

**PEMANFAATAN LIMBAH KONSTRUKSI DENGAN
PENAMBAHAN BENTONIT, KAPUR DAN ABU SEKAM
PADI SEBAGAI LINER TPA TERHADAP
KEMAMPUAN MENAHAN LOGAM BERAT DALAM LINDI**

SKRIPSI



AFNER CHRISTIAN

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK LINGKUNGAN
DEPARTEMEN BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS AIRLANGGA
2022**

**PEMANFAATAN LIMBAH KONSTRUKSI DENGAN
PENAMBAHAN BENTONIT, KAPUR DAN ABU SEKAM
PADI SEBAGAI LINER TPA TERHADAP
KEMAMPUAN MENAHAN LOGAM BERAT DALAM LINDI**

SKRIPSI



AFNER CHRISTIAN

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK LINGKUNGAN
DEPARTEMEN BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS AIRLANGGA
MEI 2022**

**PEMANFAATAN LIMBAH KONSTRUKSI DENGAN
PENAMBAHAN BENTONIT, KAPUR DAN ABU SEKAM
PADI SEBAGAI LINER TPA TERHADAP
KEMAMPUAN MENAHAN LOGAM BERAT DALAM LINDI**

SKRIPSI

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Bidang Teknik Lingkungan pada
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Airlangga

Oleh:

Afner Christian
NIM. 081711133057

Disetujui oleh,

Pembimbing I,



Nita Citrasari, S.Si., M.T.
NIP. 198208022008122002

Pembimbing II,



Dr. Sucipto Hariyanto, DEA
NIP. 195609021986011002

LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI

Judul : Pemanfaatan Limbah Konstruksi dengan Penambahan Bentonit, Kapur dan Abu Sekam Padi Sebagai *Liner* TPA Terhadap Kemampuan Menahan Logam Berat Dalam Lindi

Penyusun : Afner Christian

Nomor Induk : 081711133057

Program Studi : S1 Teknik Lingkungan

Pembimbing I : Nita Citrasari, S.Si., M.T.

Pembimbing II : Dr. Sucipto Hariyanto, DEA.

Disetujui oleh,

Pembimbing I,



Nita Citrasari, S.Si., M.T.
NIP. 198208022008122002

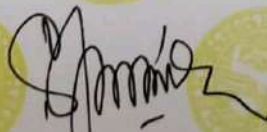
Pembimbing II,



Dr. Sucipto Hariyanto, DEA
NIP. 195609021986011002

Mengetahui,

Ketua Departemen Biologi
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Airlangga,



Prof. Dr. Sri Puji Astuti Wahyuningsih, M.Si.
NIP. 196602211992032001

Koordinator Program Studi
S1 Teknik Lingkungan,



Dr. Eko Prasetyo Kuncoro, S.T., DEA.
NIP. 197508302008121001

PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI

Skripsi ini tidak dipublikasikan, namun tersedia di perpustakaan dalam lingkungan Universitas Airlangga, diperkenankan untuk dipakai sebagai referensi kepustakaan, tetapi pengutipan harus seizin penyusun dan atau harus menyebutkan sumbernya sesuai kebiasaan ilmiah dan kelaziman mensitir atau menyalin pendapat penyusun lainnya. Dokumen skripsi ini merupakan hak milik Universitas Airlangga.

PRAKATA

Puji syukur penyusun panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan naskah skripsi yang dengan judul **“Pemanfaatan Limbah Konstruksi dengan Penambahan Bentonit, Kapur dan Abu Sekam Padi Sebagai *Liner* TPA Terhadap Kemampuan Menahan Logam Berat Dalam Lindi”** ini tepat pada waktunya. Skripsi ini dibawah naungan riset limbah padat. Publikasi harus dilakukan atas seijin ketua penelitian dan mengikuti peraturan yang telah disepakati oleh tim riset limbah padat.

Skripsi ini terdiri atas beberapa bab, yaitu bab pendahuluan, tinjauan pustaka, metode penelitian, dan daftar pustaka. Setiap isi dari bab tersebut terangkai secara komprehensif untuk membahas karakteristik dan potensi limbah konstruksi dengan penambahan bentonit, kapur dan abu sekam padi sebagai *liner* TPA terhadap kemampuan menahan logam berat dalam lindi TPA Klotok, Kota Kediri.

Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk mengajukan skripsi agar memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) Bidang Teknik Lingkungan. Skripsi ini disusun sesuai dengan ketentuan teknis penyusunan yang ada di Program Studi S1 Teknik Lingkungan, Departemen Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga.

