

EFEKTIVITAS VARIASI DOSIS FERRI KLORIDA (FeCl_3) SEBAGAI KOAGULAN DALAM MENURUNKAN KADAR KADMIUM (Cd) PADA AIR LINDI TPA JATIBARANG SEMARANG

Devi Sarah Silaban, Sulistiyani, Mursid Rahardjo

Bagian Kesehatan Lingkungan, Fakultas Kesehatan Masyarakat
Universitas Diponegoro

Email: devisarahsilaban@gmail.com

Abstract : *Leachate is the liquid waste that comes out of a pile of TPA containing heavy metals cadmium of 3.425 mg/l and beyond normal limits according to the Minister of Environment and Forestry Republic Indonesia Regulation Number 59 Year 2016 and the normal limit cadmium content in leachate is as much as 0.1 mg/l. Cadmium is highly toxic and can be harmful to the environment. Using Ferric chloride with coagulation-flocculation method is one technology that can be used to remove heavy metals in leachate. The purpose of this study was to determine the effectiveness of dose variation (7 grams, 12 grams and 17 grams) of ferric chloride as a coagulant in lowering levels of cadmium in TPA Jatibarang. This type of research was a true experiment with pretest and posttest with control group design. The populations in this study were all leachate in the inlet TPA Jatibarang Semarang. Data were analyzed by ANOVA (p value ≤ 0.05). The results showed the initial concentration of Cd of 0.862 mg/l and remained above the quality standard (0.1 mg/l). The average pH and temperature of the leachate before treatment was 7 and 26.48°C. After treatment with FeCl_3 7 grams of 7 and 25.75°C, pH and temperature after treatment with FeCl_3 12 grams by 7.16 and 25.58°C, pH and temperature after treatment with FeCl_3 17 grams of 7 and 26°C. Decreased levels of Cd in 7 grams dose as much as 21.1%, 12 grams dose as much as 41.3% and 17 grams dose as much as 72.8% ANOVA showed p -value = 0.0001 or ≤ 0.05 , which means that there were differences in the metal levels decrease Cd in leachate by using a treatment dose variation Ferric chloride. That was because ferric chloride was hydrolyzed to interact with and neutralize the negative colloids changes. It can be concluded that the administration of dose variation Ferric chloride effect on the levels of the metal cadmium (Cd) in landfill leachate water Jatibarang Semarang.*

Keywords: *Leachate, levels of cadmium (Cd), Ferric chloride, TPA Jatibarang, Semarang*

Bibliography : 53 (1998-2016)

PENDAHULUAN

Sampah adalah masalah utama yang hampir terjadi di setiap kota di Indonesia. Sampah-sampah yang dihasilkan akan dikumpulkan di tempat pembuangan sementara (TPS), dan kemudian diangkut ke tempat pembuangan akhir (TPA). Setelah itu dilakukan proses

pengolahan sampah seperti daur ulang dan pengomposan. Sampah yang tidak dapat diolah dan yang masih tetap berada di tempat pembuangan akhir (TPA) selanjutnya akan ditimbun ke dalam sel sampah. Sampah yang ditimbun dalam sel sampah tersebut akan mengalami dekomposisi yang menyebabkan

terjadinya perubahan fisik, kimia dan biologis pada sampah. Salah satu hasil dari proses dekomposisi yang terjadi adalah adanya air lindi.⁽¹⁾

Air lindi adalah air yang dihasilkan akibat dari perkolasi air hujan melalui sel sampah, proses biokimia terjadi di dalam sel sampah dan kadar air akan melekat pada sampah yang ada pada sel sampah itu sendiri.⁽²⁾ Air lindi yang membawa material tersuspensi dan terlarut merupakan hasil dari degradasi sampah yang tertimbun. Komposisi air lindi dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jenis sampah yang terkumpul, dan kondisi khusus setempat seperti musim. Air lindi biasanya memiliki senyawa-senyawa organik (hidrokarbon, sulfat, asam humat, galat dan tanah) dan senyawa-senyawa anorganik (natrium, magnesium, kalium, sulfat, fosfat dan senyawa-senyawa logam berat) yang tinggi. Logam berat yang sering didapati pada air lindi adalah arsen, besi, kadmium, kromium, merkuri, nikel, seng, tembaga dan timbal.⁽³⁾ Air lindi ini jika tidak mendapat penanganan dengan baik dapat meresap ke dalam tanah dan menyebabkan pencemaran tanah dan air tanah.

