

# **PENGARUH CAMPURAN SEMEN-LEMPUNG TERHADAP PENURUNAN KADAR LOGAM DALAM LINDI DARI TPA BENOWO KOTA SURABAYA**

## **THE INFLUENCE OF CEMENT-CLAY MIXTURE IN DECREASING METAL CONCENTRATIONS IN LEACHATE OF BENOWO SOLID WASTE DISPOSAL SITE, SURABAYA CITY**

**Didik Sarudji**

**Fakultas Kedokteran, Universitas Wijaya Kusuma, Surabaya**

**email: sisikmsc\_fkuwks@yahoo.com**

### **Abstrak**

Masalah lindi merupakan masalah yang selalu menyertai pembuangan akhir sampah padat. Lindi adalah bahan pencemar yang potensial mengganggu lingkungan dan kesehatan manusia. Beberapa logam terutama logam berat dapat mencapai rantai makanan bawah dan atas sampai masuk dan terakumulasi dalam tubuh organisme termasuk manusia. Dalam tubuh manusia pada konsentrasi tertentu umumnya logam berat menyebabkan kerusakan pada susunan syaraf pusat. Tujuan dari penelitian ini adalah menguji pada skala laboratorium sampai sejauh mana campuran semen (putih) dan lempung mampu menurunkan kadar berbagai logam yang terkandung dalam lindi yang dihasilkan oleh tempat pembuangan akhir sampah padat Benowo Kota Surabaya. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah mencampurkan campuran semen dan lempung dalam berbagai rasio kepada sampel-sampel lindi dalam jar-test. Endapan lumpur dan bagian cair kemudian dipisahkan. Bagian cair dianalisa di Balai Laboratorium Kesehatan Surabaya. Pengujian laboratorium menunjukkan bahwa campuran semen dan lempung mampu menurunkan bahkan menghilangkan kandungan logam Fe, Mn, Zn, Cd dan Pb yang terkandung dalam lindi.

Kata kunci: lindi, semen-lempung, logam, logam berat

### **Abstract**

Leachate is a problem in solid waste final disposal. Leachate potentially causes environmental problems that influence human health after reaching top food chain. In the human body heavy metals are accumulated, and in a certain concentration could interfere central nervous system. The aim of this laboratory study was to investigate how far the mixtures of cement and clay could reduce effectively metal concentrations in leachate from Benowo solid waste disposal site. The method included treating the mixture of cement and clay in several ratios to leachate samples in the jar-test. After mixing, the precipitate was separated from the supernatant. The metal contents in the supernatant were analyzed in Balai Laboratorium Kesehatan Surabaya. The results showed that the mixtures could reduce, even eliminate, Fe, Mn, Zn, Cd and Pb in the leachate.

Keywords: leachate, cement-clay (ceclayds), metals, heavy metals

## **1. PENDAHULUAN**

Sampah sering kali mengandung bahan-bahan toksik, menjadi pencemar air maupun tanah dan dalam hal pencemaran terhadap air dapat mengganggu ekosistem badan air. Permasalahan yang selalu timbul akibat sampah adalah makin terbatasnya lahan untuk pembuangan akhir. Permasalahan ini membawa dampak negatif yang merugikan karena lokasi diperoleh secara tidak ideal, seperti dekat dengan pemukiman atau dengan lahan lain untuk keperluan yang bersifat

produktif (Kepala Bagian Tata Usaha Dinas Kebersihan dan Petamanan Kota Surabaya, 2006, *pers. comm.*). Hal ini akan memberikan dampak ikutan seperti pencemaran hasil produksi yang akhirnya akan berpengaruh terhadap kesehatan masyarakat.

Salah satu ancaman terhadap lingkungan TPA adalah timbulnya lindi. Lindi dihasilkan dari proses dekomposisi sampah dan cairan yang berasal dan luar yang masuk ke dalam timbunan sampah seperti yang berasal dari air permukaan, air

hujan, air tanah, dan mata air. Lindi umumnya mengandung beberapa komponen seperti bahan organik, *total suspended solids* (TSS), amoniak, nitrat, fosfat, beberapa logam berat dan logam-logam lainnya, serta zat-zat lain yang sangat dipengaruhi oleh jenis sampah yang dibuang. (Sudarso, 1990)

Adanya logam berat seperti Hg, Cd dan Pb apabila masuk ke dalam rantai makanan bawah dan atas, sampai masuk ke tubuh manusia akan menyebabkan gangguan kesehatan sebagaimana dikenal dengan *minamata disease* yang disebabkan keracunan merkuri dan *itai-itai disease* yang disebabkan oleh Cd, yang pada umumnya adalah merusak sistem syaraf pusat (Sarudji, 2004). Akumulasi Pb dalam tubuh manusia dalam taraf tertentu akan berpengaruh terhadap kerusakan jaringan syaraf pusat dan sistem pembentukan sel darah (Siswanto, 1991).

