

KEMAMPUAN GEOSYNTHETIC CLAY LINER (GCL) SEBAGAI PELAPIS DASAR TPA TERHADAP PENYISIHAN KONSENTRASI BESI (Fe) DAN TIMBAL (Pb) DALAM LINDI

Kartika Nurrachmah Sari^{*)}, Syafrudin^{**)}, Mochtar Hadiwidodo^{**)}

Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

Jl. Prof. H. Sudarto, SH Tembalang, Semarang, Indonesia 50

E-mail: kartika.tarmudi@gmail.com

Abstrak

Tempat pemrosesan akhir umumnya dilengkapi dengan lapisan kedap (liner) yang berfungsi mengurangi mobilitas lindi ke dalam air tanah. Lapisan kedap tersebut dapat berupa lapisan lempung atau tanah yang dipadatkan dan geosynthetic clay liner. Meskipun liner tersebut merupakan bahan kedap, namun kerusakan dapat terjadi ketika pelaksanaan konstruksi karena alat-alat konstruksi yang beroperasi, kerusakan karena regangan, robek akibat penurunan tanah, bocor karena benda tajam, kelebihan beban dan sebagainya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kinerja geosynthetic clay liner sebagai pelapis dasar dan terhadap penyisihan konsentrasi lindi apabila terjadi kebocoran pada lapisan dasar TPA. Lindi yang digunakan dalam penelitian ini adalah lindi TPA Jatibarang, Semarang dan parameter yang diamati adalah besi (Fe) dan timbal (Pb). Penelitian ini menggunakan reaktor simulasi tanah dasar TPA. Terdapat 3 reaktor, yaitu reaktor kontrol yang berisi tanah yang dipadatkan dan kerikil, reaktor single-liner yang berisi tanah yang dipadatkan, geosynthetic clay liner dan kerikil, dan reaktor double-liner yang berisi tanah dipadatkan, geosynthetic clayliner dan kerikil yang disusun dobel. Pelaksanaan penelitian dengan mengalirkan lindi secara kontinyu selama 50 hari. Pengambilan sampel lindi dilakukan pada hari ke-0, 10, 20, 30, 40 dan 50. Hasil penelitian menunjukkan penyisihan efektif pada reaktor kontrol mampu menyisihkan konsentrasi Fe sebesar 36,91 % dan Pb sebesar 34,48 %. Reaktor single-liner mampu menyisihkan konsentrasi Fe sebesar 45,45 % dan Pb sebesar 47,85%, sedangkan reaktor double liner mampu menyisihkan konsentrasi Fe sebesar 53,02 % dan Pb sebesar 57,99%.

Kata Kunci : lindi, geosynthetic clay liner, tempat pemrosesan akhir, pelapis dasar

Abstract

[The Ability of Geosynthetic Clay Liner (GCL) as a Landfill Liner System to Eliminate Concentration of Fe and Pb on Leachate]. Landfills are equipped with an impermeable liner which serves to reduce mobility of leachate entrance into the groundwater. The impermeable layer can be a compacted clay liner or geosynthetic clay liner. Although the liner is an impermeable material, but damage can occur during construction process due to operation of construction equipment, strain, torn by land subsidence, leakage, overload, and so on. The purpose of this study was to determine the performance of geosynthetic clay liner (GCL) as a base liner and the leachate concentration allowance if there any leakage through base liner happened. Leachate used in this study is Jatibarang landfill leachate, that located in Semarang and parameter observed were Iron (Fe) and lead (Pb). This study using subgrade landfill simulation reactor. There are 3 reactors used, such reactor control that contains soil-gravel compacted, single liner reactor that contains compacted soil, GCL, and compacted gravel, also double liner reactor that contains compacted soil, GCL and double-sized compacted gravel. The implementation research using continuous flow of leachate for 50 days. The result showed the effective allowance of the reactors. Reactor control able to reduce 36,91% of Fe concentration and 34,48% of Pb concentration, Single liner reactor able to reduce 45,45% of Fe concentration and 47,85% of Pb concentration, while double liner reactor can reduce 53,02% of Fe concentration and 57,99% of Pb concentration.

