



UNIVERSITAS INDONESIA

**KARAKTERISTIK CAMPURAN KOMPOS DAN TANAH KELANAUAN
SEBAGAI MATERIAL ALTERNATIF TANAH PENUTUP
LANDFILL TPA CIPAYUNG**

SKRIPSI

**M. SATRIO PRATOMO
0806338765**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
DEPOK
JULI 2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

**KARAKTERISTIK CAMPURAN KOMPOS DAN TANAH KELANAUAN
SEBAGAI MATERIAL ALTERNATIF TANAH PENUTUP
LANDFILL TPA CIPAYUNG**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana

**M. SATRIO PRATOMO
0806338765**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
DEPOK
JULI 2012**



UNIVERSITY OF INDONESIA

***CHARACTERISTIC OF THE MIXTURE OF COMPOST AND SILTY SOIL
AS ALTERNATIVE MATERIAL FOR LANDFILL COVER SOIL
TPA CIPAYUNG***

FINAL REPORT

Proposed as one of the requirement to obtain a Bachelor's degree

**M. SATRIO PRATOMO
0806338765**

**FACULTY OF ENGINEERING
ENVIRONMENTAL ENGINEERING STUDY PROGRAM
DEPOK
JULY 2012**

iii

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : M. Satrio Pratomo

NPM : 0806338765

Tanda Tangan : 

Tanggal : 4 Juli 2012

STATEMENT OF AUTHENTICITY

**I declare that this final report of one of my own research,
and all of the references either quoted or cited here
have been mentioned properly.**

Name : M. Satrio Pratomo

Student ID : 0806338765

Signature : 

Date : July 4, 2012

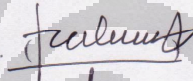
HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : M. Satrio Pratomo
NPM : 0806338765
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul Skripsi : Karakteristik Campuran Kompos dan Tanah Kelanauan sebagai Material Alternatif Tanah Penutup *Landfill* TPA Cipayang

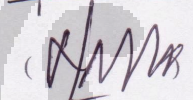
Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing 1 : Ir. Gabriel S.B. Andari K. M.Eng., Ph. D.



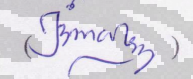
Pembimbing 2 : Dr. Ir. Djoko M. Hartono, S.E., M.Eng.



Penguji 1 : Dr. Ir. Setyo S. Moersidik, DEA



Penguji 2 : Ir. Irma Gusniani, M.Sc.



Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 4 Juli 2012

STATEMENT OF LEGITIMATION

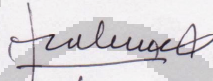
This final report submitted by :

Name : M. Satrio Pratomo
Student ID : 0806338765
Study Program : Environmental Engineering
Thesis Title : Characteristic of the Mixture of Compost and Silty Soil as
Alternative Material for Landfill Cover Soil TPA Cipayang

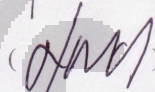
Has been successfully defended before the Council Examiners and was accepted as part of the requirements necessary to obtain a Bachelor of Engineering degree in Environmental Engineering Program, Faculty of Engineering, Universitas Indonesia.

BOARD OF EXAMINERS

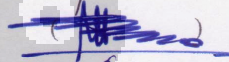
Advisor 1 : Ir. Gabriel S.B. Andari K. M.Eng., Ph. D.



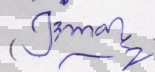
Advisor 2 : Dr. Ir. Djoko M. Hartono, S.E., M.Eng.



Examiner 1 : Dr. Ir. Setyo S. Moersidik, DEA



Examiner 2 : Ir. Irma Gusniani, M.Sc.