Pada dasarnya pengolahan lindi sama dengan pengolahan air limbah, secara garis besar terdiri atas : (1) pengolahan secara fisik seperti *screening*, sedimentasi, dan filtrasi; (2) pengolahan secara biologik baik secara aerobik atau an-aerobik, untuk menguraikan bahan-bahan organik; dan (3) pengolahan secara kimiawi, yaitu pembubuhan air limbah dengan koagulan seperti garam-garam aluminium, atau ferri, atau polielektrolit sintetis, untuk memflokulasi koloid-koloid organik di dalamnya.

Untuk lebih meningkatkan hasil pengolahan lindi di TPA Benowo perlu dicari alternatif metode pengolahan lindi yang lebih efektif, sehingga diperlukan penelitian laboratorium tentang pengaruh campuran semen putih (*cement*) dan lempung (*clay*) terhadap penurunan konsentrasi logam yang terkandung dalam lindi. Semen-lempung adalah campuran *Cement* putih dan *Clay* (tanah liat/lempung) yang selanjutnya disebut *ceclayds* (singkatan dari *cement* dan *clay*, dan *ds* adalah kependekan Didik Sarudji, nama orang yang pertama kali bereksperimen).

Semen adalah campuran dari  $3\text{CaOSiO}_2$  (Trikalsium silikat) ( $\text{C}_3\text{S}$ ),  $2\text{CaOSiO}_2$  (Dikalsium silikat) ( $\text{C}_2\text{S}$ ),  $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$  (Trikalsium Aluminat) ( $\text{C}_3\text{A}$ ) dan  $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$  (Tetrakalsium Aluminoforit) ( $\text{C}_4\text{AF}$ ). Dari hasil analisis, semen  $\text{CaO}$  merupakan komponen dengan jumlah terbanyak (60-66%), disusul silika ( $\text{SiO}_2$ ) sebanyak

19-25%, alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) 3-8% dan oksida besi ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) 1-5%. Di samping itu juga terdapat komponen lainnya seperti oksida magnesium ( $\text{MgO}$ ) yang dibatasi sampai 4%. Semen putih adalah semen yang mempunyai kadar rendah dari komponen trikalsium aluminat, tetrakalsium aluminoforit dan oksida magnesium. Apabila ditambahkan air maka akan terbentuk gel C-H-S dan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  dimana C = Calcium; H =  $\text{H}_2\text{O}$ ; dan S =  $\text{SiO}_2$  (Subakti, 1995).

Batu kapur yang merupakan bahan utama semen mengandung komponen  $\text{CaO}$ , dan lempung (*clay*) yang mengandung  $\text{SiO}_2$  (silikat),  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (oksida alumina) dan  $\text{FeO}_3$  (oksida besi).

Dari uraian tersebut maka masalah yang dapat dirumuskan adalah apakah semen-lempung (*ceclayds*) mampu menurunkan konsentrasi logam-logam yang terkandung dalam lindi sampai di bawah konsentrasi yang ditetapkan baku mutu limbah cair? Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan tingkat penurunan konsentrasi logam-logam yang terkandung dalam lindi setelah diberi perlakuan dengan *ceclayds* di laboratorium. Hasil penelitian ini diharapkan dapat dimanfaatkan dalam menentukan langkah-langkah lebih lanjut untuk diterapkan sebagai metode alternatif pengolahan lindi atau pengolahan limbah cair, yang mungkin lebih efektif dan efisien.

## 2. METODOLOGI

Penelitian ini adalah penelitian laboratorium yang menggunakan *jar-test* untuk menguji efektifitas konsentrasi *ceclayds* yang terbaik.