Keywords : Leachate, Geosynthetic Clay Liner, Landfill, Liner System

LATAR BELAKANG

Untuk mencegah lindimasuk ke air tanah, dasar dari tempat pembuangan sampah yang baik biasanya dibutuhkan sistem pelapis dasar (*liner*) yang berfungsi mengurangi mobilitas lindi ke dalam air tanah. Sebuah *lineryang* efektif akan mencegah migrasi cemaran ke lingkungan, khususnya kedalam air tanah. Salah satu komponen utama sistem *liner* adalah lapisan kedap yang berfungsi sebagai penahan resapan lindi ke lapisan tanah dibawahnya (Damanhuri, 2008).

Geosynthetic Clay Liner (GCL) merupakan lapisan kedap air dengan struktur komposit perpaduan antara geotextile non woven dan bahan bentonite. Bentonit merupakan bahan yang dapat mengurangi transport cemaran anorganik, bentonit dibungkus diantara geotextile non woven, sehingga membentuk satu kesatuan *Geosynthetic Clay Liner* akan bekerja menjadi kedap air jika kontak dengan air.

Meskipun *liner* tersebut merupakan bahan kedap, kerusakan dapat terjadi ketika pelaksanaan pekerjaan konstruksi karena alat-alat konstruksi yang beroperasi, kerusakan karena regangan, robek akibat penurunan tanah yang mendukungnya, bocor karena benda tajam, kelebihan beban, dan sebagainya. Oleh karena itu perlu diketahui apakah lindi yang dihasilkan oleh TPA Jatibarang berpengaruh terhadap *liner* yang digunakan.

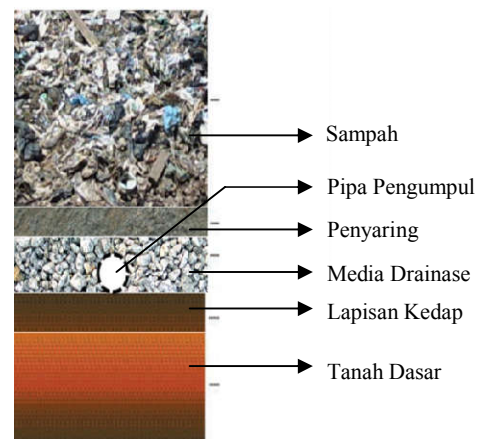
TINJAUAN PUSTAKA

Menurut Damanhuri (2008), lindi adalah limbah cair yang timbul akibat masuknya air eksternal kedalam timbunan sampah, melarutkan dan membilas materi-materi terlarut,

termasuk juga materi organik hasil proses dekomposisi biologis. Air lindi merupakan salah satu pencemar yang sangat berbahaya dikarenakan air lindi mengandung berbagai pencemar seperti logam berat.

Pemasangan pelapis dasar (*liner*) TPA memiliki fungsi untuk melindungi air tanah dari kontaminasi lindi. Pelapis dasar dibuat sebelum TPA digunakan sebagai tempat pembuangan sampah, umumnya digunakan bahan yang memiliki permeabilitas rendah sebagai pelapis dasar TPA (Diharto, 2009).

Lapisan dasar TPA haruslah kedap air sehingga lindi terhambat meresap kedalam tanah dan tidak mencemari air tanah. Sedangkan berdasarkan data sekunder koefisien permeabilitas lapisan dasar calon TPA adalah $5,842 \times 10^{-7}$ cm/det. Pelapisan dasar kedap air ini dilakukan dengan cara melapisi dasar TPA dengan geomembran setebal 1,5 mm. Pada dasar TPA dilengkapi dengan saluran pipa pengumpul lindi (*leachate*) dan kemiringan minimal 2% kearah saluran pengumpul maupun penampung lindi.