Defined in : Depok

Date : July 4, 2012

KATA PENGANTAR

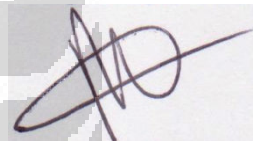
Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Selain itu, berkat bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, penulis berhasil melalui segala bentuk tantangan dan rintangan yang muncul selama proses penyelesaian skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ir. Gabriel S.B. Andari, M.Eng Ph.D, selaku dosen pembimbing 1 yang telah bersedia menyediakan waktu, tenaga, pikiran, dan semangat dalam memberikan pengarahan guna penyusunan skripsi ini.
2. Dr. Ir. Djoko M. Hartono, SE, M.Eng, selaku dosen pembimbing 2 dan pembimbing akademis yang telah bersedia memberikan bantuan, bimbingan, dan nasihat yang membangun selama penyusunan skripsi ini.
3. Dr. Ir. Setyo S. Moersidik, DEA selaku dosen penguji 1 yang selalu memberikan kritik dan saran yang berguna dalam penyusunan skripsi ini.
4. Ir. Irma Gusniani D., M.Sc, selaku dosen penguji 2 dan kepala Laboratorium Teknik Lingkungan Universitas Indonesia yang memberikan saran untuk penyusunan skripsi serta izin dalam penggunaan Laboratorium Teknik Lingkungan.
5. Ir. Widjojo A. Prakoso, M.Sc, Ph.D, selaku kepala Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil Universitas Indonesia yang telah memberikan izin dalam penggunaan Laboratorium Mekanika Tanah.
6. Orang tua saya, Bapak Suyitno dan Ibu Sri Haryati serta saudara-saudara saya, yang selalu memberikan dukungan moral dan material serta kasih sayang yang merupakan faktor pendukung utama dalam penyusunan skripsi ini.
7. Mbak Licka dan Mbak Diah yang telah banyak membantu saya dalam pemeriksaan parameter kimia di laboratorium Teknik Lingkungan Universitas Indonesia.
8. Bapak Narto, Bapak Wardoyo, Mas Eko dan Mas Anto yang telah banyak membantu saya dalam pemeriksaan parameter fisik di laboratorium Mekanika Tanah.
9. Afimonika, sebagai rekan seperjuangan saya dalam melakukan pemeriksaan di Laboratorium Teknik Lingkungan dan Laboratorium Mekanika Tanah.
10. Teman kos, Caysa Ardi dan Doni Johansyah, yang selalu berjuang bersama dalam suka dan duka dalam menyelesaikan skripsi.

11. Teman-teman Teknik Sipil dan Teknik Lingkungan angkatan 2008 yang senantiasa memberikan dukungan satu sama lain.
12. Semua pihak yang telah banyak membantu menyelesaikan skripsi ini yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu

Akhir wacana, penulis berharap Allah SWT berkenan membalas kebaikan seluruh pihak yang telah membantu dan semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu di masa depan.

Depok, Juli 2012



Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : M. Satrio Pratomo
NPM : 0806338765
Program Studi : Teknik Lingkungan
Departemen : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Karakteristik Campuran Kompos Dan Tanah Kelanauan Sebagai Material Alternatif Tanah Penutup *Landfill* TPA Cipayung

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan 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 : Depok
Pada tanggal : 4 Juli 2012

Yang menyatakan



(M. Satrio Pratomo)

**STATEMENT OF AGREEMENT
OF FINAL REPORT PUBLICATION FOR ACADEMIC PURPOSES**

As an civitas academica of Universitas Indonesia, I, the undersigned:

Name : M. Satrio Pratomo
Sutudent ID : 0806338765
Study Program: Environmental Engineering
Department : Civil Engineering
Faculty : Engineering
Type of Work : Final Report

for the sake of science development, hereby agree to provide Universitas Indonesia **Non-exclusive Royalty Free Right** for my scientific work entitled:

Characteristic of the Mixture of Compost and Silty Soil as Alternative Material for Landfill Cover Soil TPA Cipayung

together with the entire documents (if necessary). With the Non-exclusive Royalty Free Right, Universitas Indonesia has rights to store, convert, manage in the form of database, keep and publish my final report as long as list my name as the author and copyright owner.