Timbulan sampah di TPA Jatibarang menghasilkan *leachate* (lindi), lindi ini tidak bisa langsung dibuang ke lingkungan karena dapat menyebabkan pencemaran. Air limbah tersebut harus diolah terlebih dahulu agar mempunyai kualitas yang sama dengan air lingkungan yaitu tidak mengandung zat toksik bagi organisme maupun bagi manusia yang memanfaatkannya.⁽⁴⁾

Berdasarkan penelitian pendahuluan yang dilakukan pada tanggal 4 Mei 2016, diketahui bahwa kadar logam berat Kadmium (Cd) pada *outlet* air lindi TPA Jatibarang Semarang adalah 3,425 mg/l.

Parameter Kadmium (Cd) ini melebihi Baku Mutu Air Lindi menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No. 59 tahun 2016 tentang Baku Mutu Lindi bagi Usaha dan/atau Kegiatan Tempat Pemrosesan Akhir yaitu sebesar 0,1 mg/l.

Jika logam Kadmium tidak diolah dapat menyebabkan keracunan kronis Kadmium terjadi bila memakan atau inhalasi dosis kecil Cd dalam waktu yang lama. Gejala akan terjadi setelah selang waktu beberapa lama dan kronik. Kadmium pada keadaan ini menyebabkan nefrotoksisitas, yaitu gejala proteinuria, glikosuria, dan aminoasiduria disertai dengan penurunan laju filtrasi glomerulus ginjal. Kasus keracunan Cd kronis juga menyebabkan gangguan kardiovaskuler dan hipertensi. Keracunan Kadmium (Cd) kronis juga menyebabkan kerusakan pada fisiologis tubuh, yaitu ginjal, paru-paru, darah, jantung, kelenjar reproduksi, indera penciuman dan kerapuhan tulang. Kadmium bersifat kumulatif dan sangat toksik bagi manusia karena dapat mengakibatkan gangguan fungsi ginjal serta merusak lingkungan perairan.⁽⁵⁾

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian Eksperimen sesungguhnya (*True eksperimental*), dengan menggunakan metode penelitian eksperimen dalam skala laboratorium. Sedangkan rancangan penelitiannya adalah *pretest and posttest with control group design* atau rancangan eksperimen ulang. Populasi pada penelitian ini adalah seluruh air lindi di *inlet* TPA Jatibarang Semarang. Sampel dalam penelitian ini adalah sebagian

air lindi TPA Jatibarang Semarang. Pengambilan sampel dilakukan dengan cara *grab sampling*.

Data primer dalam penelitian ini diperoleh dari data laboratorium, yaitu pengukuran kadar Kadmium (Cd) dalam air lindi (*leachate*) sebelum dan sesudah diberikan perlakuan menggunakan Ferri klorida dengan variasi dosis, pengukuran suhu, pengukuran pH, kecepatan pengadukan dan lama pengadukan dengan menggunakan *jar test*. Analisis kadar kadmium dilakukan di Laboratorium Fakultas Sains Matematika Universitas Diponegoro Semarang. Selain itu data diperoleh dari literatur/kepuustakaan yang ada mengenai lokasi TPA, pengolahan air lindi di TPA Jatibarang, penelitian terkait tentang pemeriksaan kadar Kadmium, penggunaan koagulan Ferri klorida.

Analisis bivariat yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu uji ANOVA dengan *One Way Analysis of Variance* apabila data berdistribusi normal. Bila data tidak berdistribusi normal, uji statistik yang digunakan adalah *Kruskal-Wallis*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Hasil Pemeriksaan Kadar Kadmium Sebelum dan Setelah Pemberian Ferri klorida dengan Berbagai Variasi Dosis

Ulangan	Pretest (mg/l)	Kontrol (mg/l)	Posttest (mg/l)		
			Dosis 7 gr	Dosis 12 gr	Dosis 17 gr
1	0,910	0,880	0,670	0,515	0,24
2	0,865	0,867	0,625	0,497	0,22
3	0,870	0,965	0,704	0,560	0,20
4	0,826	0,978	0,688	0,486	0,23
5	0,840	0,890	0,675	0,470	0,22
6	0,862	0,883	0,720	0,510	0,24
Rata-rata	0,862	0,778	0,680	0,497	0,23

Rata-rata kadar Cd setelah perlakuan pada dosis Ferri klorida 7 gram adalah 0,6803 mg/l. Rata-rata kadar Cd setelah perlakuan pada

dosis 12 gram adalah 0,5063 mg/l. Rata-rata kadar Cd setelah perlakuan pada dosis 17 gram adalah 0,2348 mg/l. Dari rata-rata perlakuan dengan variasi dosis 7 gram, 12 gram dan 17 gram tersebut, dosis yang lebih banyak menurunkan kadar kadmium (Cd) adalah 17 gram.