Gambar 1. Struktur Dasar TPA Sampah

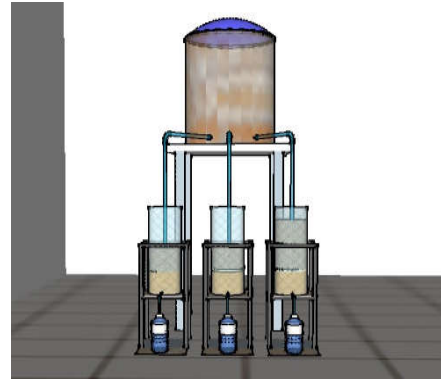
GCL terdiri dari lapisan tipis natrium atau kalsium bentonit yang terikat pada layer atau lapisan geosintetik. Geosintetik yang biasa digunakan berupa geotekstil atau geomembran. Menurut Bouazza (2001) Geosynthetic Clay Liner (GCL) terbentuk dari kombinasi geosintetik dan sodium bentonite clay. Ada 2 macam kombinasi, yaitu : geotextile dan sodium bentonite clay, dan geomembran dan sodium bentonite clay. GCL dengan struktur bentonite yang diapit oleh geotekstil dengan cara direkatkan, tusukan jarum maupun jahitan. Serat yang menekan geotextile bawah yang terjadi akibat gesekan alami berpotensi menciptakan ikatan yang lebih kuat antara geotekstil dengan bentonit. Penguatan yang lain dapat dilakukan dengan menjahit keseluruhan antara geotekstil dengan bentonit dengan jahitan. baik bergantung pada belitan dan gesekan alami untuk menjaga GCL (Bouazza, 2001)

Selain geosintetik sebagai pelapis kedap diperlukan pula tanah yang memiliki kedapapan yang cukup tinggi untuk menjaga apabila terjadi kebocoran pada geosintetik tersebut. Sebagai pengganti tanah lempung (*clay*) untuk pelindung dari cemaran lindi, maka digunakanlah tanah asli dari lokasi TPA Jatibarang. Tanah tersebut dipadatkan menggunakan alat berat agar memiliki permeabilitas minimal 1×10^{-7} m/s, hal ini dimaksudkan agar tanah tersebut cukup kedap terhadap air. Tanah dipadatkan (*compacted soil*) dibuat dengan tebal 50 cm geosintetik.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini terdiri dari pengujian sifat-sifat fisik dan mekanis tanah TPA Jatibarang. Pengujian sifat fisik dan mekanis tanah meliputi gradasi, berat jenis, batas cair, batas plastis serta

kadar air optimum dan tingkat kepadatan maksimum.



Gambar 2. Reaktor Simulator Lapisan Dasar TPA

Sebelum melaksanakan uji pada reaktor, terlebih dilakukan pengujian karakteristik lindi TPA Jatibarang. Uji karakteristik lindi meliputi uji konsentrasi Fe, Pb, pH dan suhu.

Reaktor uji dibuat menjadi 3 reaktor dengan kegunaan yang berbeda. Reaktor 1 merupakan reaktor kontrol yang terdiri dari kerikil dan tanah yang dipadatkan. Reaktor 2 merupakan reaktor single-liner yang terdiri dari kerikil, *Geosynthetic Clay Liner*, dan tanah yang dipadatkan. Reaktor 3 merupakan reaktor double-liner yang terdiri dari kerikil dan *Geosynthetic Clay Liner* yang disusun double dan tanah yang dipadatkan.

Pelaksanaan penelitian dengan mengalirkan lindi secara kontinyu selama 50 hari. Pengambilan sampel lindi dilakukan pada hari ke-0, 10, 20, 30, 40 dan 50 dengan pengambilan sampel secara duplo. Selanjutnya dilakukan uji laboratorium terhadap konsentrasi besi dan timbal pada sampel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan pengamatan secara visual, tanah TPA Jatibarang memiliki warna kecoklatan. Dari pengujian *specific gravity*

diketahui bahwa nilai berat jenis (G_s) tanah adalah 2,6811. Pengujian distribusi ukuran butiran menunjukkan bahwa tanah TPA Jatibarang mempunyai ukuran butiran kerikil = 5 %, pasir = 40 %, lanau = 37 % dan lempung = 18 %.

Hasil pengujian batas-batas konsistensi tanah menunjukkan bahwa batas cair (*Liquid Limit*) = 42,30 %, batas plastis (*Plastic Limit*) = 27,79 % dan *Plasticity Index* = 14,51 %. Dari nilai batas-batas konsistensi tersebut, dapat diketahui bahwa tanah TPA Jatibarang mempunyai plastisitas yang tinggi. Distribusi ukuran partikel dan batas-batas konsistensi tanah tersebut digunakan sebagai dasar untuk menentukan *Unified Soil Classification System* (USCS). Dengan partikel butiran yang ≥ 50 % lolos saringan nomor 200, batas cair > 50 %, tanah TPA Jatibarang diklasifikasikan sebagai MH Soil ($M = \text{Silt}$, $H = \text{high plasticity}$).