I certify that the above statement is true.

Signed at : Depok
Date this : July 4, 2012

The Declarer



(M. Satrio Pratomo)

ABSTRAK

Nama : M. Satrio Pratomo
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul : Karakteristik Campuran Kompos dan Tanah Kelanauan sebagai Material Alternatif Tanah Penutup *Landfill* TPA Cipayung

Sampah merupakan permasalahan utama perkotaan yang kerap menjadi sumber permasalahan bagi masalah lain. Kota Depok merupakan salah satu kota besar di Indonesia yang memiliki timbunan sampah rata-rata sebesar 3764 m³ pada tahun 2007. Memenuhi kebutuhan akan material alternatif bagi tanah penutup *landfill* sampah di Tempat Pemrosesan Akhir Cipayung, Depok, merupakan tujuan dari penelitian ini. Material alternatif yang akan digunakan adalah campuran dari tanah kelanauan dan kompos yang berasal dari Unit Pengolah Sampah. Tanah kelanauan yang digunakan memiliki komposisi 4,69% lempung, 34,45% lanau, dan 60,86% pasir. Sedangkan kompos yang digunakan berasal dari Unit Pengolahan Sampah Cilangkap Kota Depok. Perbandingan campuran antara tanah kelanauan dan kompos untuk material campuran 1 adalah 1 : 1, material campuran 2 adalah 1 : 1,5, dan material campuran 3 adalah 1 : 2. Berdasarkan pemeriksaan yang dilakukan terhadap kualitas kompos didapatkan bahwa kompos UPS memiliki nilai kadar air 26,2%, *Water Holding Capacity* 29%, *pH* 6,82, fosfor 2,32%, C organik 17,78%, Nitrogen 1,58%, bahan organik 30,58%, dan rasio C/N 11,22. Dan melalui pemeriksaan fisik didapatkan bahwa material campuran dengan rasio 1 : 2 merupakan pilihan yang optimum dengan nilai *specific gravity* 2,29, *bulk density* 1,135 gr/cm³, koefisien permeabilitas 3,11 x 10⁻⁶ cm/s sesuai dengan *Technical and Regulatory Guidance for Design, Installation and Monitoring of Alternative Final Landfill Covers (2003)* dan porositas 7,91%.

Kata Kunci :
Tanah penutup *landfill*, sampah, kompos, tanah kelanauan

ABSTRACT

Name : M. Satrio Pratomo
Study Program : Environmental Engineering
Title : Characteristic of the Mixture of Compost and Silty Soil as Alternative Material for Landfill Cover Soil TPA Cipayung

Solid Waste is the urban main problem that often become the source for other urban problem. Depok city is one of the cities in Indonesia that has solid waste generation by an average of 3764 m³ in 2007. Meet the needs of alternative material for landfill cover soil in Solid Waste Final Processing Facility in Cipayung, Depok, is the purpose of this study. Alternative material being used is the mixture of silty soil and compost from Solid Waste Processing Unit. Silty soil that being used has a composition of 4,69% clay, 34,45% silt, and 60,86% sand. While the compost derived from Cilangkap Solid Waste Processing Unit in Depok City. The mixture of silty soil and compost ratio for the material 1 is 1:1, material 2 is 1 : 1,5, and material 3 is 1 : 2.

Based on the tests that has been conducted on Cilangkap Solid Waste Processing Unit compost, it is found that the compost has moisture content value 26,2%, Water Holding Capacity 29%, pH 6,82, phosphorus content 2,32%, organic C 17,78%, Nitrogen 1,58%, organic matter content 30,58%, and C/N ratio 11,22. And through physical tests it is found that the mixture material of ratio 1 : 2, is the optimum choice with spesific gravity value 2,29, bulk density value 1,135 gr/cm³, coefficient of permeability 3,11 x 10⁻⁶ cm/s in accordance with the Technical and Regulatory Guidance for Design, Installation and Monitoring of Alternative Final Landfill Covers (2003) and porosity 7,91%.