Tabel 2. Hasil Pemeriksaan pH Sebelum dan Setelah Pemberian Ferri klorida dengan Berbagai Variasi Dosis

Ulangan	Pretest	Post		
		Dosis 7 gr	Dosis 12 gr	Dosis 17 gr
1	7	7	7	7
2	7	7	7	7
3	7	7	7	7
4	7	7	7	7
5	7	7	8	7
6	7	7	7	7
Rata-rata	7	7	7,16	7

Rata-rata pH setelah proses koagulasi-flokulasi pada penelitian ini untuk dosis 7 gram $FeCl_3$ sebesar 7. Rata-rata pH untuk dosis 12 gram $FeCl_3$ sebesar 7,16 dan untuk dosis 17 gram $FeCl_3$ pH sebesar 7. Saat pengendalian pH sebelum di *jar test* yaitu sebesar 7 dan setelah di *jar test* tidak mengalami penurunan atau kenaikan pH pada dosis 7 gram dan 17 gram sedangkan pada dosis 12 gram mengalami kenaikan pH sebesar dari 7 menjadi 8 sehingga dapat dilihat bahwa pH dosis 12 gram setelah di *jar test* mengalami kenaikan sebesar 0,2

Tabel 3. Hasil Pemeriksaan Suhu Sebelum dan Setelah Pemberian Ferri klorida dengan Berbagai Variasi Dosis

Ulangan	Pretest (°C)	Post (°C)		
		Dosis 7 gr	Dosis 12 gr	Dosis 17 gr
1	26,9	27	27	28
2	28	28	27	28
3	26	25	24,5	25
4	27	25	25	25
5	28	24,5	25	25
6	26	25	25	25
Rata-rata	26,98	25,75	25,58	26

Rata-rata suhu setelah proses koagulasi-flokulasi pada penelitian ini untuk dosis 7 gram FeCl_3 sebesar 25,75°C. Rata-rata suhu untuk dosis 12 gram FeCl_3 sebesar 25,58°C dan untuk dosis 17 gram FeCl_3 suhu sebesar 26°C.

PEMBAHASAN

Penurunan Kadar Cd pada Air Lindi TPA Jatibarang

Hasil pemeriksaan air lindi yang dilakukan pada air lindi TPA Jatibarang Semarang, diketahui bahwa penurunan kadar kadmium saat ditambahkan Ferri klorida dengan metode koagulasi-flokulasi kemungkinan disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya adalah pH air lindi sebelum pengadukan dan setelah pengadukan. Setelah Ferri klorida ditambahkan kedalam air lindi, pH diukur. pH rata-rata setelah penambahan Ferri klorida pada air lindi bersifat asam maka ditambahkan NaOH 50% untuk menetralkan pH.

Pengaturan pH merupakan hal yang penting dalam proses pengolahan limbah secara kimiawi. Hal ini disebabkan karena proses koagulasi-flokulasi terjadi pada pH tertentu. Derajat keasaman (pH) adalah salah satu faktor terpenting yang mempengaruhi proses koagulasi. Bila proses koagulasi dilakukan tidak pada rentang pH optimum, maka akan mengakibatkan gagalnya proses pembentukan flok dan rendahnya kualitas air yang

dihasilkan. Ferri klorida bekerja pada rentang pH yang lebih luas yaitu pada pH 4 – 12.⁽⁶⁾ Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Wang dkk, pH optimum untuk menurunkan kadar logam berat pada air lindi menggunakan Ferri klorida adalah 10.⁽⁷⁾

Faktor lain yang kemungkinan menyebabkan penurunan kadar logam kadmium pada air lindi disebabkan oleh kecepatan pengadukan dan lama pengadukan.