Dari hasil uji pemadatan dengan menggunakan metode Standar Proctor diperoleh nilai kadar air optimum sebesar 27,79% dan berat volume kering maksimum $\gamma_{d, \text{maks}} = 1,50 \text{ gr/cm}^3$. Parameter kepadatan ini digunakan sebagai dasar untuk membuat sampel simulai tanah dasar yang dipadatkan.

Hasil uji karakteristik lindi TPA Jatibarang semarang untuk parameter suhu sebesar 30°C dengan pH 7,9. Untuk konsentrasi besi sebesar 11,78 mg/l dan timbal sebesar 0,64 mg/l.

Spesifikasi Geosynthetic Clay Liner tipe GSE Bentoliner-NSL yang digunakan terdiri dari 3 lapisan, yaitu lapisan atas merupakan cover layer yang dibuat dari bahan polypropylene nonwoven, lapisan tengah adalah natrium bentonit berupa granular, dan lapisan bawah merupakan carrier layer yang dibuat dari

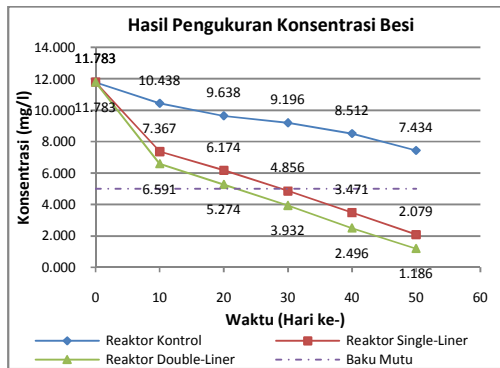
bahan polypropylene woven. Ketiga layer Geosynthetic Clay liner tipe GSE Bentoliner-NSL dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 3 Geosynthetic Clay Liner GSE Bentoliner-NSL

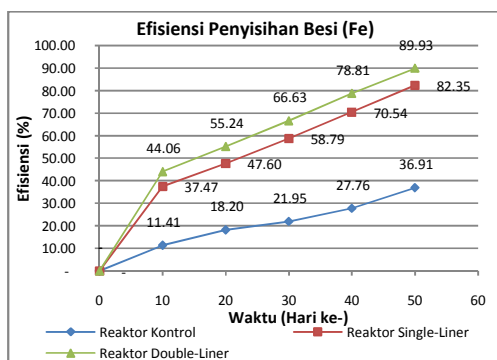
Penyisihan Konsentrasi Besi (Fe)

Hasil penyisihan dan efisiensi konsentrasi Fe pada gambar 4 menunjukkan reaktor single-liner dan reaktor double-liner menunjukkan penyisihan konsentrasi besi terus menerus dari hari ke-0 sampai hari ke-50, sedangkan untuk reaktor kontrol terjadi penyisihan konsentrasi hanya sedikit dan belum memenuhi baku mutu sampai hari ke-50. Menurut Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah No.5 Tahun 2012 tentang Baku Mutu Air Limbah dengan konsentrasi besi yang diperbolehkan sebesar 5 mg/l. Dari peraturan tersebut dapat dilihat bahwa pada reaktor kontrol penyisihan belum memenuhi baku mutu sampai hari ke-50 dengan konsentrasi besi sebesar 7,43 mg/l, sedangkan untuk reaktor single-liner dan double-liner penyisihan telah memenuhi baku mutu pada hari ke-30 dengan konsentrasi untuk reaktor single-liner 4,86 mg/l dan reaktor double-liner sebesar 3,93 mg/l.



Gambar 4. Grafik Penyisihan Konsentrasi Besi Efisiensi Konsentrasi Besi (Fe)

Efisiensi konsentrasi besi yang ditunjukkan pada gambar 5 menunjukkan bahwa efisiensi yang terjadi pada ketiga reaktor seiring berjalannya waktu mengalami peningkatan yang berbeda-beda. Pada reaktor kontrol efisiensi pada hari ke-50 mencapai 36,91%, reaktor single-liner sebesar 82,35% dan reaktor double-liner sebesar 89,93%.