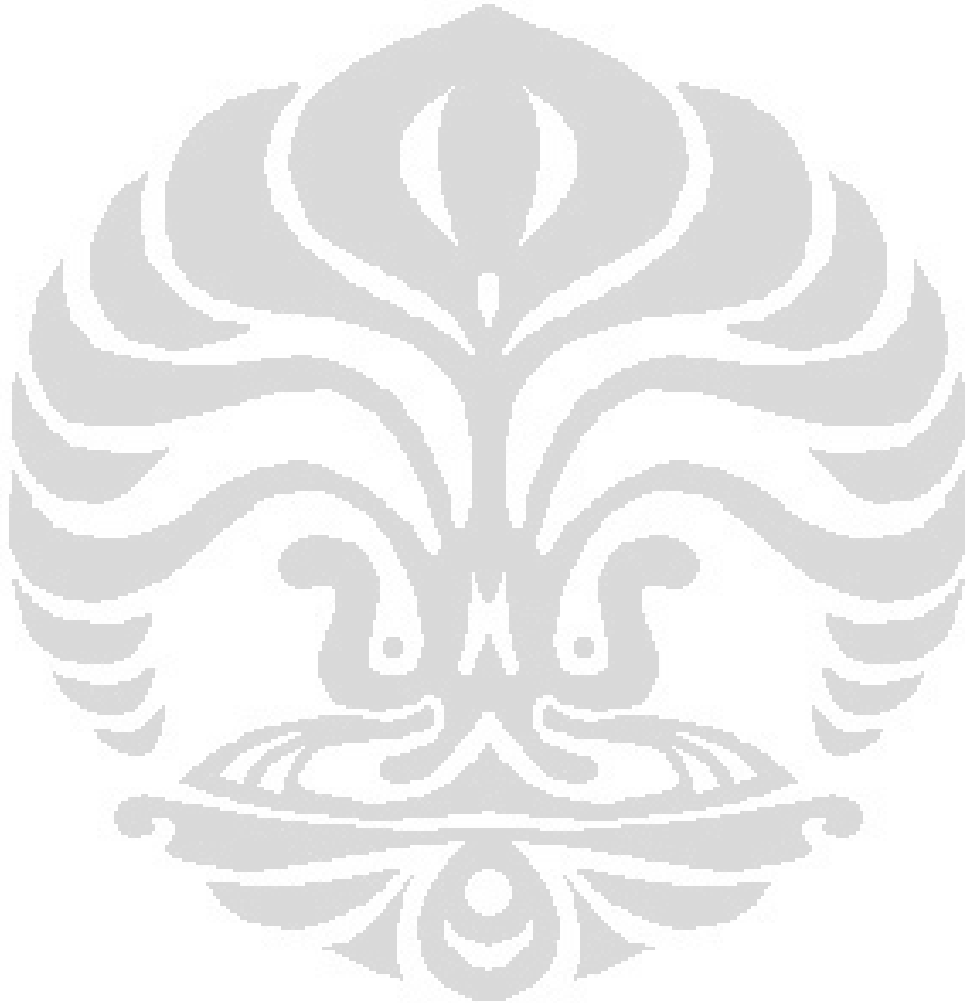
*Keywords :
Landfill cover soil, solid waste, compost, silty soil*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
HALAMAN PENGESAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	x
ABSTRAK	xii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Penelitian	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Ruang Lingkup	4
1.6 Sistematika penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Definisi Sampah	6
2.2 Sumber Sampah	6
2.3 Pengelolaan Sampah Terpadu (<i>Integrated Solid Waste Management</i>)	8
2.4 Kompos	10
2.5 <i>Landfill</i>	13
2.6 Tanah Penutup	15
2.7 Tanah	17
2.7.1. Definisi Tanah	17
2.7.2. Sifat Fisika Tanah	18
2.8 Tanah Kelanauan	22
BAB 3 METODE PENELITIAN	23
3.1 Pendekatan Penelitian	23
3.2 Variabel Penelitian	23
3.3 Kerangka Penelitian	24
3.4 Persiapan Penelitian	25
3.5 Prosedur Penelitian	25
3.5.1 Pemeriksaan Karakteristik Kimia Kompos	25
3.5.2 Pencampuran Kompos dengan Tanah Lanau	26
3.5.3 Pemeriksaan Karakteristik Fisik Material Tanah	26
3.5.4 Pemeriksaan Karakteristik Fisik Campuran	26
3.6 Dasar Perhitungan	27
3.7 Waktu dan Lokasi Penelitian	30