Surabaya, 24 Mei 2022
Penyusun,

Afner Christian

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur atas berkat dan karunia Tuhan Yang Maha Esa, akhirnya penyusun dapat menyelesaikan naskah skripsi ini dengan baik dan lancar. Naskah skripsi ini tidak akan selesai tanpa bimbingan, bantuan, doa, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penyusun menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Sri Puji Astuti Wahyuningsih, M.Si. selaku Ketua Departemen Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga yang telah memberikan fasilitas dalam penyelesaian skripsi.
2. Dr. Eko Prasetyo Kuncoro, S.T., DEA selaku Koordinator Program Studi S1 Teknik Lingkungan yang telah memberikan fasilitas dalam penyusunan skripsi.
3. Nita Citrasari, S.Si., M.T. selaku dosen pembimbing I yang telah memfasilitasi, memotivasi, memberikan banyak ilmu dan pengalaman, serta saran dalam penyusunan naskah skripsi ini.
4. Dr. Sucipto Hariyanto, DEA. selaku dosen pembimbing II yang selalu memberikan bimbingan, arahan, saran, masukan, dukungan, fasilitas, dan motivasi terkait penyusunan skripsi sehingga skripsi dapat terselesaikan dengan baik.
5. Febri Eko Wahyudianto, S.T., M.T. selaku dosen penguji III yang telah memberikan saran, masukan, dan motivasi untuk perbaikan skripsi sehingga skripsi dapat terselesaikan dengan baik.
6. Tri Nurhariyati, S.Si., M.Kes. selaku dosen wali dan penguji IV yang selalu memberi bantuan, saran, masukan dan motivasi dari awal masuk kuliah hingga saat ini sehingga skripsi dapat terselesaikan dengan baik.
7. Seluruh dosen program studi Teknik Lingkungan yang telah memberikan banyak ilmu, bimbingan, dan motivasi dalam perkuliahan maupun kegiatan penyusunan skripsi.
8. Seluruh karyawan Departemen Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga yang telah memberikan bantuan selama pelaksanaan penelitian hingga penyusunan skripsi.
9. Dr. Eng. Tri Hariyanto, S.T., M.T selaku dosen Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin yang telah memberikan izin untuk melakukan penelitian di laboratorium geoteknik Universitas Hasanuddin serta bimbingan, saran dan masukan terkait penyusunan skripsi sehingga skripsi dapat terselesaikan dengan baik.
10. Zainal selaku laboran laboratorium geoteknik Universitas Hasanuddin yang telah memberikan bantuan dan arahan selama penelitian di laboratorium geoteknik Universitas Hasanuddin.
11. Egi dan rekan-rekan asisten laboratorium geoteknik Universitas Hasanuddin yang telah memberikan bantuan, ilmu dan waktunya selama penelitian di laboratorium geoteknik Universitas Hasanuddin.
12. Jaunty, Glory, Astya, Khrisna, Diah, Indah, Bella, Lenny, Felicia, Siska, Rahmi, Alfi, Berliana, Adinda, Cindy, Jihan, dan Rayhan selaku rekan-rekan yang selalu memberi semangat, motivasi dan waktunya selama penyusunan skripsi.

13. Teman-teman Teknik Lingkungan (Enviro 10) yang tidak dapat penyusun sebut satu per satu yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan kebahagiaan selama perkuliahan.
14. Inri, Gabriel, Uya, Ulfa, Biswar, Rahman selaku rekan-rekan yang memberi semangat dan bantuan selama penelitian hingga penyusunan skripsi.
15. Seluruh pihak yang mendukung kegiatan penelitian dan penyusunan naskah skripsi ini yang tidak dapat penyusun sebut satu per satu.

SURAT PERNYATAAN TENTANG ORISINALITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini, saya:

Nama : Afner Christian

NIM : 081711133057

Prodi : Teknik Lingkungan

Fakultas : Sains dan Teknologi

Universitas : Airlangga

Jenjang : Sarjana (S1)

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penelitian saya yang berjudul:

PEMANFAATAN LIMBAH KONSTRUKSI DENGAN PENAMBAHAN BENTONIT, KAPUR DAN ABU SEKAM PADI SEBAGAI *LINER* TPA TERHADAP KEMAMPUAN MENAHAN LOGAM BERAT DALAM LINDI

Apabila kemudian hari terbukti melakukan tindakan plagiat, maka saya akan menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian surat pernyataan ini saya buat sebenar-benarnya.