Gambar 5. Grafik Efisiensi Konsentrasi Fe

Dilihat dari efisiensi konsentrasi besi yang didapat, dapat dilihat persen penyisihan efektif untuk ketiga reaktor. Penyisihan efektif konsentrasi besi dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Penyisihan Efektif Konsentrasi Besi

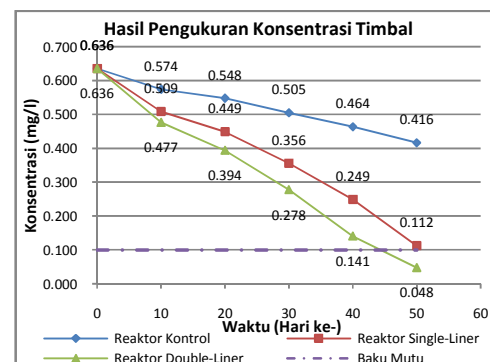
Hari	Reaktor Kontrol (%)	Reaktor Single-Liner (%)	Reaktor Double-Liner (%)
0	-	-	-

10	11.41	26.06	32.65
20	18.20	29.40	37.03
30	21.95	36.84	44.68
40	27.76	42.78	51.06
50	36.91	45.45	53.02

Jika dilihat pada tabel 1 dapat disimpulkan bahwa penyisihan efektif hari ke-50 untuk reaktor single-liner sebesar 45,45% sedangkan untuk reaktor double-liner penyisihan efektif konsentrasi besi sebesar 53,02%

Penyisihan Konsentrasi Timbal (Pb)

Pada gambar 6 menunjukkan angka penyisihan konsentrasi timbal pada reaktor kontrol, reaktor single-liner dan reaktor double-liner.



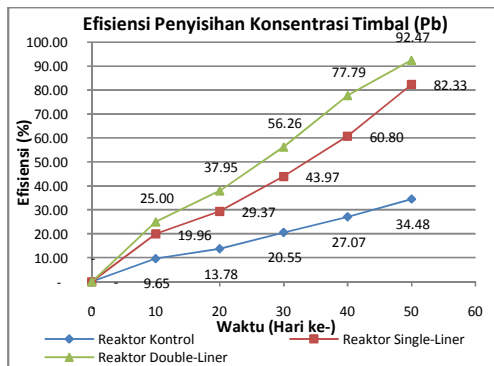
Gambar 6. Grafik Penyisihan Konsentrasi Timbal

Ketiga reaktor menunjukkan penyisihan konsentrasi timbal mengalami peningkatan dari hari ke-0 sampai hari ke-50. Menurut Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah No.5 Tahun 2012 tentang Baku Mutu Air Limbah dengan konsentrasi timbal yang diperbolehkan sebesar 0,1 mg/l. Dari peraturan tersebut dapat dilihat bahwa pada reaktor kontrol belum memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan pada hari ke-50 dengan konsentrasi untuk reaktor kontrol sebesar 0,42 mg/l. Sedangkan untuk reaktor

single-liner telah memenuhi baku mutu pada hari ke-50 dengan konsentrasi timbal sebesar 0,11 mg/l dan reaktor double liner telah memenuhi baku mutu pada hari ke-40 dengan konsentrasi timbal sebesar 0,14 mg/l.

Efisiensi Konsentrasi Timbal (Pb)

Efisiensi penyisihan pada gambar 7 untuk konsentrasi Pb dari hari ke-0 sampai dengan hari ke-50 mengalami peningkatan yang berbeda-beda. Pada reaktor kontrol peningkatan efisiensi sampai hari ke-50 hanya berkisar 34,48%, reaktor single-liner terjadi peningkatan sampai hari ke-50 berkisar 82,33%, dan reaktor double-liner dengan efisiensi tertinggi padahari ke-50 sekitar 92,47%.



Gambar 7. Grafik Efisiensi Penyisihan Konsentrasi Timbal

Dilihat dari efisiensi konsentrasi timbal yang didapat, dapat dilihat persen penyisihan efektif untuk ketiga reaktor. Penyisihan efektif konsentrasi besi dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Penyisihan Efektif Konsentrasi Timbal

Hari	Reaktor Kontrol (%)	Reaktor Single-Liner (%)	Reaktor Double-Liner (%)
0	-	-	-
10	11.41	10.31	15.34
20	18.20	15.59	24.17

30	21.95	23.42	35.71
40	27.76	33.72	50.72
50	36.91	47.85	57.99

Pada tabel 2 dapat disimpulkan bahwa penyisihan efektif kontaminan timbal pada hari ke-50 untuk reaktor single-liner sebesar 33,83% sedangkan untuk reaktor double-liner penyisihan efektif konsentrasi besi sebesar 43,96%.