BAB 4 GAMBARAN UMUM UPS CILANGKAP DEPOK	32
4.1 Data Fisik Lokasi UPS	32
4.2 Status Kepemilikan Tanah	32
4.3 Kondisi Sekitar UPS	33
4.4 Sarana dan Prasarana UPS	33
4.4.1 Kondisi Jalan Menuju UPS dan Fasilitas UPS	33
4.4.2 Peralatan Operasional Kendaraan Angkut	34
4.5 Manajemen Operasi UPS	35
4.5.1 Daerah Pelayanan UPS	35
4.5.2 Instansi Pengelola UPS	35
4.5.3 Struktur Organisasi Proyek	36
4.5.4 Sumber Daya di UPS	36
4.6 Kegiatan dan Kelengkapan UPS	37
4.6.1 Kegiatan di UPS	37
4.6.2 Luas Masing-Masing Peruntukkan di UPS	38
4.6.3 Peralatan yang Tersedia	39
4.6.4 K3L dan <i>Housekeeping</i> UPS	39
BAB 5 PENGOLAHAN DAN ANALISIS DATA	41
5.1 Pendahuluan	41
5.2 Pengelolaan Sampah di UPS Cilangkap	41
5.3 Pemeriksaan Kualitas Kimia dan Karakteristik Fisik Kompos	42
5.3.1 Pemeriksaan Ukuran Partikel Kompos	43
5.3.2 Pemeriksaan Kualitas Kimia Kompos	45
5.3.2.1 Kadar Air (<i>Moisture Content</i>)	46
5.3.2.2 WHC (<i>Water Holding Capacity</i>)	46
5.3.2.3 pH	47
5.3.2.4 Fosfor	47
5.3.2.5 Karbon (C) Organik	48
5.3.2.6 Nitrogen	49
5.3.2.7 Bahan Organik	49
5.3.2.8 Rasio C/N	50
5.3.3 Pemeriksaan Karakteristik Kompos	51
5.3.3.1 <i>Specific Gravity (SG)</i>	52
5.3.3.2 <i>Compaction</i>	53
5.3.3.3 Permeabilitas	58
5.3.3.4 <i>Atterberg Limit</i>	60
5.3.3.5 Porositas	63
5.4 Pemeriksaan Karakteristik Tanah Kelanauan	64
5.5 Pemeriksaan Karakteristik Campuran Tanah Penutup	66
5.5.1 <i>Specific Gravity (SG)</i>	67
5.5.2 <i>Compaction</i>	67
5.5.3 Permeabilitas	70
5.5.4 <i>Atterberg Limit</i>	72
5.5.5 Porositas	73
5.5 Kelayakan Material sebagai <i>Biofilter</i>	77