Surabaya, 24 Mei 2022
Penyusun,



Afner Christian

Christian, A. 2022. Pemanfaatan Limbah Konstruksi dengan Penambahan Bentonit, Kapur dan Abu Sekam Padi Sebagai *Liner* TPA Terhadap Kemampuan Menahan Logam Berat Dalam Lindi. Skripsi ini di bawah bimbingan Nita Citrasari, S.Si., M.T. dan Dr. Sucipto Hariyanto, DEA. Program Studi S1 Teknik Lingkungan, Departemen Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga

ABSTRAK

Sistem *Liner* TPA di Indonesia masih memiliki kekurangan dalam menahan masuknya lindi ke dalam tanah. Lindi mengandung bahan organik dan logam berat yang dapat mempengaruhi sifat-sifat air bawah tanah seperti tingginya konsentrasi total padatan terlarut, konduktivitas elektrik, klorida, COD, nitrat dan sulfat, serta mengandung logam berat. Salah satu cara agar TPA aman terhadap lingkungan, yaitu dengan mencegah merembesnya lindi ke air tanah dengan cara dasar dari tempat pembuangan sampah harus dibuat kedap atau tidak tembus air menggunakan lapisan semi kedap (*liner*). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik *liner* terbaik, pengaruh penambahan bentonit terhadap nilai permeabilitas dan besar penurunan kadar polutan Cd setelah melewati *liner*. Penentuan nilai permeabilitas diuji dengan metode *falling head* yang sesuai untuk tanah berbutir halus. Sampel tanah merupakan material pilihan berupa limbah konstruksi, bentonit, kapur dan abu sekam padi yang sesuai sebagai *liner* pada sistem *sanitary landfill*. Penambahan bentonit untuk keempat variasi komposit berturut-turut sebesar 25%, 30%, 35%, 40% dan pada variasi yang sama ditambahkan masing-masing dengan 1% kapur dan 8% abu sekam padi. Hasil uji permeabilitas keempat variasi yang digunakan untuk menentukan komposisi terpilih sebagai *liner* TPA, yaitu berturut-turut sebesar $5,8 \times 10^{-7}$ cm/s; $4,9 \times 10^{-7}$ cm/s; $3,9 \times 10^{-7}$ cm/s; $2,85 \times 10^{-7}$ cm/s. Keempat variasi komposit tersebut memiliki nilai permeabilitas yang memenuhi standar permeabilitas *liner*, yaitu sebesar $<1 \times 10^{-6}$ cm/s. Komposit variasi ketiga mampu menurunkan kandungan logam berat Cd pada lindi TPA Klotok sebesar $\geq 25\%$, hasil uji kuat tekan bebas, yaitu sebesar $1,419 \text{ kg/cm}^2$, hasil uji geser langsung, yaitu memiliki nilai kohesi (C) sebesar $0,67 \text{ kg/cm}^2$ atau $65,7 \text{ kN/m}^2$ dan nilai sudut geser (\emptyset) sebesar 22° . Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan bentonit cenderung meningkatkan nilai kohesi dan menurunkan nilai permeabilitas serta sudut geser langsung.

Kata kunci: Abu Sekam Padi, Bentonit, Kapur, Limbah Konstruksi, Lindi

Christian, A. 2022. Utilization of Construction Waste with the Addition of Bentonite, Lime and Rice Husk Ash as Landfill Liner on the Ability to Hold Heavy Metals in Leachate. This script was supervised by Nita Citrasari, S.Si., M.T. and Dr. Sucipto Hariyanto, DEA. Undergraduate Programme of Environmental Engineering, Departement of Biology, Faculty of Science and Technology, Airlangga University