Tanah liat (lempung) dari sawah dicampur dengan banyak air, kemudian disaring dengan kain kasa atau saringan halus, diendapkan dan lumpurnya dipisahkan dari air dan dikeringkan  $105^\circ\text{C}$  selama 24 jam. Hasilnya didinginkan dan digerus, dan diayak dengan ayakan biasa. Dalam uji coba digunakan campuran antara semen putih dan lempung. Masing-masing uji menggunakan berat campuran 100 gram dengan rasio (berat kering) sebagaimana tercantum pada Tabel 1.

Campuran tersebut masing-masing diaduk dengan 100 ml akuades dalam gelas *jar-test* volume 1000

ml, kemudian diberikan lindi sampai menunjukkan permukaan 1000 ml (1 liter).

**Tabel 1.** Komposisi campuran semen dan lempung.

Perlakuan 1 (X1)		Perlakuan 1 (X2)	
Semen	Lempung	Semen	Lempung
Rasio 4 : 0		Rasio 3 : 1	
100 gr	0 gr	75 gr	25 gr
Perlakuan 1 (X3)		Perlakuan 4 (X4)	
Semen	Lempung	Semen	Lempung
Rasio 1 : 1		Rasio 1 : 3	
50 gr	50 gr	25 gr	75 gr

Masing-masing sampel diberi perlakuan pengadukan dengan kecepatan 100 rpm selama 10 menit, dilanjutkan pengadukan 60 rpm selama 5 menit dan ditunggu pengendapan selama 10 menit. Pengadukan ulang dilakukan dengan 100 rpm selama 10 menit dan ditunggu pengendapan 10 menit lagi. Hasilnya (bagian yang tidak mengendap) diuji di Balai Laboratorium Kesehatan Surabaya untuk mengetahui konsentrasi parameter logam sebelum dan setelah perlakuan.

Pernilaian waktu 10 menit untuk pengadukan, dan pengendapan serta pengulangannya, ditentukan berdasarkan pengalaman empirik bahwa waktu-waktu tersebut memberikan hasil yang cukup optimal. Misalnya waktu pengendapan 10 menit, artinya lebih dari 10 menit tidak tampak pengendapan lagi secara berarti. Pengadukan diulang dua kali artinya pada pengadukan ketiga tidak memberikan tambahan bahan-bahan yang mengendap secara berarti menurut penilaian visual.

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Setelah pemeriksaan sampel air dilakukan, ternyata memberikan hasil bahwa konsentrasi beberapa logam telah melampaui konsentrasi maksimum yang diperkenankan untuk air limbah Golongan 1, yaitu logam-logam Mn, Ni, Cd dan Pb.

**Besi (Fe)**

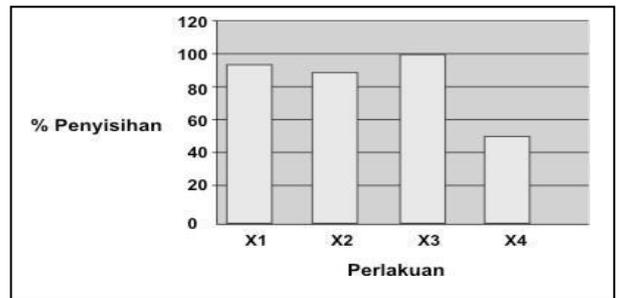
Kadar besi (Fe) sebelum dan setelah perlakuan X1, X2, X3 dan X4 dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 2.

**Tabel 2.** Efisiensi penyisihan kadar Fe (%) setelah pemberian *ceclayds*

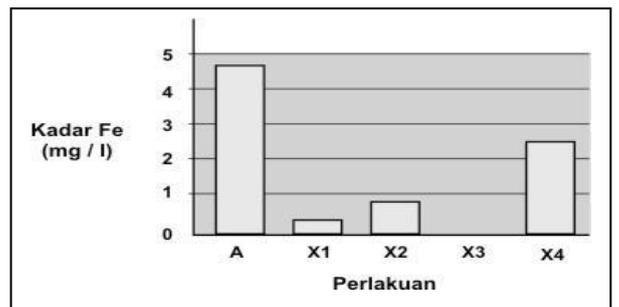
Jenis Perlakuan	Kadar Fe (mg/l)		Penyisihan (%)
	Sebelum Perlakuan (A)	Setelah Perlakuan	
X1	4,703	0,305	94
X2	4,703	0,491	90