BAB 6 PENUTUP	81
6.1 Kesimpulan	81
6.2 Saran	82
DAFTAR PUSTAKA	83
LAMPIRAN	86



DAFTAR GAMBAR

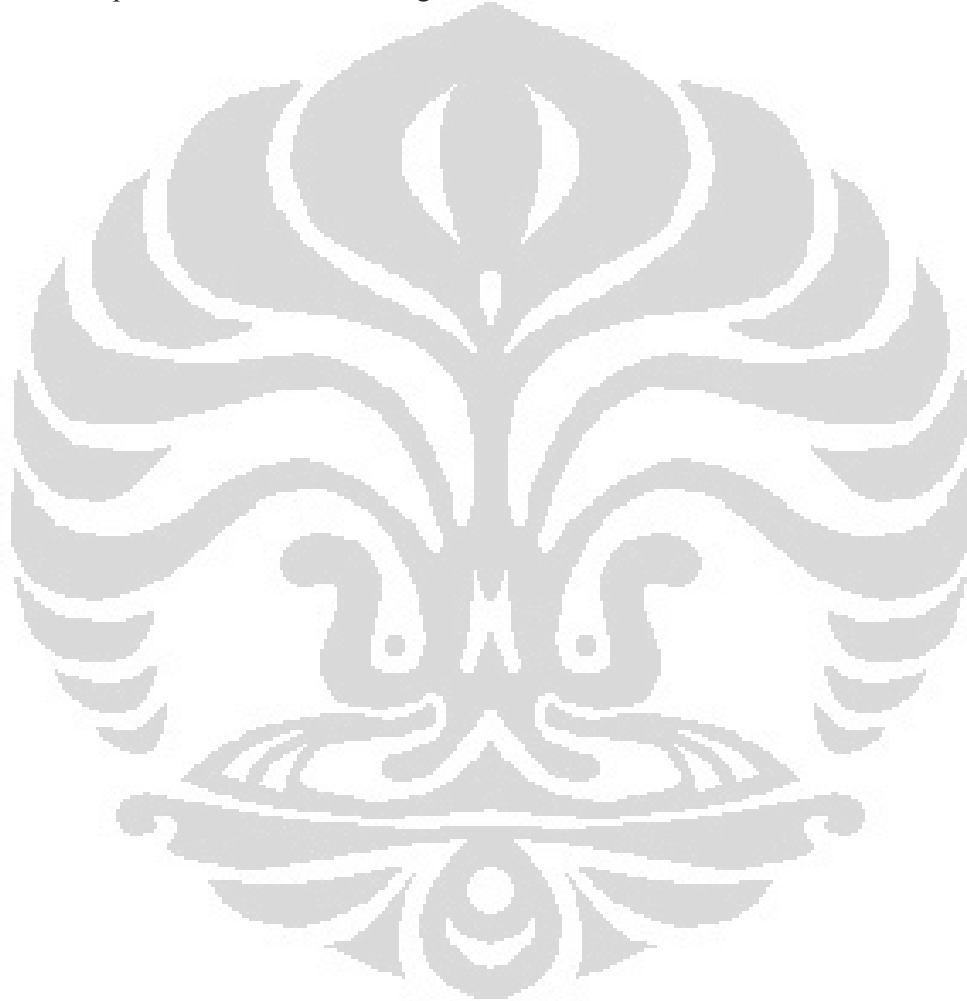
Gambar 2.1 Elemen Fungsional Pengelolaan Sampah Terpadu.....	8
Gambar 2.2 Potongan Melintang <i>Landfill</i>	14
Gambar 3.1 Kerangka Penelitian.....	24
Gambar 4.1 Peta Lokasi UPS Cilangkap	32
Gambar 4.2 Bagian Dalam UPS Cilangkap.....	34
Gambar 4.3 Pengepakan Sampah Plastik dan Kompos.....	38
Gambar 5.1 Mesin Sieve Shaker.....	43
Gambar 5.2 Pemeriksaan <i>Compaction</i>	54
Gambar 5.3 Grafik <i>Dry Bulk Density VS Water Content</i> Material Kompos.....	57
Gambar 5.4 Skema Alat <i>Constant-Head Permeability</i>	58
Gambar 5.5 Grafik Perbandingan Viskositas	60
Gambar 5.6 Alat <i>Cassagrande</i>	61
Gambar 5.7 Grafik <i>Grain Diameter VS Percent Finer</i> Material Tanah	65
Gambar 5.8 Pemeriksaan <i>Hydrometer Test</i>	66
Gambar 5.9 Grafik <i>Dry Bulk Density VS Water Content</i> Material Campuran 1	68
Gambar 5.10 Grafik <i>Dry Bulk Density VS Water Content</i> Material Campuran 2	68
Gambar 5.11 Grafik <i>Dry Bulk Density VS Water Content</i> Material Campuran 3	69
Gambar 5.12 Grafik Perbandingan <i>Dry Bulk Density VS Water Content</i> Material Campuran	70
Gambar 5.13 Perbandingan Nilai Koefisien Permeabilitas Campuran.....	71
Gambar 5.14 Grafik <i>Dry Bulk Density VS Porositas</i>	74
Gambar 5.15 Perbandingan Nilai Koefisien Permeabilitas dengan Porositas Material Campuran	75