Kadar Cd Sebelum Perlakuan

Air lindi TPA Jatibarang Semarang memiliki kadar Cd di atas baku mutu. Berdasarkan hasil pemeriksaan kadar Kadmium pada air lindi yang diambil saat uji pendahuluan pada tanggal 4 Mei 2016, diperoleh hasil kadar Cd sebesar 3,425 mg/l. Peraturan mengenai nilai ambang batas kadar kadmium pada air lindi yang digunakan pada penelitian ini mengacu pada Baku Mutu Air Lindi menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No. 59 tahun 2016 tentang Baku Mutu Lindi bagi Usaha dan/atau Kegiatan Tempat Pemrosesan Akhir yaitu sebesar 0,1 mg/l. Hasil pemeriksaan kadar Cd pada saat sebelum perlakuan sebesar 0,8622 mg/l. Hasil ini jauh berbeda dengan hasil pada saat uji pendahuluan. Hal ini dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya kondisi cuaca yang mengalami hujan sehingga membuat kadar Cd dalam air lindi menurun. Selain dipengaruhi oleh kondisi cuaca, hal itu juga dapat dipengaruhi oleh karakteristik sampah yang dibuang ke TPA Jatibarang Semarang.

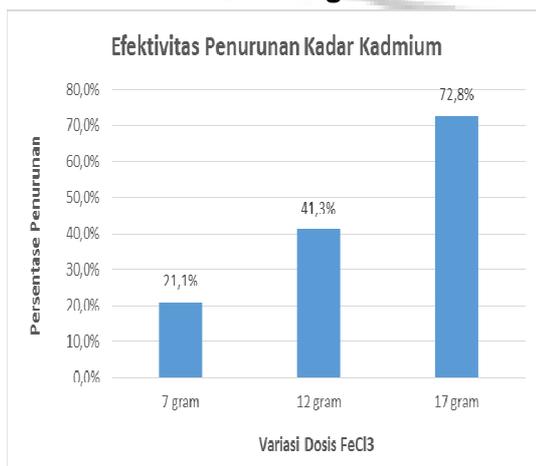
Dari hasil penelitian yang dilakukan diketahui bahwa di dalam TPA Jatibarang Semarang mengandung bahan berbahaya

diantaranya adalah logam berat non-essensial kadmium (Cd). Adanya keberadaan Cd yang melebihi baku mutu lingkungan tersebut bila tidak diolah akan mengakibatkan pencemaran air sungai dan tanah yang berada di dekat TPA Jatibarang Semarang. Dampak negatif pada manusia terjadi jika menggunakan air sungai dan air tanah yang telah tercemar oleh air lindi yang mengandung logam berat kadmium.

Kadar Cd Setelah Perlakuan dengan Variasi Dosis Ferri Klorida

Rata-rata kadar Cd setelah perlakuan pada dosis Ferri klorida 7 gram adalah 0,6803 mg/l. Rata-rata kadar Cd setelah perlakuan pada dosis 12 gram adalah 0,5063 mg/l. Rata-rata kadar Cd setelah perlakuan pada dosis 17 gram adalah 0,2348 mg/l. Dari rata-rata perlakuan dengan variasi dosis 7 gram, 12 gram dan 17 gram tersebut, dosis yang lebih banyak menurunkan kadar kadmium (Cd) adalah 17 gram. Pada penelitian ini terjadi penurunan kadar kadmium pada masing-masing dosis namun belum berada dibawah Baku Mutu Air Lindi menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No. 59 tahun 2016 tentang Baku Mutu Lindi bagi Usaha dan/atau Kegiatan Tempat Pemrosesan Akhir yaitu sebesar 0,1 mg/l.⁽⁸⁾

Efektivitas Penurunan Logam Cd pada Air Lindi TPA Jatibarang



Hasil pemeriksaan yang dilakukan pada kadar Cd air lindi TPA Jatibarang Semarang diketahui bahwa perlakuan terhadap air lindi dengan Ferri klorida dapat menurunkan kadar Cd. Kelompok kontrol yang tanpa menggunakan Ferri klorida telah mengalami penurunan kadar Cd pada pengulangan 1 sedangkan pada pengulangan 2 sampai 6 mengalami kenaikan kadar Cd. Dibandingkan dengan kelompok kontrol, kelompok perlakuan dengan dosis Ferri klorida 7 gram mempunyai nilai efektivitas sebesar 21,1 %. Kelompok perlakuan dengan dosis Ferri klorida 12 gram mempunyai nilai efektivitas sebesar 41,3 % dan kelompok perlakuan 17 gram mempunyai nilai efektivitas sebesar 72,8 %.

