

No. TA. TL. 16130075/0705/PP/2020

Laporan Tugas Akhir

**RESISTENSI *LINER* TPA BERBAHAN DASAR
DEWATERED SLUDGE LIMBAH INDUSTRI
TEKSTIL, BENTONIT, KAPUR, DAN ABU SEKAM
PADI TERHADAP MIGRASI LOGAM BERAT Mn, Fe,
DAN Zn**



Disusun Oleh
Dayoe Imaniar Gita
21080116130075

**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2020**

Laporan Tugas Akhir

**RESISTENSI *LINER* TPA BERBAHAN DASAR
DEWATERED SLUDGE LIMBAH INDUSTRI
TEKSTIL, BENTONIT, KAPUR, DAN ABU SEKAM
PADI TERHADAP MIGRASI LOGAM BERAT Mn, Fe,
DAN Zn**



Disusun Oleh
Dayoe Imaniar Gita
21080116130075

**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2020**

HALAMAN PENGESAHAN

Menyatakan bahwa laporan tugas akhir yang berjudul:

**RESISTENSI *LINER* TPA BERBAHAN DASAR *DEWATERED SLUDGE*
LIMBAH INDUSTRI TEKSTIL, BENTONIT, KAPUR, DAN ABU SEKAM
PADI TERHADAP MIGRASI LOGAM BERAT Mn, Fe, DAN Zn**

Disusun oleh:

Nama : Dayoe Imaniar Gita

Nim : 21080116130075

Telah disetujui dan disahkan pada

Hari : Kamis

Tanggal : 02/07/2020

Menyetujui,

Penguji I



Ir. Mochtar Hadiwidodo, M.Si.
NIP. 195808071987031001

Penguji II



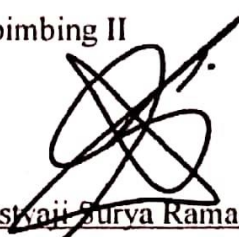
Ika Bagus Privambada, S.T., M.Eng.Sc.
NIP. 197103011998031001

Pembimbing I



M. Arief Budihardjo, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D.
NIP. 197409302001121002

Pembimbing II



Bimastyai Surya Ramadan, S.T., M.T.
NIP. 199203242019031016

Ketua Departemen Teknik Lingkungan



Dr. Bimastyai Surya Ramadan, S.T., M.T.

NIP. 19720630200003100

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Tugas akhir ini adalah hasil karya penulis sendiri dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah dinyatakan dengan benar.

Nama : Dayoe Imaniar Gita

NIM : 21080116130075

Tanggal : 2020

Tanda Tangan :

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Dayoe', with a horizontal line drawn through it.

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dayoe Imaniar Gita
NIM : 21080116130075
Jurusan/Departemen : Teknik Lingkungan
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul : **Resistensi *Liner* TPA Berbahan Dasar *Dewatered sludge* Limbah Industri Tekstil, Bentonit, Kapur, dan Abu Sekam Padi Terhadap Migrasi Logam Berat Mn, Fe, dan Zn**. Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangala (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang
Pada Tanggal : 2020

Yang Menyatakan,



Dayoe Imaniar Gita

HALAMAN PERSEMBAHAN

“Lulus cepat atau tepat pada waktunya?”

Saya persembahkan tugas akhir ini kepada diri saya sendiri yang berhasil menemukan jawaban dari pertanyaan klise di atas. Tidak ada yang salah atau benar karena pilihan seseorang bergantung pada keadaan dan keyakinan masing-masing. Namun penting bagi saya untuk tidak menyesali apa yang sudah menjadi pilihan. Pada akhirnya, saya memilih untuk lulus tepat pada waktunya. Meski harus menunda kelulusan dan menyediakan stok kesabaran lebih lama. Tepat waktu adalah saat dimana saya sudah berpikir cukup dengan kampus, saat dimana keberadaan saya sudah tidak lagi relevan dengan kampus, dan saat dimana saya sudah mempunyai bekal dan amunisi yang cukup untuk melanjutkan kehidupan yang sesungguhnya. Beruntung, dalam masa penantian tersebut saya disibukkan dengan hal-hal yang sebelumnya tak pernah terlintas di pikiran saya. Mulai dari membantu dosen dalam kurun waktu yang cukup lama, menulis *paper*, membuat *scientific poster*, bermalam di markas “Ruang Pojok”, mengikuti kelas manuskrip dengan fasilitas hotel lengkap, dan yang paling membuat takjub: menjadi presenter seminar internasional. Namun dari segala aktivitas positif yang dilakukan, yang paling membuat bersyukur adalah bisa dipertemukan dengan orang-orang yang memiliki kesungguhan tekad dan menuju kebaikan.