X3	4,703	0,000	100
X4	4,703	2,326	50

Dari penurunan tersebut, pada pemberian perlakuan X3 terhadap sampel yaitu pada rasio semen : lempung = 1 : 1 akan memberikan hasil paling efektif, dengan efisiensi penyisihan 100%. Efisiensi penyisihan Fe dapat dilihat pada Gambar 1, sedangkan perubahan kadar Fe dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 1.** Efisiensi Penyisihan Fe (%) setelah perlakuan X1, X2, X3 dan X4



**Gambar 2.** Kadar Fe (mg/l) sebelum perlakuan (A) dan setelah perlakuan X1, X2, X3 dan X4

**Mangan (Mn)**

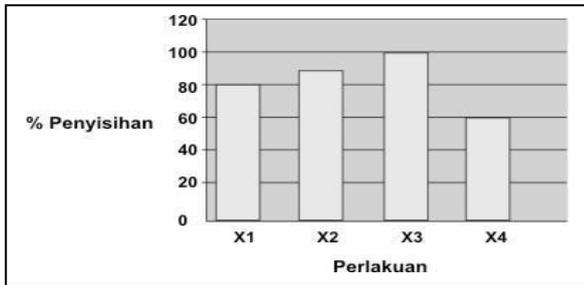
Kandungan Mn sebelum lindi diberi perlakuan 1,128 mg/l. Setelah perlakuan X1, X2, X3, dan X4 dapat dilihat pada Tabel 3 dan Gambar 4.

**Tabel 3.** Efisiensi penyisihan kadar Mn setelah pemberian *ceclayds*

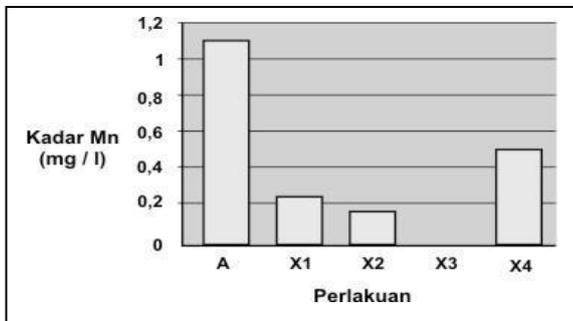
Jenis Perlakuan	Kadar Mn (mg/l)		Penyisihan (%)
	Sebelum Perlakuan (A)	Setelah Perlakuan	
X1	1,128	0,236	79
X2	1,128	0,113	90
X3	1,128	0,000	100
X4	1,128	0,457	50

Dari Tabel 3 tersebut perlakuan X3 yaitu pada rasio antara semen dan lempung 1 : 1 menunjukkan hasil paling efektif untuk menurunkan kadar Mn

dalam lindi dengan efisiensi penyisihan 100%. Efisiensi penyisihan kadar Mn dalam berbagai perlakuan juga dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Efisiensi Penyisihan Mn (%) setelah perlakuan X1, X2, X3 dan X4



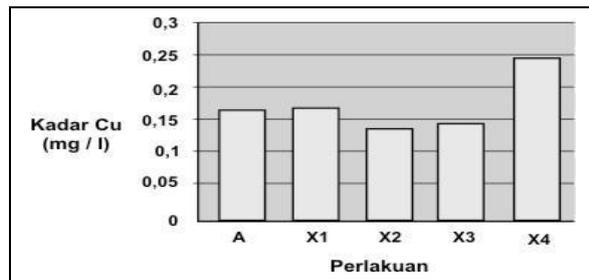
Gambar 4. Kadar Mn (mg/l) sebelum perlakuan (A) dan setelah perlakuan X1, X2, X3, dan X4.

**Tembaga (Cu)**

Kadar Cu dalam lindi sebesar 0,162 mg/l, dan setelah diberi perlakuan X1 kadarnya naik 1%, pada perlakuan X2 dan X3 masing-masing turun dengan efisiensi penyisihan 15 dan 10% dan pada perlakuan X4 naik 51%. (Lihat Tabel 4 dan Gambar 5). Apabila diperhatikan dengan memberikan perlakuan pada kadar lempung yang makin meningkat ternyata kadar Cu juga makin meningkat. Hal ini diperkirakan karena kemungkinan besar dalam lempung itu sendiri mengandung Cu.

