

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah atas segala rahmat dan karunia yang diberikan Allah SWT sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Skripsi ini merupakan bagian dari akademik Jurusan Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya yang harus dipenuhi sebelum menempuh ujian sarjana. Dalam pelaksanaan dan penyelesaian skripsi ini, tidak lepas dari bantuan berbagai pihak yang bersedia membantu secara langsung maupun tidak langsung. Dan pada kesempatan ini, penyusun mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua dan kerabat dekat yang memberikan semangat, dukungan dan do'a menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Dr. Runi Asmaranto, ST., MT dan Dr. Eng. Andre Primantyo H, ST., MT sebagai dosen pembimbing atas masukan, arahan, bimbingan dan waktu yang diberikan untuk berdiskusi hingga dapat terselesaikannya tugas akhir ini.
3. Anggara WWS. ST., M. Tech dan Dian Chandrasasi, ST., MT sebagai dosen penguji yang telah memberikan masukan untuk kelengkapan tugas akhir ini.
4. Bapak Prasetyo Rubiantoro, SP selaku Laboran di Laboratorium Tanah dan Air Tanah, terima kasih atas bimbingan dan waktunya sehingga uji coba yang saya lakukan bisa berjalan dengan baik dan lancar.
5. Bapak Didik selaku *General Manager*, Bapak Gito Sulastijo, Bapak Zaenal Abidin, Bu Lili, Mbak Dian, Mbak Retno, Mas Bimo, Mas Widi, Mas Lukman, Mas Priyo, Mas Ari, Mas Hasan, Pak Didit serta jajaran stafnya di Laboratorium Geoteknik PT. Indra Karya Malang atas bimbingan dan kerjasamanya selama ini.
6. Teman hidup paling setia, Mas Jem atas dukungannya yang tiada henti dan Kelompok Belajar Hore sekaligus di dalamnya *partner* tanah Hestina, Linda, Tri, Riris, Baiah, Prayudi yang selalu setia mengingatkan dan melarang untuk bersenang-senang sebelum kewajiban berakhir, serta teman-teman WRE '10 yang tidak bisa penyusun sebut satu-persatu.

Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membaca dan membutuhkan.