Pada kesempatan ini, saya ingin menyampaikan terima kasih kepada Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan curahan kasih sayang serta Ridho-Nya, dan tidak lupa juga kepada banyak pihak yang datang dan pergi selama perjalanan akhir saya menjadi mahasiswa. Ucapan terimakasih saya tujukan kepada:

1. Ibu, ayah, dan adik tercinta atas doa di setiap shalatnya serta keikhlasan dalam membersamai saya tumbuh dan berkembang. Meski tak mungkin bisa membalas jasa mereka, setidaknya saya bisa mempersembahkan gelar S.T. kepada mereka.

2. Bapak Dr. Badrus Zaman, S.T., M.T. selaku ketua Departemen Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro.
3. Bapak M. Arief Budihardjo, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D. selaku dosen pembimbing saya sejak Kerja Praktik. Terima kasih atas segala kesempatan, *proverbs*, fasilitas, dan *privilege* yang saya terima baik langsung maupun tidak langsung hingga saat ini.
4. Bapak Bimastyaji Surya Ramadan S.T., M.T. selaku koordinator TA dan KP merangkap dosen pembimbing. Terima kasih atas kesediaannya berbagi sudut pandang sebagai dosen, alumni, serta mentor poster, *paper*, dan *hunter*.
5. Bapak Ir. Mochtar Hadiwidodo, M.Si. selaku dosen penguji I yang selain karena ajakan kebaikan beliau, tidak pernah absen menanyakan kabar seseorang kepada saya.
6. Bapak Ika Bagus Priyambada, S.T., M.Eng.Sc. selaku dosen wali baik hati yang tidak saya sangka juga akan menjadi dosen penguji II saya.
7. Bapak Wiharyanto Oktiawan, S.T., M.T atas sesi *sharing* spiritualnya dan Bapak Dr. Budi P. Samadikun, ST., M.Si selaku koordinator TA terdahulu dan kata-kata mutiaranya.
8. Seluruh kerabat kerja yang bertugas di Ruang Pojok: Puguh, Soraya, April, Ihsan, Sasmita, Siti Yumaroh, dan *League of Hunter*. Saya pamit undur diri.
9. Amelinda yang sudah menemani perjalanan lintas lini drama kampus sejak maba, suka-duka, dan jatuh-bangun saya. Maaf kalau saya belum bisa jadi teman yang baik.
10. Nurul dan Fitri, terimakasih sudah menjadi rekan yang lebih banyak saya repotkan daripada saya bantu. Tunggu, ya! Sedang berjuang menyusul kalian nih.
11. Candrika, Silfiana, Saffana, Aghniessa, Santika, Mela, Dwi Muji, Uminya abi, Afri, Adrin, Puguh, Aji, dan Aldiando. Kalian luar biasa! Selamat menghidupkan mimpi-mimpi kalian.

12. KMI HMTL: tempat saya meniti karir sebagai tukang edit poster, video, dan perkontenan indo. Setidaknya kalau nanti ilmu TL saya tidak teraplikasikan, saya bisa buka jasa indoprinting.
13. Squah Shalihah 2.0, geng liqo paling *settle* yang pernah saya tinggali. Tetaplah melingkar dan berikrar. *Allahuakbar!*
14. Geng ST dulu baru nikah. Meskipun saya bukan anggota geng, kalian senang hati menerima saya dan berbondong-bondong memberikan *support* setelah saya jatuh.
15. Laboratorium Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro beserta Quartet Laboran TL: Mas Andri, Mas Fendi, Mas Andi, dan Mbak Dian (mentor *hunter* dan hati). Terimakasih sudah sangat amat sabar menghadapi kerusuhan yang saya buat, terutama saat sedang uji AAS.
16. Keluarga Admin: Mas Dayat, Mas Budi, Bu Sri, Pak Adi, dan Pak Tri. Serta Mas Hab yang mau menemani kami makan di Geprek Fisip.
17. Domba dan Lele Teknik Lingkungan Angkatan 2016. Yang fana adalah waktu, kita abadi.
18. Terakhir, Fadel Iqbal Muhammad. Terbang yang tinggi, jalan yang jauh, lari yang kencang. Teruslah berjuang, sebab kau selalu punya tanah berpijak untuk kemudian kembali bertolak. Tak akan ada yang menahanmu. Selamat berlayar dan mengangkasa!