Tabel 4. Perubahan kadar Cu setelah pemberian *ceclayds*

Jenis Perlakuan	Kadar Cu (mg/l)		Perubahan kadar Cu(%)
	Sebelum Perlakuan (A)	Setelah Perlakuan	
X1	0,162	0,164	Naik 1
X2	0,162	0,138	Turun 15
X3	0,162	0,145	Turun 10
X4	0,162	0,245	Naik 51



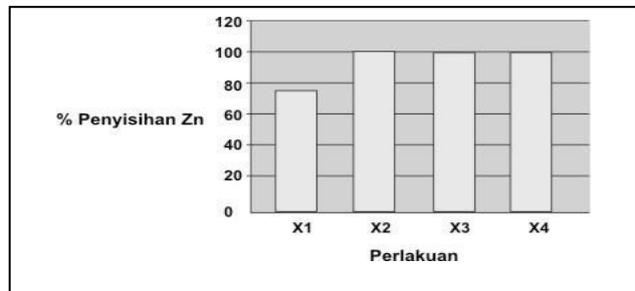
Gambar 5. Kadar Cu (mg/l) sebelum perlakuan (A) dan setelah perlakuan X1, X2, X3, dan X4.

**Seng (Zn)**

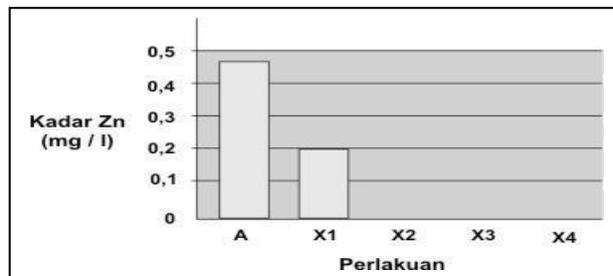
Kadar Zn sebelum lindi diberi perlakuan 0,465 mg/l, dan setelah perlakuan X1, X2, X3, dan X4 turun sebagaimana tampak pada Tabel 5. dan Gambar 7. Tingkat efisiensi penyisihan Zn oleh *ceclayds* dapat dilihat pada Gambar 6.

Tabel 5. Efisiensi penyisihan kadar Zn (%) setelah pemberian *ceclayds*

Jenis Perlakuan	Kadar Zn (mg/l)		Penyisihan (%)
	Sebelum Perlakuan (A)	Setelah Perlakuan	
X1	0,465	0,203	56
X2	0,465	0,000	1000
X3	0,465	0,000	1000
X4	0,465	0,000	1000



Gambar 6. Efisiensi penyisihan Zn (%) setelah perlakuan X1, X2, X3, dan X4.



Gambar 7. Kadar Zn (mg/l) sebelum perlakuan (A) dan setelah perlakuan X1, X2, X3, dan X4.

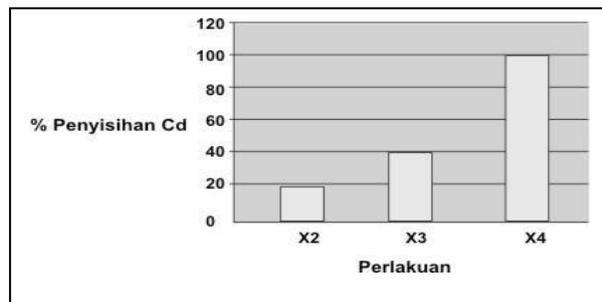
**Kadmium (Cd)**

Kadmium yang terkandung dalam lindi TPA Benowo telah melampaui kadar maksimum yang diperkenankan sebesar 0,01 mg/l. Kadar Cd sebelum diberi perlakuan 0,072 mg/l., dan setelah perlakuan X1, X2, X3, dan X4 berubah sebagaimana tampak pada Tabel 6 dan Gambar 9.

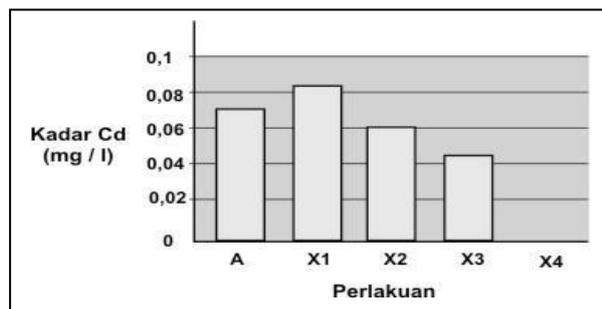
**Tabel 6.** Perubahan kadar Cd setelah pembedian *ceclayds*

Jenis Perlakuan	Kadar Cd (mg/l)		Perubahan kadar Cd (%)
	Sebelum Perlakuan (A)	Setelah Perlakuan	
X1	0,072	0,084	Naik 17
X2	0,072	0,059	Turun 18
X3	0,072	0,043	Turun 40
X4	0,072	0,000	Turun 100

Sementara itu efisiensi penyisihan kadar Cd terjadi setelah perlakuan X2, X3 dan X4 (Lihat Tabel 6 dan Gambar 8). Dengan demikian penyisihan paling efektif logam berat ini diperoleh pada perlakuan campuran semen dan lempung dengan rasio 1:3.