Berdasarkan uji ANOVA didapat nilai signifikansi sebesar 0,0001 atau $\leq 0,05$. Maka dapat diketahui bahwa ada perbedaan penurunan kadar logam Cd pada air lindi dengan perlakuan menggunakan variasi dosis Ferri klorida dan berdasarkan uji lanjutan *post hoc* LSD didapatkan hasil bahwa ada perbedaan bermakna disetiap masing-masing penurunan kadar kadmium dengan variasi dosis ferri klorida 7, 12 dan 17 gram.

Pada penelitian Irvan Sidni, koagulan ferri klorida memiliki efisiensi penurunan konsentrasi Cr sebesar 91% dan Pb sebesar 84% pada air lindi TPA Jatibarang Semarang dengan dosis optimum Cr dan Pb adalah 1 gram FeCl₃.⁽²⁾

KESIMPULAN

1. Kadar kadmium (Cd) pada air lindi TPA Jatibarang Semarang sebelum perlakuan yaitu sebesar 0,862 mg/l
2. Rata-rata kadar kadmium (Cd) pada air lindi TPA Jatibarang Semarang sesudah perlakuan

pada dosis 7 gram sebesar 0,680 mg/l, pada dosis 12 gram sebesar 0,497 mg/l dan pada dosis 17 gram sebesar 0,234 mg/l.

3. Efektivitas penurunan kadar Kadmium (Cd) yang disebabkan oleh pemberian Ferri klorida pada dosis 7 gram yaitu 21,1 %, pada dosis 12 gram yaitu 41,3 % dan pada dosis 17 gram yaitu 72,8%.
4. Ada perbedaan penurunan kadar Kadmium (Cd) pada air lindi TPA Jatibarang Semarang menggunakan Ferri klorida.

SARAN

1. Bagi Peneliti Lain
Perlu diteliti efektivitas Ferri klorida dalam menurunkan kandungan bahan kimia lain yang terdapat pada air lindi.
2. Bagi Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Semarang UPTD TPA
Disarankan untuk melakukan penelitian lebih lanjut apabila ingin menerapkan hasil penelitian ini agar proses pengolahan air lindi dapat berjalan optimal.

DAFTAR PUSTAKA

1. Suharto B, Susanawati LD, Wilistien I B. *Penurunan Kandungan Logam Pb dan Cr Leachate Melalui Fitoremediasi Bambu Air (Equisetum Hymale) dan Zeolit*. J Agorintek. Volume 5,;hlm.133-142.
2. Sidni, Irvan. Badrus Z dan S. *Penurunan Konsentrasi Timbal Dan Krom Dari Air Lindi Dengan Pemanfaatan Alum Dan Ferri Klorida Sebagai Koagulan Melalui Proses Koagulasi Dan Flokulasi (Studi Kasus : Air Lindi TPA Jatibarang)*. J Tek Lingkungan. 2012.
3. Sudarwin. *Analisis Spasial Pencemaran Logam Berat (Pb dan Cd) Pada Sedimen Aliran Sungai Dari Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Jatibarang Semarang*. Universitas Diponegoro; 2008.
4. Siswoyo E, Abdullah LMS. *Penurunan Logam Timbal (Pb) pada Limbah Cair TPA Piyungan Yogyakarta dengan Constructed Wetlands Menggunakan Tumbuhan Eceng Gondok (Eichornia Crassipes)*. 2011;3:73–9.
5. Surbakti P. *Analisis Logam Berat Cadmium (Cd), Cuprum (Cu), Cromium (Cr), Ferrum (Fe), Nikel (Ni), Zinkum (Zn) Pada Sedimen Muara Sungai Asahan Di Tanjung Balai Dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)*. Universitas Sumatera Utara; 2011.
6. W R, Iswanto B, Winarni. *Pengaruh pH pada Proses Koagulasi dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan Ferri Klorida*. J Teknol Lingkungan. 2009;Vol. 5, No(ISSN: 1829-6572):40–5.
7. Wang Zong dkk. *Landfill Leachate Treatment by a Coagulation-photooxidation Process*. J Hazard. 2002;153–9.
8. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No. 59 tahun 2016 tentang Baku Mutu Lindi bagi Usaha dan/atau Kegiatan Tempat Pemrosesan Akhir