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Bismillahirrahmanirrahim.

Puji syukur kehadirat Allah SWT, karena berkat rahmat dan pertolongannya penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul **“Resistensi *Liner* TPA Berbahan Dasar *Dewatered sludge* Limbah Industri Tekstil, Bentonit, Kapur, dan Abu Sekam Padi Terhadap Migrasi Logam Berat Mn, Fe, dan Zn”**. Laporan Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan menyelesaikan jenjang strata satu (S1) Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

Laporan tugas akhir ini dibuat sebagai karya yang penulis ciptakan agar dapat melengkapi perjalanan penulis dalam menempuh jenjang strata satu (S1) Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro. Laporan tugas akhir ini membahas mengenai pengurangan konsentrasi logam berat Fe, Mn, dan Zn pada *inlet* dan *outlet* reaktor serta *liner* komposit *Dewatered sludge*, bentonit, kapur, dan abu sekam padi dengan menggunakan metode adsorpsi

Akhir kata, semoga Laporan Sidang Tugas Akhir ini dapat memberikan banyak kontribusi untuk Tuhan, bangsa, dan almamater.

Wassalamuallaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Semarang, Mei 2020



Daye Imaniar Gita

ABSTRAK

Liner TPA berperan sebagai pencegah migrasi cemaran seperti lindi ke lingkungan, khususnya ke dalam air tanah. *Dewatered sludge* limbah industri tekstil dipilih sebagai alternatif material untuk komposisi *liner* TPA. Penambahan bahan *clay*, dalam hal ini bentonit, digunakan untuk menurunkan permeabilitas bahan *sludge*. Di sisi lain, kapur menstabilkan pembuatan *clay liner* dan diharapkan dapat mengurangi potensi kerusakan akibat terendam dan teraliri cemaran seperti lindi. Abu sekam padi telah banyak digunakan sebagai adsorben dalam pengolahan air, sehingga berpotensi untuk dapat mengurangi konsentrasi polutan dalam lindi. Hasil dari analisis sampel lindi dari TPA Jatibarang menunjukkan bahwa semua logam berat yang dianalisis berada di bawah baku mutu Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 (2012). Meskipun tingkat kontaminasi logam berat masih tergolong aman, tindakan pencegahan perlu dilakukan sebagai antisipasi volume pembuangan limbah yang lebih tinggi di masa depan dan dapat menyebabkan perubahan intensitas logam berat pada lindi. *Artificial leachate* digunakan untuk menggantikan lindi asli. Parameter yang diamati adalah besi (Fe), seng (Zn) dan mangan (Mn). Hasil studi memperlihatkan bahwa komposisi 39% *Dewatered sludge* + 60% bentonit + 1% kapur mampu menghasilkan efisiensi penurunan Fe, Zn dan Mn dari *inlet* hingga ke *outlet* masing-masing sebesar 100%, 71%, dan 100%.

Kata kunci: bentonit; *Dewatered sludge*; kapur; abu sekam padi; logam berat; efisiensi penurunan.

ABSTRACT

The landfill liner acts as a deterrent to the migration of contaminants such as leachate into the environment, especially into ground water. Textile Dewatered sludge is selected as an alternative material for the composition of landfill liner. Addition of clay material, in this case bentonite, is used to relieve the permeability of sludge material. On the other hand, lime stabilizes the manufacture of clay liners and is expected to diminish the potential damage caused by submerged in contaminants such as leachate. Rice husk ash has been widely used as an adsorbent in water treatment, so it has the potential to reduce the concentration of pollutants in leachate. The results of the analysis of leachate samples from the Jatibarang Landfill show that all heavy metals analyzed are below the quality standard of Central Java Province Regulation Number 5 (2012). Although the level of heavy metal contamination is still relatively safe, precautions need to be taken in anticipation of a higher volume of waste disposal in the future and can cause changes in the intensity of heavy metals in the leachate. Artificial leachate is used to replace the original leachate. The parameters observed were iron (Fe), zinc (Zn) and manganese (Mn). The results of the study showed that the composition of 39% Dewatered sludge + 60% bentonite + 1% lime is quiet efficient to decrease Fe, Zn and Mn from the inlet to the outlet respectively 100%, 71%, and 100%.