Malang, Januari 2015
Penyusun,

Qonit Ayu Pranita



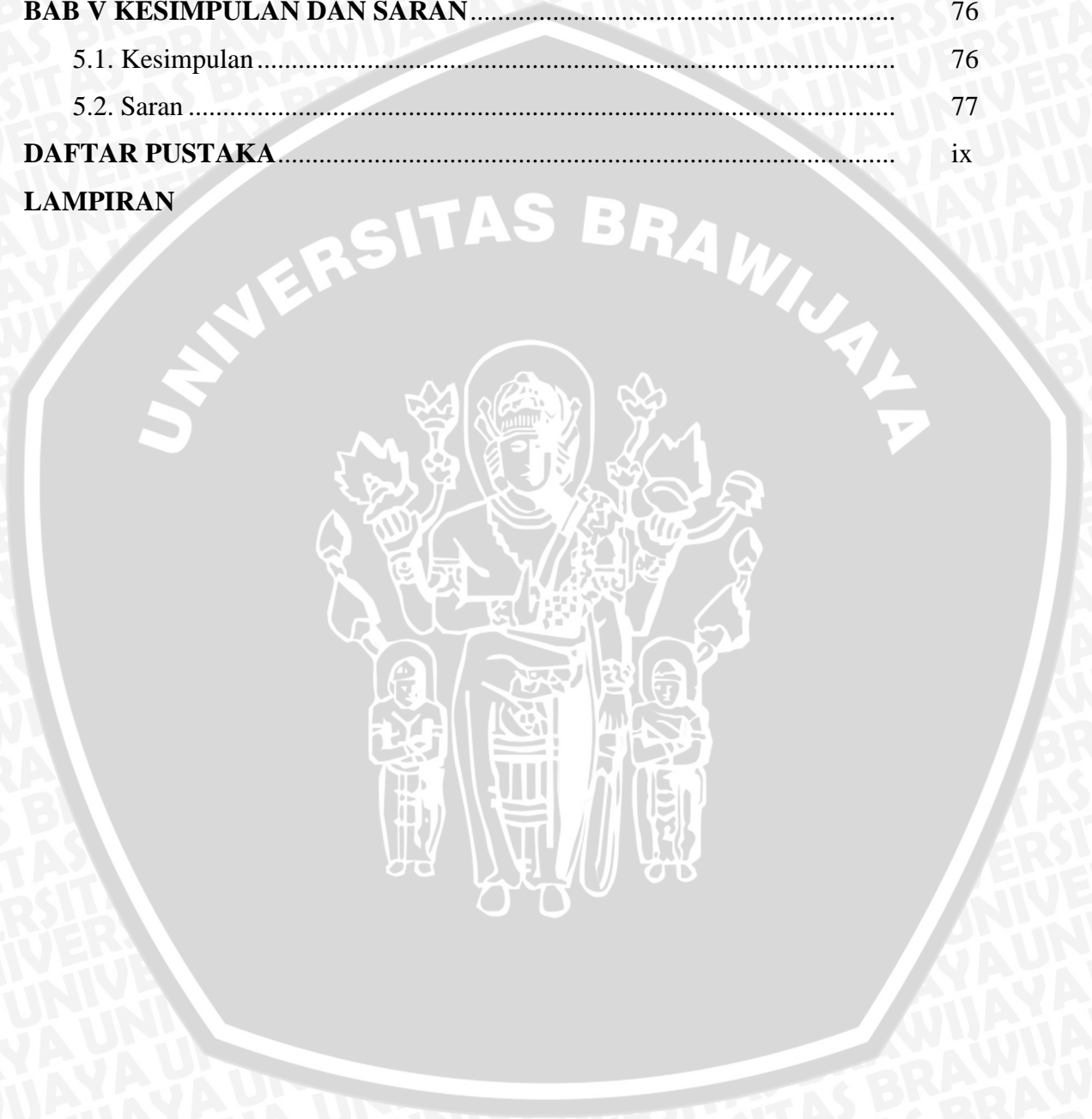
DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
RINGKASAN	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi Masalah	1
1.3. Rumusan Masalah	2
1.4. Batasan Masalah.....	2
1.5. Tujuan dan Manfaat Penelitian	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Pencemaran Air Tanah (<i>Groundwater Contamination</i>).....	4
2.2. Struktur <i>Compacted Soil Liner</i>	5
2.2.1. Pelapis Dasar (<i>Liner</i>) dan Tanah Penutup (<i>Landfill Caps</i>)	8
2.2.2. <i>Bentonite</i> sebagai <i>Material Compacted Soil Liner</i>	10
2.3. Kriteria Permeabilitas untuk <i>Compacted Soil Liner Design</i>	12
2.4. Pengaruh Sifat Fisik (<i>Index Properties</i>) dan Mekanik Tanah.....	13
2.5. Klasifikasi Tanah.....	14
2.5.1. Sistem Klasifikasi AASHTO	14
2.5.2. Sistem Klasifikasi Unified	18
2.5.3. Perbandingan Sistem Klasifikasi AASHTO dan Unified	21
2.6. Uji SEM (<i>Scanning Electron Microscope</i> ASTM E986-97).....	21
2.7. Potensial Mengembang (<i>Swelling Potential</i>)	24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	27
3.1 Lokasi Penelitian.....	27
3.2 Material Dasar	27
3.3 Peralatan Pengujian	27
3.4 Pemodelan Benda Uji Tanah.....	27
3.5 Tahapan Penelitian	30
3.5.1. Persiapan Alat dan Bahan	30