**Gambar 8.** Efisiensi penyisihan Cd (%) setelah perlakuan X2, X3 dan X4.



**Gambar 9.** Kadar Cd (mg/l) sebelum perlakuan (A) dan setelah perlakuan X1, X2, X3, dan X4.

**Timbal (Pb)**

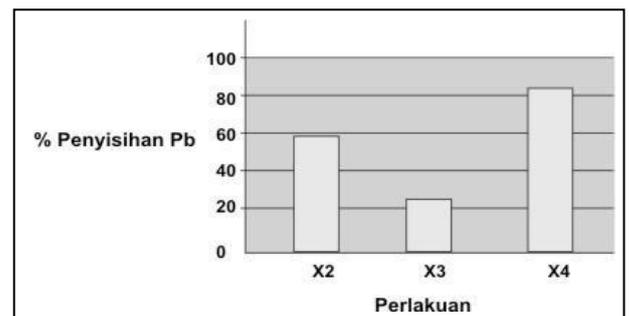
Kandungan Pb dalam lindi juga telah melampaui batas maksimum yang diperkenankan sebesar 0, 1 mg/l, yaitu 0,325 mg/l sebelum perlakuan. Setelah

diberi perlakuan X1, X2, X3, dan X4 berubah seperti tampak pada Tabel 7 dan Gambar 11.

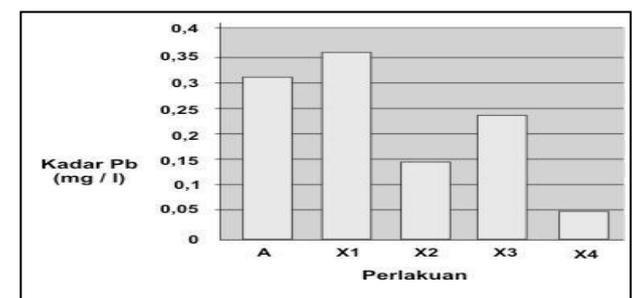
**Tabel 7.** Perubahan kadar Pb setelah pemberian *ceclayds*

Jenis Perlakuan	Kadar Pb (mg/l)		Perubahan kadar Pb (%)
	Sebelum Perlakuan (A)	Setelah Perlakuan	
X1	0,325	0,365	Naik 14
X2	0,325	0,141	Turun 57
X3	0,325	0,230	Turun 29
X4	0,325	0,051	Turun 84

Dari Tabel 7 tersebut efisiensi akan tampak setelah perlakuan X2, X3 dan X4 (Lihat juga Gambar 10). Penurunan 84 % ini telah aman untuk Pb apabila dilepas ke badan air di sekitarnya. Secara, khusus terhadap Pb ini peneliti mencoba memberi perlakuan tambahan, yaitu hasil perlakuan X2 diberi perlakuan sekali lagi dengan X2 (pemberian campuran semen-lempung dengan rasio 3:1), hasilnya mampu menurunkan Pb 100%.



**Gambar 10.** Efisiensi penyisihan Pb (%) setelah perlakuan X2, X3 dan X4.



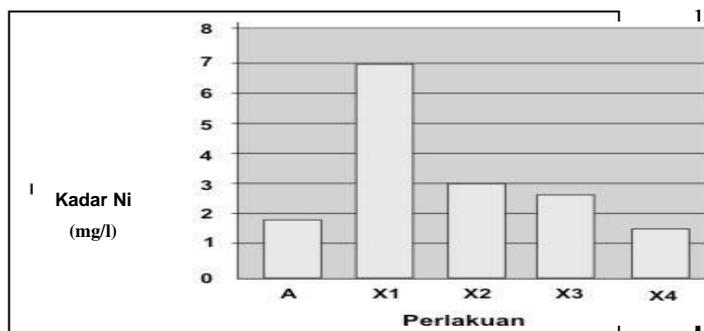
**Gambar 11.** Kadar Pb (mg/l) sebelum perlakuan (A) dan setelah perlakuan X1, X2, X3, dan X4.