Bentonit mempunyai sifat menyerap, karena ukuran partikel koloidnya amat kecil dan memiliki kapasitas permukaan ion yang luas. Pengembangan bentonit disebabkan oleh adanya penggantian isomorphone pada lapisan oktoedral (Mg oleh Al) dalam menahan kelebihan muatan di ujung kisi-kisinya. Bila bentonit dicampur dengan air maka bentonit tersebut akan mengembang, sehingga jarak antara unit makin melebar dan porositas bentonit semakin besar (Sariadi, 2012).

Semakin mengembang massa bentonit, maka nilai efisiensi adsorpsinya terhadap ion semakin tinggi. Mengembangnya massa bentonit sebanding dengan bertambahnya jumlah partikel dan luas permukaan bentonit sehingga menyebabkan jumlah tempat mengikat ion logam bertambah dan efisiensi adsorpsinya pun meningkat (Paramitha, 2009). Menurut Barros (2003), nilai kapasitas adsorpsi akan semakin menurun dengan bertambahnya massa adsorben. Hal ini dikarenakan pada saat ada peningkatan massa adsorben, maka ada peningkatan presentase nilai efisiensi adsorpsi dan penurunan kapasitas adsorpsi.

Bila permukaan sudah jenuh atau mendekati jenuh terhadap adsorbat, dapat terjadi dua hal, yaitu pertama terbentuk lapisan adsorpsi kedua dan seterusnya diatas adsorbat

yang telah terikat di permukaan, gejala ini disebut adsorpsi multilayer, sedangkan yang kedua tidak terbentuk lapisan kedua dan seterusnya sehingga adsorbat yang belum teradsorpsi berdifusi keluar pori dan kembali ke arus fluida (Wijayanti, 2009).

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, kesimpulan yang dapat diambil adalah besar efisiensi penyisihan pada geosynthetic dengan sistem single-liner untuk konsentrasi besi sebesar 45,45% dan konsentrasi timbal sebesar 47,85%. Pada geosynthetic clay liner sistem single-liner mampu menyisihkan konsentrasi besi hingga 2,08 mg/l dan konsentrasi timbal hingga 0,11 mg/l.

Besar efisiensi penyisihan pada geosynthetic clay liner sistem double-liner untuk konsentrasi besi sebesar 53,02% dan timbal sebesar 57,99%. Untuk penyisihan konsentrasi, geosynthetic sistem double-liner mampu menyisihkan konsentrasi besi hingga 1,19 mg/l dan timbal hingga 0,05 mg/l. Dari kedua sistem liner dapat disimpulkan bahwa geosynthetic clay liner dengan sistem double-liner mampu menyisihkan kontaminan besi dan timbal lebih banyak.

Dan saran yang dapat diberikan adalah Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, saran yang dapat diberikan adalah perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan pengukuran debit, sehingga waktu tinggal dapat terdeteksi dalam mekanisme pengolahan.

DAFTAR PUSTAKA

Damanhuri, E. 2008. Diktat *Landfilling* Limbah. Institut Teknologi Bandung. Bandung

Diharto. 2009. *Studi Perencanaan TPA Buluminung Penajam Paser Utara Dengan Sistem Sanitary Landfill*. Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Negeri Semarang.

Bouazza, A., 2001. *Geosynthetic Clay Liner*. Geotextiles and Geomembranes 20, 3-17

Sariadi. 2012. *Pemurnian Minyak Nilam dengan Proses Adsorpsi Menggunakan Bentonit*. Jurnal Teknologi Vol. 12 No. 2.

Massayu, Paramitha. 2009. *Limbah Arang Sekam Padi Sebagai Adsorben Ion Cr (III) dan Cr (IV)*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Barros, L. M, Maedo, G. R, Duarte, M. M. L, Silva, E. P, and Lobato. 2003. *Biosorption Cadmium Using The Fungus Aspergillus niger*. Braz J. Chem.

Wijayanti, Ria. 2009. *Arang Aktif dan Ampas Tebu Sebagai Adsorben Pada Pemurnian Minyak Goreng Bekas*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah No.5 Tahun 2012 Tentang Baku Mutu Air Limbah