3.5.2. Identifikasi Tanah.....	30
3.5.2.1. <i>Hydrometer dan Sieve Analysis Test</i> (ASTM D422-63)	30
3.5.2.1.1. Alat dan Bahan	30
3.5.2.1.2. Prosedur Pengujian.....	31
3.5.2.2. <i>Liquid Limit Test</i> (ASTM D423-66).....	33
3.5.2.2.1. Alat dan Bahan	33
3.5.2.2.2. Prosedur Pengujian.....	33
3.5.2.3. <i>Plastic Limit Test</i> (ASTM D424-74).....	34
3.5.2.3.1. Alat dan Bahan	34
3.5.2.3.2. Prosedur Pengujian.....	35
3.5.2.4. <i>Shrinkage Limit Test</i> (ASTM D427-39).....	35
3.5.2.4.1. Alat dan Bahan	36
3.5.2.4.2. Prosedur Pengujian.....	36
3.5.2.5. <i>Spesific Gravity Test</i> (ASTM D854-58).....	37
3.5.2.5.1. Alat dan Bahan	37
3.5.2.5.2. Prosedur Pengujian.....	38
3.5.2.6. <i>Standart Proctor Test</i>	38
3.5.2.6.1. Alat dan Bahan	39
3.5.6.2. Prosedur Pengujian.....	40
3.5.2.7. Pemodelan Benda Uji Tanah Timbunan.....	40
3.5.2.8. <i>Falling Head Test</i>	43
3.5.2.8.1. Alat dan Bahan	44
3.5.2.8.2. Prosedur Pengujian.....	44
BAB IV ANALISIS HASIL PENELITIAN.....	45
4.1. Hasil Pengujian Karakteristi Fisik	45
4.1.1. Analisis Pembagian Butiran	45
4.1.2. Batas-batas Atterberg Tanah	47
4.1.3. <i>Spesific Gravity</i> (Gs)	50
4.1.4. Klasifikasi Tanah.....	51
4.2. Potensi Pengembangan Tanah (<i>Swelling Potential Soil</i>).....	51
4.3. Hasil Pengujian <i>Proctor</i>	54
4.4. Uji Permeabilitas Tanah	58
4.4.1. Pengaruh <i>Plasticity Index</i> terhadap Konduktivitas Hidraullik...	58

4.4.2. Pengaruh Kadar Fraksi Pasir (<i>Sand</i>) terhadap Konduktivitas Hidraulik.....	61
4.4.3. Pengaruh Kadar Butiran Halus (<i>Fines</i>) terhadap Konduktivitas Hidraulik.....	63
4.4.4. Pengaruh Penambahan <i>Bentonite</i> terhadap Permeabilitas	72
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	76
5.1. Kesimpulan.....	76
5.2. Saran	77
DAFTAR PUSTAKA	ix
LAMPIRAN	



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Klasifikasi tanah untuk tanah dasar jalan raya, AASHTO	16
Tabel 2.2. Sistem Klasifikasi Unified	19
Tabel 2.3. Kriteria Potensial Mengembang terhadap PI	24
Tabel 2.4. Klasifikasi Derajat Ekspansif	25
Tabel 2.5. Hubungan Aktivitas dengan Mineral	25
Tabel 4.1. Hasil Analisis Pembagian Butiran Tanah	45
Tabel 4.2. Hasil Pengujian Batas-batas Atterberg	47
Tabel 4.3. Hasil Pengujian <i>Spesific Gravity</i> (Gs)	50
Tabel 4.4. Klasifikasi Tanah menurut Standart USCS	51
Tabel 4.5. Klasifikasi Tanah menurut Standart AASHTO	51
Tabel 4.6. Kriteria Pengembangan Tanah berdasarkan PI	52
Tabel 4.7. Klasifikasi Potensial Mengembang (<i>Swelling Poteential</i>) pada Model Benda Uji menurut Chen (1975)	53
Tabel 4.8. Klasifikasi Derajat Ekspansif	53
Tabel 4.9. Batas-batas Atterberg, Persen Lempung dan Aktivitas	53
Tabel 4.10. Rekapitulasi Hasil Pengujian Pematatan	56
Tabel 4.11. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Nilai k dan PI	59
Tabel 4.12. Rekapitulasi Perhitungan Kadar Fraksi Pasir dan Nilai PI	61
Tabel 4.13. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Kadar Pasir dan Nilai k	62
Tabel 4.14. Rekapitulasi Hasil Pengujian Kadar <i>Fines</i> dan Konduktivitas Hidraulik	64
Tabel 4.15. Rekapitulasi Hasil Pengujian Kadar Lempung dan Konduktivitas Hidraulik	68
Tabel 4.16. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Nilai PI dan Kadar Lempung	70
Tabel 4.17. Rekapitulasi Hasil Pengujian Permeabilitas	73