ABSTRACT

The landfill liner system in Indonesia still has shortcomings in preventing the entry of leachate into the soil. Leachate contains organic materials and heavy metals that can affect the properties of groundwater such as high concentrations of total dissolved solids, electrical conductivity, chloride, COD, nitrate, sulfate, and also contains heavy metals. One way to make landfills safe for the environment is to prevent leachate from seeping into the groundwater by means that the bottom of the landfill must be made impermeable or impermeable to water using a semi-tight layer (liner). This study aims to determine the characteristics of the best liner, the effect of increasing bentonite on the permeability value and the magnitude of the decrease in Cd pollutant levels after passing through the liner. The determination of the permeability value was tested by the falling head method which is suitable for fine-grained soils. Soil sample is a chosen material in the form of construction waste, bentonite, lime and rice husk ash which are suitable as liners in the sanitary landfill system. The addition of bentonite for the four composite variations was 25%, 30%, 35%, 40%, and the same variation was added with 1% lime and 8% rice husk ash, respectively. The results of the permeability test of the four variations used to determine the composition selected as landfill liners were 5.8×10^{-7} cm/s, respectively; 4.9×10^{-7} cm/s; 3.9×10^{-7} cm/s; 2.85×10^{-7} cm/s. The four composite variations have a permeability value that meets the liner permeability standard, which is $<1 \times 10^{-6}$ cm/s. The third variation composite was able to reduce the heavy metal content of Cd in the Klotok TPA leachate by 25%, the results of the free compressive strength test, which was $1,419 \text{ kg/cm}^2$, the results of the direct shear test, which has a cohesion value (C) of $0,67 \text{ kg/cm}^2$ or $65,7 \text{ kN/m}^2$ and a shear angle value (θ) of 22° . The results showed that the addition of bentonite tends to increase the value of cohesion and decrease the value of permeability and direct shear angle.

Keywords: *Bentonite, Construction Waste, Leachate, Lime, Rice Husk Ash*

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMBUTAN	i
LEMBAR PERNYATAAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI.....	iii
PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI	iv
PRAKATA.....	v
UCAPAN TERIMA KASIH	vi
SURAT PERNYATAAN TENTANG ORISINALITAS.....	viii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Asumsi Penelitian	5
1.4 Hipotesis	5
1.5 Tujuan.....	5
1.6 Manfaat	6
1.7 Ruang Lingkup.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Tempat Pemrosesan Akhir (TPA)	7
2.2 <i>Sanitary Landfill</i>	7
2.3 Ukuran Pori Tanah.....	8
2.4 Lindi (<i>Leachate</i>).....	9
2.4.1 Karakteristik lindi	10
2.4.2 Paramater lindi	11
2.4.3 Logam berat.....	12
2.5 Pelapis Dasar Penahan Lindi TPA (<i>Liner</i>)	13
2.6 Limbah Konstruksi	15
2.7 Bentonit.....	17
2.8 Kapur	19
2.9 Abu Sekam Padi.....	20
2.10 Natrium Hidroksida (NaOH)	20
2.11 Prinsip Uji Material Komposit <i>Liner</i> TPA.....	21
2.11.1 Uji <i>swelling</i> bentonit	21
2.11.2 Uji SEM-EDX material komposit <i>liner</i> TPA.....	22
2.11.3 Uji <i>grain size</i> material komposit <i>liner</i> TPA.....	23
2.11.4 Uji <i>specific gravity</i> (Gs) komposit liner TPA	23
2.11.5 Uji <i>standard proctor</i> komposit <i>liner</i> TPA.....	24
2.11.6 Uji kuat tekan bebas (<i>unconfined compression test</i>).....	25
2.11.7 Uji kadar air mula komposit <i>liner</i> TPA	27
2.11.8 Uji spektrofotometri serapan atom (SSA) sampel lindi	27

