam berat (Giri, *et al.*, 2014).

Besar dan kecilnya efektifitas penurunan kandungan logam Fe dan Cr pada setiap media ini juga dapat dipengaruhi oleh temperatur. Dimana pada saat penelitian dilakukan, temperatur pada media silika gel terasa lebih panas ketika disentuh pada permukaan akuarium, sedangkan temperatur pada media zeolit terasa paling dingin ketika disentuh pada permukaan akuarium. Sesuai dengan yang disebutkan oleh Gaikwad, *et al.* (2010) bahwa naiknya temperatur berbanding terbalik dengan zat yang teradsorpsi, dengan kata lain berkurangnya temperatur akan menambah jumlah adsorbat yang teradsorpsi dan sebaliknya bertambahnya temperatur akan mengurangi jumlah adsorbat yang teradsorpsi, karena proses adsorpsi terjadi secara eksotermis. Hal ini salah satu penyebab mengapa penurunan kandungan Fe dan Cr pada media silika gel paling sedikit, dan penurunan kandungan Fe dan Cr pada media zeolit paling banyak.

Berdasarkan Tabel 3 juga terlihat bahwa efektifitas penurunan kandungan logam berat Fe dan efektifitas penurunan kandungan logam berat Cr pada masing-masing media memiliki perbedaan, yaitu pada media karbon aktif memiliki perbandingan 3.2 : 1.0, pada media zeolit 1.5 : 1.0, dan pada media silika gel 8.0 : 1.0. Berdasarkan perbandingan tersebut terlihat bahwa logam berat Fe teradsorpsi lebih banyak pada semua media adsorben yang digunakan dibandingkan dengan logam berat Cr.

Tabel 3. Efektifitas Penurunan Kandungan Logam Berat

Ulangan ke-	Efektivitas Penurunan Logam berat Fe (%)			Efektivitas Penurunan Logam berat Cr (%)		
	Karbon aktif	Zeolit	Silika Gel	Karbon aktif	Zeolit	Silika Gel
1	33.808	57.608	22.620	9.091	39.669	-4.132
2	35.613	51.389	24.839	10.744	35.537	-4.132
3	43.840	85.187	40.850	15.789	50.877	19.298
Rata-rata	37.754	62.728	29.437	11.874	42.028	3.678

Hal ini disebabkan oleh pengaruh dari konsentrasi logam berat Fe dan Cr itu sendiri, dimana diketahui bahwa semakin besar konsentrasi adsorbat dalam absolut, maka semakin banyak jumlah adsorbat yang teradsorpsi pada permukaan adsorben (Fatimah, et al., 2014). Telah diketahui bahwa dari awal pengujian konsentrasi atau kandungan logam berat awal Fe dan Cr pada air lindi, kandungan logam berat Fe lebih besar dari logam berat Cr, maka dari itulah adsorpsi logam berat Fe lebih banyak pada media yang digunakan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Ali, M. 2011. *Rembasan Air Lindi (Leachate) Dampak Pada Tanaman Pangan dan Kesehatan*. UPN Press. Surabaya.
- Fatimah, N., Prasetya, A. T., & Sumarni, W. *Penggunaan Silika Gel Terimobilisasi Biomassa Aspergillus niger Untuk Adsorpsi Logam Fe(III)*. Indonesian Journal of Chemical Science 03(03):183-187.
- Gaikwad, R. W., & Misal, S. A. 2010. *Sorption Studies of Methylene Blue on Silica Gel*. International Journal of Chemical Engineering and Applications 01(04):342-345.
- Gandhimati, R., Durai, N. J., Nidheesh, P. V., Ramesh, S. T., & Kanmani, S. 2013. *Use of Combined Coagulation-Adsorption Process As Pretreatment of Landfill Leachate*. Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering 10(24):1-7.
- Giri, H. P. D., Sudiarta, I. W., & Asih, I. A. R. A. *Optimasi Adsorpsi Cr(VI) Pada Silika Gel dari Abu Sekam Padi Termodifikasi Difenilkarbazida (Si-DPZida)*. Jurnal Kimia 08(02):198-204.
- Herlandien, Y. L. 2013. *Pemanfaatan Arang Aktif Sebagai Adsorban Logam Berat Dalam Air Lindi TPA Pakusari Jember*. Skripsi, Universitas Jember.
- Las, T. 2006. *Potensi Zeolit untuk Mengolah Limbah Industri dan Radioaktif*. Diakses pada tanggal 12-02-2015. <<http://www.batan.go.id/ptlr/11id/?q=content/potensi-zeolit-untuk-mengolah-limbah-industri-dan-radioaktif>>.
- Metcalf, R. & Rochelle, C. A. 1999. *Chemical Containment of Waste in the Geosphere*. Geological Society of London. London.
- Nugroho, W., & Purwoto, S. 2013. *Removal Klorida, TDS, dan Besi Pada Air Payau Melalui Penukaran Ion dan Filtrasi Campuran Zeolit Aktif dengan Karbon Aktif*. Jurnal Teknik Waktu 11(01):47-59.
- Purwaningsih, D. 2009. *Adsorpsi Multi Logam Ag(I), Pb(II), Cr(III), Cu(II), dan Ni(II) Pada Hibrida Etilendinamo-silika dari Abu Sekam Padi*. Jurnal Penelitian Saintek 14(01):59-76.
- Suharto, B., Susanawati, L. D., & Wilistien, B. I. 2011. *Penurunan Kandungan Logam Pb dan Cr Leachate Melalui Fitoremediasi Bambu Air (Equisetum Hymale) dan Zeolit*. Agorintek 05(02):133-143.