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. TPA dengan metode <i>open dumping</i> (kiri) dibandingkan dengan <i>modern landfill</i> (kanan) yang memiliki <i>landfill liner</i>	4
Gambar 2.2. Gambar Contoh CSL pada Pelapis Dasar (a) dan Sistem Penutup (b)	6
Gambar 2.3. Gambar Perpindahan Air melalui Lapisan Penutup di sepanjang Aliran pada Zona Tak Jenuh di bawah Pelapis Dasar	6
Gambar 2.4. Hubungan antara Penambahan Sodium Bentonite dengan Konduktivitas Hidrolik pada Tanah Pasir Kelanauan yang dipadatkan.....	11
Gambar 2.5. Rentang (<i>Range</i>) dari Batas Cair (LL) dan Indeks Plastisitas (PI) untuk Tanah dalam Kelompok A-2, A-4, A-5, A-6, dan A-7.....	17
Gambar 2.6. Gambar (a) Gambar Uji SEM Lempung <i>Bentonite</i> dengan Perbesaran 2000x dan Gambar (b) Gambar Uji SEM Tanah Asli dengan Perbesaran 5000x.....	22
Gambar 2.7. Grafik Potensial Mengembang	26
Gambar 3.1. Rancangan Percobaan	28
Gambar 3.2. Tahapan Penelitian.....	29
Gambar 3.3. (a) Penumbuk Tanah (b) Timbangan Ketelitian 0,01 gr (c) <i>Hydrometer Jar</i>	31
Gambar 3.4. Alat Pembuat Alur (<i>grooving tool</i>) dan <i>Cassagrande</i>	33
Gambar 3.5. Plat Kaca dan Benda Uji <i>Plastic Limit</i>	35
Gambar 3.6. Pengujian <i>Shrinkage Limit</i>	36
Gambar 3.7. (a) Persiapan SG (b) Proses Pemanasan SG	38
Gambar 3.8. Alat Uji <i>Proctor Standart</i>	39
Gambar 3.9. Pengaruh Pemadatan pada Struktur Tanah	41
Gambar 3.10. Pemodelan Nilai Benda Uji pada Kurva Pemadatan <i>Proctor</i>	43
Gambar 3.11. Diagram Alir Penelitian	24
Gambar 4.1. Grafik Distribusi Butiran Tanah	46
Gambar 4.2. Grafik Hubungan Kadar <i>Bentonite</i> terhadap Konsistensi Tanah.....	49
Gambar 4.3. Hubungan antara Kadar <i>Bentonite</i> terhadap Nilai Gs.....	50
Gambar 4.4. Grafik Klasifikasi Potensi Mengembang Tanah Asli dan <i>Bentonite</i>	54
Gambar 4.5. Kurva Pemadatan Tanah	55
Gambar 4.6. Grafik Pengaruh Penambahan Kadar <i>Bentonite</i> terhadap MDD dan OMC	56



Gambar 4.7. Grafik Hubungan antara OMC dan MDD	57
Gambar 4.8. Hubungan antara Konduktivitas Hidraulik dengan <i>Plasticity Index</i>	58
Gambar 4.9. Grafik Hubungan antara PI terhadap Konduktivitas Hidraulik	59
Gambar 4.10. Grafik Hubungan Nilai PI dan Nilai k	60
Gambar 4.11. Hubungan Kadar Pasir dan Nilai PI.....	62
Gambar 4.12. Hubungan antara Kadar Pasir dengan Nilai k.....	63
Gambar 4.13. Hubungan antara Konduktivitas Hidraulik dengan Prosentase Butir Halus	64
Gambar 4.14. Hubungan antara Kadar <i>Fines</i> dengan Nilai k.....	65
Gambar 4.15. Hubungan antara Kadar <i>Fines</i> terhadap Nilai k.....	66
Gambar 4.16. Hubungan antara Persentase Lempung dengan Nilai k	67
Gambar 4.17. Hubungan antara Kadar Lempung terhadap Nilai k	68
Gambar 4.18. Hubungan antara Kadar Lempung dan Nilai k	69
Gambar 4.19. Hubungan antara Kadar Lempung dengan Nilai PI.....	70
Gambar 4.20. Grafik Pengaruh Kadar Lempung dengan Nilai PI.....	71
Gambar 4.21. Hubungan Penambahan <i>Sodium Bentonite</i> terhadap Konduktivitas Hidraulik	72
Gambar 4.22. Pengaruh Penambahan <i>Bentonite</i> terhadap Nilai k.....	73
Gambar 4.23. Grafik Gabungan Penelitian <i>Benson et.,al</i> , 2010 dan Hasil Pengujian	75