2.11.9 Uji <i>Atterberg limit</i> komposit <i>liner</i> TPA	28
2.11.10 Uji geser langsung (<i>direct shear test</i>) komposit <i>liner</i> TPA	29
2.11.11 Uji permeabilitas komposit <i>liner</i> TPA.....	30
2.12 Penelitian yang Relevan	32
2.13 Kerangka Pikir Penelitian.....	38
BAB III METODE PENELITIAN	39
3.1 Tempat dan Waktu Pelaksanaan Penelitian	39
3.1.1 Tempat.....	39
3.1.2 Waktu	39
3.2 Bahan dan Alat.....	40
3.2.1 Bahan	40
3.2.2 Alat.....	40
3.3 Variabel Penelitian	40
3.4 Cara Kerja.....	40
3.5 Perakitan Reaktor Uji Permeabilitas Metode <i>Falling Head</i>	42
3.6 Perijinan Tempat Penelitian	43
3.7 Pengambilan Sampel Lindi dan Material <i>Liner</i>	43
3.8 Persiapan Penelitian	44
3.8.1 Aktivasi limbah konstruksi.....	44
3.8.2 Uji <i>swelling</i>	45
3.8.3 Analisis kandungan logam berat Cd pada lindi TPA Klotok dengan metode SSA.....	46
3.8.4 Uji SEM-EDX.....	47
3.8.5 Uji <i>grain size</i>	48
3.9 Pelaksanaan Penelitian.....	48
3.9.1 Pembuatan empat variasi sampel material <i>liner</i>	48
3.9.2 Uji <i>specific gravity</i> (Gs).....	49
3.9.3 Uji kadar air	50
3.9.4 Uji <i>standard proctor</i>	51
3.9.5 Uji <i>Atterberg limit</i>	52
3.9.6 Uji kuat tekan bebas (<i>unconfined compression test</i>).....	53
3.9.7 Uji geser langsung (<i>direct shear test</i>)	54
3.9.8 Uji permeabilitas <i>falling head</i>	54
3.10 Analisis Data	55
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	56
4.1 Karakteristik Material dan Variasi Komposit yang Digunakan Sebagai <i>Liner</i> Penahan Lindi TPA.....	56
4.1.1 Hasil aktivasi limbah konstruksi.....	56
4.1.2 Hasil pengujian <i>grain size</i>	57
4.1.3 Hasil pengujian <i>swelling</i>	58
4.1.4 Hasil uji SEM-EDX.....	60
4.1.5 Hasil metode <i>cone & quartering</i> empat variasi sampel material <i>liner</i>	64
4.1.6 Nilai kadar air.....	66
4.1.7 Nilai <i>specific gravity</i> (Gs).....	69
4.1.8 Nilai <i>Atterberg limit</i>	70

4.1.9 Nilai <i>standard proctor</i>	77
4.1.10 Nilai <i>unified compression test</i>	81
4.1.11 Nilai geser langsung (<i>direct shear test</i>).....	83
4.2 Pengaruh Penambahan Bentonit Terhadap Nilai Permeabilitas Komposit Terbaik.....	87
4.2.1 Nilai uji permeabilitas <i>falling head</i>	90
4.3 Analisis Kandungan Logam Berat Cd pada Lindi TPA Klotok.....	96
BAB V SIMPULAN DAN SARAN.....	97
5.1 Simpulan	97
5.2 Saran.....	97
DAFTAR PUSTAKA	99

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Ukuran pori tanah.....	8
Tabel 2.2 Baku mutu air lindi Permen LHK No. 59 Tahun 2016	10
Tabel 2.3 Karakteristik lindi TPA Benowo dan TPA Klotok	11
Tabel 2.4 Kisaran kadar logam berat dalam tanah	13
Tabel 2.5 <i>Specific gravity</i> mineral-mineral penting pada tanah	23
Tabel 2.6 <i>Specific gravity</i> tanah	24
Tabel 2.7 Klasifikasi tanah berdasarkan nilai kuat tekan bebas	26
Tabel 2.8 Penelitian yang relevan	32
Tabel 3.1 Alat penyusun reaktor uji permeabilitas metode <i>falling head</i>	42
Tabel 3.2 Variasi komposit <i>liner</i> TPA	49
Tabel 4.1 Hasil uji <i>grain size</i>	58
Tabel 4.2 Karakteristik morfologi komposit variasi ketiga.....	63
Tabel 4.3 Jumlah material sampel yang dibutuhkan	65
Tabel 4.4 Nilai kadar air keempat material dan keempat variasi komposit	66
Tabel 4.5 Nilai <i>specific gravity</i>	69
Tabel 4.6 Nilai Atterberg limit	71
Tabel 4.7 Nilai <i>standard proctor</i>	77
Tabel 4.8 Nilai kuat tekan bebas	81
Tabel 4.9 Nilai geser langsung	83
Tabel 4.10 Rekapitan hasil pegujian kuat geser langsung.....	86
Tabel 4.11 Rekapitulasi hasil pemeriksaan karakteristik empat variasi komposit.....	88
Tabel 4.12 Nilai uji permeabilitas	91
Tabel 4.13 Potensi variasi komposit menjadi komposit terbaik sebagai material penyusun <i>liner</i> TPA	93
Tabel 4.14 Nilai uji SSA	96