**Nikel (Ni)**

Kandungan Ni dalam lindi 1,860 mg/l (batas maksimum yang diperkenankan 0,1 mg/l). Setelah perlakuan X1, X2, X3, dan X4 berubah seperti tampak pada Tabel 8 dan Gambar 12.

**Tabel 8.** Perubahan Kadar Ni setelah pemberian *ceclayds*

Jenis Perlakuan	Kadar Ni (mg/l)		Perubahan Kadar Ni (%)
	Sebelum Perlakuan (A)	Setelah Perlakuan	
X1	1,860	7,130	Naik 283
X2	1,860	2,880	Naik 55
X3	1,860	2,560	Naik 38
X4	1,860	1,550	Turun 17

**Gambar 12.** Kadar Ni (mg/l) sebelum perlakuan (A) dan setelah perlakuan X1, X2, X3, dan X4

Kenaikan yang tajam setelah perlakuan X1 disusul penurunan yang tajam pula pada perlakuan berikutnya membentuk pola yang belum terjawab oleh peneliti. Apakah semen putih mengandung Nikel, atau kesalahan teknis pengukuran di Laboratorium, adalah pertanyaan yang perlu dijawab dengan penelitian lebih lanjut karena peneliti tidak menganalisa unsur-unsur yang terkandung baik dalam semen putih dan lempung sebelumnya. Kandungan kedua bahan tersebut hanya dideskripsikan secara teori menurut literatur saja. Pertanyaan yang sama akan muncul saat meningkatnya suatu kandungan logam setelah pemberian perlakuan, tetapi kemudian menurun, seperti yang terjadi pada logam berat Cd dan Pb.

Sebagai catatan tambahan, semen putih murni (tanpa campuran lempung) lebih lambat proses pengendapannya setelah dicampur lindi dibanding dengan semen putih yang telah dicampur lempung. Penambahan waktu pengendapan di atas 10 menit mungkin akan menjawab pertanyaan ini.

#### 4. KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa efisiensi penyisihan tertinggi Fe dan Mn dalam lindi TPA Benowo dapat dihilangkan pada rasio semen dan lempung 1:1.

Efisiensi penyisihan Zn dalam lindi TPA Benowo dapat dihilangkan pada rasio semen dan lempung 3:1, 1:1, atau 1:3. Sedangkan efisiensi penyisihan Cd dalam lindi TPA Benowo dapat dihilangkan pada rasio semen dan lempung 1:3. Adapun efisiensi penyisihan Pb dalam lindi TPA Benowo dapat diturunkan sebesar 84% dengan rasio semen dan lempung 1:3, dan dapat dihilangkan dengan dua kali perlakuan dengan rasio semen dan lempung 3:1.

Kerugian dari pengolahan lindi ini adalah besarnya endapan yang ditimbulkan sebagai konsekuensi besarnya kandungan zat-zat yang terdapat dalam lindi yang ikut mengendap. Lumpur yang mengendap perlu segera dipindah atau diaduk sebelum menjadi padat.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Mitchell, Bruce, B. Setiawan, Rahmi, D. H. (2000). **Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan**. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Makarim, N (1994). **Pollution Control in Indonesia: Present Strategies and Future Outlooks**. Environmental Toxicology in South Asia. p. 3-6. VU University Press, Amsterdam.
- Purdom, P. Walton (1990). **Environmental Health**. Academic Press. New York.
- Sarudji, Didik (2004). **Kesehatan Lingkungan**. Media Ilmu. Surabaya.
- Sarudji, Didik (2005). **Wawasan Lingkungan**. Media Ilmu. Surabaya.
- Siswanto, A. (1991). **Toksikologi Industri**. Balai Hiperkes dan Kesehatan Kerja Provinsi Jawa Timur. Surabaya.
- Sudarso. (1990). **Pengelolaan Sampah**. Pusdiknakes Depkes R.I. Jakarta.
- Subakti, Aman. (1995). **Teknologi Beton Dalam Praktek**. Jurusan Teknik Sipil FTSPITS. Unpublished.
- Tan, Kim H. (1992). **Dasar-dasar Kimia Tanah**. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.