Keywords: *bentonite; Dewatered sludge; lime; rice husk ash; heavy metal; efficiency decreases*

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	viii
ABSTRAK.....	ix
<i>ABSTRACT</i>	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	I-1
1.1 Latar Belakang.....	I-1
1.2 Identifikasi Masalah.....	I-4
1.3 Rumusan Masalah.....	I-4
1.4 Tujuan Penelitian	I-4
1.5 Pembatasan Masalah.....	I-4
1.6 Rumusan Manfaat	I-5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	II-1
2.1 Landasan Teori	II-1
2.1.1 Lindi	II-1
2.1.2 Bentonit.....	II-2
2.1.3 Kapur.....	II-2
2.1.4 Abu Sekam Padi.....	II-3
2.1.5 <i>Dewatered Sludge</i>	II-4
2.1.6 <i>Liner</i> TPA	II-4
2.1.7 Logam Berat.....	II-5

2.1.8	Uji Proktor.....	II-8
2.1.9	Uji <i>SEM-EDX (Scanning Electrone Microscope-Energy Dispersive X-ray)</i>	II-9
2.1.10	Uji Permeabilitas.....	II-9
2.1.11	Uji Swelling	II-10
2.1.12	Metode Destruksi	II-11
2.1.13	Metode <i>Atomic Absorption Spectrophotometer</i>	II-12
2.2	Studi Perencanaan yang Relevan-.....	II-14
2.3	Kerangka Pikir Penelitian	II-19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		III-1
3.1	Tujuan Penelitian secara Operasional.....	III-1
3.2	Waktu dan Tempat Penelitian.....	III-2
3.3	Metode Penelitian	III-2
3.3.1	Alat Penelitian.....	III-2
3.3.2	Bahan Penelitian.....	III-6
3.4	Teknik Pengambilan Sampel	III-8
3.5	Teknik Pengumpulan Data.....	III-9
3.5.1	Tahap Persiapan	III-9
3.5.2	Tahap Pelaksanaan	III-9
3.6	Teknik Analisis Data	III-20
3.6.1	Diagram Alir Penelitian	III-21
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		IV-1
4.1	Uji Karakteristik	IV-2
4.1.1	Karakteristik Lindi TPA Jatibarang Semarang	IV-2
4.1.2	Karakteristik <i>Dewatered sludge</i> Limbah Tekstil	IV-4
4.1.3	Uji <i>Grain Size</i>	IV-5
4.1.4	Uji Kadar Air Mula	IV-8
4.1.5	Uji Berat Jenis	IV-11
4.1.6	Uji <i>Atterberg Limits</i>	IV-15

4.1.7	Uji <i>Standard Proctor</i>	IV-18
4.1.8	Uji <i>Swelling</i>	IV-21
4.1.9	Uji <i>SEM-EDX (Scanning Electrone Microscope-Energy Dispersive X-ray)</i>	IV-23
4.1.10	Uji Permeabilitas.....	IV-28
4.2	Analisis Migrasi Logam Berat Fe, Mn, dan Zn Pada <i>Liner</i> TPA Berbahan <i>Dewatered sludge</i>	IV-32
4.3	Analisis Migrasi Logam Berat Fe, Mn, dan Zn Pada <i>Liner</i> TPA Berbahan <i>Dewatered sludge</i> dan Material Tambahan	IV-34
4.3.1	Komposit <i>Dewatered sludge</i> + Bentonit.....	IV-34
4.3.2	Komposit <i>Dewatered sludge</i> + Bentonit + Kapur.....	IV-36
4.3.3	Komposit <i>Dewatered sludge</i> , Bentonit, Kapur Tohor, dan Abu Sekam Padi.....	IV-39
4.4	Rekapitulasi Rekomendasi Pemilihan Variasi untuk <i>Liner</i> TPA ..	IV-41
4.4.1	Komposit <i>Dewatered sludge</i>	IV-42
4.4.2	Komposit <i>Dewatered sludge</i> + Bentonit.....	IV-43
4.4.3	Komposit <i>Dewatered sludge</i> + Bentonit + Kapur.....	IV-44
4.4.4	Komposit <i>Dewatered sludge</i> + Bentonit + Kapur + Abu Sekam Padi.....	IV-47
4.5	<i>Liner</i> Komposit.....	IV-49
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		V-1
5.1	Kesimpulan	V-1
5.1	Saran	V-2