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Bottom liner system</i>	13
Gambar 2.2 <i>Cover liner system</i>	14
Gambar 2.3 Limbah konstruksi	15
Gambar 2.4 Bentonit	18
Gambar 2.5 Hasil pengujian permeabilitas	18
Gambar 2.6 Kapur tohor.....	19
Gambar 2.7 Abu sekam padi	20
Gambar 2.8 Natrium hidroksida	21
Gambar 2.9 Alat uji SEM-EDX	22
Gambar 2.10 Alat uji <i>standard proctor</i>	25
Gambar 2.11 Alat uji tekan bebas	26
Gambar 2.12 Alat uji Atterberg limit	28
Gambar 2.13 Alat uji geser langsung	30
Gambar 2.14 Alat uji permeabilitas <i>falling head</i>	31
Gambar 2.15 Kerangka pikir penelitian	38
Gambar 3.1 TPA Klotok Kota Kediri.....	39
Gambar 3.2 Tahapan penelitian.....	41
Gambar 3.3 Reaktor uji permeabilitas tanah <i>falling head</i>	42
Gambar 3.4 Titik sampling pada pipa Inlet IPL TPA Klotok II, Kota	43
Gambar 3.5 Proses aktivasi limbah konstruksi dengan NaOH.....	45
Gambar 3.6 Proses aktivasi limbah konstruksi dengan cara dioven.....	45
Gambar 3.7 Alat uji analisis <i>specific gravity</i> (Gs)	50
Gambar 3.8 Alat uji <i>standard proctor</i>	51
Gambar 4.1 Limbah konstruksi yang telah diaktivasi dengan cara kimia dan fisika.....	57
Gambar 4.2 Hasil uji <i>grain size</i>	57
Gambar 4.3 Hasil uji indeks <i>swelling</i> bentonit.....	59
Gambar 4.4 Hasil SEM-EDX	60
Gambar 4.5 Karakterisasi komposit variasi ketiga berdasarkan uji EDX	62
Gambar 4.6 Hasil pencampuran material komposit	66
Gambar 4.7 Klasifikasi USCS empat variasi komposit.....	72
Gambar 4.8 Nilai batas cair variasi pertama.....	73
Gambar 4.9 Nilai batas cair variasi kedua.....	74
Gambar 4.10 Nilai batas cair variasi ketiga.....	75
Gambar 4.11 Nilai batas cair variasi keempat.....	76
Gambar 4.12 Nilai MDD dan OMC	78
Gambar 4.13 Hubungan kadar air dengan kepadatan kering maksimum.....	79
Gambar 4.14 Hubungan antara tegangan aksial dengan renggangan keempat variasi komposit.....	82
Gambar 4.15 Hubungan tegangan normal dan tegangan geser variasi pertama..	84
Gambar 4.16 Hubungan tegangan normal dan tegangan geser variasi kedua.....	84
Gambar 4.17 Hubungan tegangan normal dan tegangan geser variasi ketiga.....	85

Gambar 4.18 Hubungan tegangan normal dan tegangan geser variasi keempat.....	85
Gambar 4.19 Sistem <i>modern sanitary landfill cross section</i>	95

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Ringkasan Ilmiah
Lampiran 2	Tahapan aktivasi limbah konstruksi dengan cara kimia
Lampiran 3	Tahapan aktivasi limbah konstruksi dengan cara fisika
Lampiran 4	Tahapan pengujian indeks <i>swelling</i>
Lampiran 5	Tahapan analisis kandungan logam berat Cd pada lindi TPA Klotok dengan metode SSA
Lampiran 6	Tahapan pengujian SEM-EDX
Lampiran 7	Tahapan pengujian <i>grain size</i>
Lampiran 8	Tahapan pembuatan empat variasi sampel material <i>liner</i> (V1, V2, V3, V4)
Lampiran 9	Tahapan pengujian berat jenis (<i>specific gravity</i>)
Lampiran 10	Tahapan pengujian kadar air tanah
Lampiran 11	Tahapan pengujian <i>standard proctor</i>
Lampiran 12	Tahapan pengujian batas plastis
Lampiran 13	Tahapan pengujian batas cair
Lampiran 14	Tahapan pengujian geser langsung
Lampiran 15	Tahapan pengujian permeabilitas <i>falling head</i>
Lampiran 16	Nilai uji <i>specific gravity</i> dan perhitungan
Lampiran 17	Nilai uji Atterberg limit dan perhitungan
Lampiran 18	Nilai uji <i>standard proctor</i> dan perhitungan
Lampiran 19	Nilai uji <i>unified compression test</i> dan perhitungan
Lampiran 20	Nilai uji <i>direct shear</i> dan perhitungan
Lampiran 21	Nilai uji permeabilitas dan perhitungan
Lampiran 22	Nilai uji SSA
Lampiran 23	Biografi Penyusun