RINGKASAN

QONIT AYU PRANITA, Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Januari 2015, *Pemanfaatan Tanah Pasir Kelanauan yang dipadatkan dengan Campuran Bentonite sebagai Alternatif Material Compacted Soil Liner*, Dosen Pembimbing : Andre Primantyo Hendrawan dan Runi Asmaranto.

Compacted Soil Liner adalah lapisan Tempat Pembuangan Akhir (*landfill liner*) yang dipadatkan dan digunakan untuk menghalangi cairan lindi masuk dan mencemari air tanah. Efektifitas dari sistem ini dikendalikan oleh permeabilitas dari lapisan itu sendiri, dimana ada standart parameter tertentu untuk menentukan nilai permeabilitas lapisan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi dan mengetahui karakteristik sifat fisik dan mekanis (melalui pemadatan) tanah yang digunakan sebagai material *compacted soil liner*. Pada penelitian ini, akan dilakukan pemodelan benda uji dengan masing-masing tiga campuran yang berbeda. Dari hasil uji karakteristik fisik dan mekanis nantinya akan dilakukan analisis hubungannya terhadap karakteristik permeabilitasnya. Adapun bahan uji yang digunakan adalah berupa tanah uji terganggu, yakni Tanah *Bentonite*, dan Tanah Asli (yang diambil dari lapangan). Total benda uji adalah 9 (sembilan) buah, dimana benda uji merupakan hasil dari masing-masing pemadatan *proctor* pada setiap jenis tanah menghasilkan 3 (tiga) buah benda uji yang terdiri dari *OMC*, *dry side*, dan *wet side*.

Dari hasil uji laboratorium, diketahui karakteristik fisik *Bentonite* adalah tanah lempung dengan plastisitas tinggi yang memiliki daya dukung kurang baik, sedangkan Tanah Asli merupakan jenis tanah pasir berlanau (campuran antara kerikil – pasir dan lanau – lempung) dengan plastisitas tinggi yang memiliki daya dukung juga kurang baik. Untuk mengetahui karakteristik mekanisnya, dilakukan uji pemadatan *proctor* (*Standard Proctor*). Dari hasil uji permeabilitas tanah, penambahan kadar *Bentonite* ke dalam tanah pasir kelanauan menyebabkan nilai konduktivitas hidraulik menurun. Berdasarkan analisis hasil uji permeabilitas, secara umum karakteristik fisik tanah dan mekanis benda uji yang digunakan cukup berpengaruh terhadap tingkat permeabilitasnya. Semakin tinggi kadar *Bentonite* yang ditambahkan menyebabkan nilai *Liquid Limit* dan *Plasticity Index* meningkat, namun sebaliknya nilai Konduktivitas hidraulik semakin menurun. Dengan bertambahnya kadar *bentonite* menyebabkan nilai *OMC* dan *MDD* semakin rendah, sehingga nilai *Spesific Gravity* juga menurun akibat dari berat isi kering tanah yang semakin kecil.

Dari hasil uji permeabilitas, nilai konduktivitas hidraulik (*k*) terkecil diperoleh pada kondisi *OMC* dimana nilai *k* menurun saat kadar air mendekati optimum, baik dalam kondisi *dry side* maupun *wet side*. Kondisi *wet side* menghasilkan nilai *k* yang lebih kecil dibandingkan pada kondisi *dry side*. Selain itu, perlunya dilakukan analisa pengaruh mineral dan pengaruh karakteristik kimia tanah sebab kedua hal ini juga merupakan faktor yang berpengaruh terhadap parameter *Compacted Soil Liner*. Untuk pemanfaatannya campuran 70% *Bentonite* dan 30% Tanah Asli bisa dipakai sebagai alternatif material *Compacted Soil Liner* yang memenuhi standart parameter dari EPA dengan nilai *k* mencapai 1×10^{-9} cm/s atau lebih kecil.