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Studi Perencanaan yang Relevan	II-14
Tabel 3. 1 Tujuan Penelitian secara Operasional	III-1
Tabel 3. 2 Alat Penelitian.....	III-3
Tabel 3. 3 Bahan Penelitian	III-6
Tabel 4. 1 Karakteristik Awal Lindi TPA Jatibarang	IV-2
Tabel 4. 2 Karakteristik <i>Dewatered Sludge</i> Limbah Tekstil.....	IV-4
Tabel 4. 3 Hasil Uji <i>Grain Size</i> dengan Metode Ayakan.....	IV-7
Tabel 4. 5 Hasil Pengukuran Kadar Air Mula Komposit.....	IV-8
Tabel 4. 6 Hasil Uji Berat Jenis	IV-12
Tabel 4. 7 Hasil Uji <i>Atterberg Limits</i>	IV-15
Tabel 4. 8 Hasil Uji <i>Standard Proctor</i>	IV-18
Tabel 4. 9 Hasil Uji Permeabilitas	IV-29
Tabel 4. 10 Efisiensi Penurunan Fe, Mn, dan Zn.....	IV-41

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Skema Umum Komponen pada Alat <i>AAS</i>	II-12
Gambar 2. 2 <i>Kerangka Pikir Penelitian</i>	II-19
Gambar 3. 1 Reaktor Uji	III-10
Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian	III-21
Gambar 4. 1 Ayakan Berbagai Diameter	IV-5
Gambar 4. 2 Hasil Uji Berat Jenis Komposit.....	IV-13
Gambar 4. 3 Uji <i>Swelling</i> Bentonit	IV-22
Gambar 4. 4 Mikrograf Citra SEM Sampel Komposit Perbesaran 500x.....	IV-24
Gambar 4. 5 Mikrograf Citra SEM Pelekatan Sampel Bentonit Pada Retakan <i>Dewatered Sludge</i> Perbesaran 3000x.....	IV-25
Gambar 4. 6 Mikrograf Citra SEM Pelekatan Sampel Bentonit Pada Retakan <i>Dewatered Sludge</i> Perbesaran 5000x.....	IV-26
Gambar 4. 7 Mikrograf Citra SEM Sampel Abu Sekam Padi	IV-27
Gambar 4. 8 Komposisi Elemen dan Oksida Hasil Analisis Spektrum EDX Komposit.....	IV-28
Gambar 4. 9 Grafik Konsentrasi Logam Berat pada Komposit <i>Dewatered Sludge</i>	IV-32
Gambar 4. 10 Grafik Konsentrasi Logam Berat pada Komposit <i>Dewatered Sludge</i> + Bentonit.....	IV-34
Gambar 4. 11 Grafik Konsentrasi Logam Berat pada Komposit <i>Dewatered Sludge</i> + Bentonit + Kapur.....	IV-37
Gambar 4. 12 Grafik Konsentrasi Logam Berat pada Komposit <i>Dewatered Sludge</i> + Bentonit + Kapur + Abu Sekam Padi	IV-39

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A

Lampiran 1	Material Komposit
Lampiran 2	Alat Pengujian Laboratorium
Lampiran 3	Dokumentasi Uji Inti
Lampiran 4	Tabel Hasil Uji <i>Standard Proctor</i>
Lampiran 5	Hasil <i>SEM-EDX</i> Komposit
Lampiran 6	Kandungan Bentonit
Lampiran 7	Hasil Pengukuran Absorbansi Larutan Standar
Lampiran 8	Hasil Pengujian Logam Berat
Lampiran 9	Efisiensi Penurunan Konsentrasi (%)

Lampiran B

Lampiran 1	Form Kelayakan Mengajukan TA
Lampiran 2	Form Persetujuan Judul
Lampiran 3	Surat Tugas Pembimbing TA
Lampiran 4	Lembar Asistensi Seminar Proposal
Lampiran 5	Form Persetujuan Seminar Proposal
Lampiran 6	Surat Tugas Seminar Proposal
Lampiran 7	Berita Acara Seminar Proposal
Lampiran 8	Lembar Revisi Seminar Proposal
Lampiran 9	Lembar Asistensi Seminar Hasil
Lampiran 10	Form Persetujuan Seminar Hasil
Lampiran 11	Surat Tugas Seminar Hasil
Lampiran 12	Berita Acara Seminar Hasil
Lampiran 13	Lembar Revisi Seminar Hasil
Lampiran 14	Form Persetujuan Sidang Tugas Akhir
Lampiran 15	Surat Tugas Sidang Tugas Akhir
Lampiran 16	Lembar Kehadiran Seminar Hasil