Kata kunci: Campuran *Bentonite*, *Compacted Soil Liner*, Sifat fisik dan mekanis tanah, Tanah pasir kelanauan, Uji permeabilitas, Uji *Proctor*.

DAFTAR PUSTAKA

- Adityawarman, Lalu Bayu.,*et.al.* 2014. *Identifikasi Sifat Dispersif Pada Model Benda Uji Tanah Asli Dengan Uji Pinhole*. Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Malang: Skripsi tidak diterbitkan.
- Benson, C.H.; Zhai, H. and Wang, X. (1994). *Estimating hydraulic conductivity of compacted clay liners*. Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, 120(2), 366-387.
- Bowles, Joseph E. 1991, *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*, PT. Erlangga. Jakarta.
- Das,B. 1985. *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik) Jilid 1*. Erlangga. Surabaya.
- EPA. 1993. *Solid waste disposal facility criteria*. U.S: Environmental Protection Agency, Technical Manual. EPA/530-R-93-017.
- Farhan, M. 2014. *Evaluasi Sifat Dispersif Tanah Lempung untuk Bahan Timbunan dengan Uji Pinhole*. Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Malang: Skripsi tidak diterbitkan.
- Gleason, M.H.; Daniel, D.E. and Eykholt, G.R. 1997. *Calcium and sodium bentonite for hydraulic containment applications*. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE, 123(5), 438-445.
- Kaya, A. and Durukan, S. (2004). *Utilization of bentonite-embedded zeolite as clay liner*. Applied Clay Science, 25, 83-91.
- Koerner, R. M. 1984. *Construction and Geotechnical Methods in Foundation Engineering*. Mc Graw-Hill. United States of America.
- Maramis, A, 2008. *Pengelolaan Sampah dan Turunannya di TPA*, Alumni Program Pasca Sarjana Magister Biologi Terapan, Universitas Satyawacana, Salatiga.
- Met, I.; Akgün, H. and Tükmenoglu, A.G. (2004). *Environmental geological and geotechnical investigations related to the potential use of Ankara clay as a compacted landfill liner material, Turkey*. Environmental Geology, 47(2), 225-236.
- Mitchell, J.K.; Hooper, D.R. and Campanella, R.G. (1965). *Permeability of compacted clay*. Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE, 91(4), 41-65.
- Mitchell, J.K. and Soga, K. 2005. *Fundamentals of soil behavior*. Third Edition. John Wiley & Sons.
- Reis, A. M. S. D. *Hydro-Mechanical Behavior of Compacted Soils with different Compaction Water content*. AFA, Air Force Academy. Technical University of Lisbon, Portugal.

- Runi, Asmaranto, et.,al. 2012. *Penentuan Nilai Konduktivitas Hidraulik Tanah tidak Jenuh menggunakan Uji Resistivitas di Laboratorium*. Jurnal Teknik Pengairan Vol 3 (81-86).
- Shirazi, S. M. 2010. *Permeability and swelling characteristics of bentonite*. International Journal of the Physical Sciences Vol. 5(11).
- Tay, Y.Y., Stewart, D.I. and Cousens, T.W. (2001). *Shrinkage and Desiccation Cracking in Bentonite-Sand Landfill Liners*. Engineering Geology, 60, 263-274.
- Wang, X. and Benson, C.H. (1995). *Infiltration and saturated hydraulic conductivity of compacted clay*. Journal of Geotechnical Engineering. ASCE, 121(10), 713-722.
- Wijeyesekera, D.C.; O'Connor, K. and Salmon, D.E. (2001). *Design and performance of a compacted clay barrier through a landfill*. Engineering Geology, 60, 295-305.
- Yong, R.N. (1999b). *Overview of modelling of clay microstructure and interactions for prediction of waste isolation barrier performance*. Engineering Geology, 54, 83-91.
- <http://oceanworld.tamu.edu/resources/evnironmentbook/groundwatercontamination.html> (diakses 23 Februari 2014)