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Timbulan Sampah Berdasarkan Komponen Sumber Sampah	9
Tabel 2.2 Nilai k untuk Tanah	20
Tabel 2.3 Perbedaan Sifat Pasir dan Tanah Lempung	22
Tabel 3.1 Metode Pengujian Parameter Kimia	26
Tabel 3.2 Metode Pengujian Parameter Fisik	27
Tabel 3.3 Jadwal Penelitian	31
Tabel 4.1 Peruntukkan Lahan UPS	38
Tabel 4.2 Unit Alat Pelengkap	39
Tabel 5.1 Pengujian Karakteristik	41
Tabel 5.2 Komposisi Sampah UPS Cilangkap	42
Tabel 5.3 Data Pemeriksaan Ukuran Partikel Kompos UPS Cilangkap.....	43
Tabel 5.4 Data Kualitas Kompos UPS Cilangkap	45
Tabel 5.5 Karakteristik Fisik Kompos UPS Cilangkap	51
Tabel 5.6 Nilai Specific Gravity Material Tanah.....	52
Tabel 5.7 Spesifikasi Pemeriksaan <i>Compaction</i>	55
Tabel 5.8 Rentang Nilai <i>Plasticity Index</i> Material Tanah	62
Tabel 5.9 Nilai Porositas Material Tanah	64
Tabel 5.10 Hasil Pemeriksaan <i>Specific Gravity</i> Material Campuran.....	67
Tabel 5.11 Sifat Permeabilitas Material Tanah Berdasarkan Nilai Koefisien Permeabilitas.....	72
Tabel 5.12 Nilai Shrinkage Limit Campuran.....	73
Tabel 5.13 Nilai Porositas Material Campuran	74
Tabel 5.14 Hasil Akhir Pemeriksaan Material Campuran.....	76
Tabel 5.15 Perbandingan Nilai Kualitas Kimia Kompos dengan Kriteria Desain <i>Biofilter</i>	77
Tabel 5.16 Perbandingan Ukuran Butiran Kompos UPS dengan Desain Kriteria <i>Biofilter</i>	78
Tabel 5.17 Perbandingan Ukuran Butiran Material Tanah dengan Desain Kriteria <i>Biofilter</i>	79

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Foto-Foto Pengamatan	86
Lampiran 2 Penetapan Parameter Kimia	89
Lampiran 3 Penetapan Parameter Fisik	102
Lampiran 4 SNI 19-7030-2004 Spesifikasi Kompos dan Sampah Organik Domestik.....	115
Lampiran 5 Department of Agriculture, Food, & Rural Resources, Standards for Compost Products.....	117
Lampiran 6 Biofiltration Design Criteria.....	121



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Penelitian

Persampahan merupakan salah satu permasalahan utama kota yang kerap menjadi sumber dari permasalahan lain. Berawal dari masalah kebersihan, kenyamanan, pencemaran lingkungan, hingga menjadi masalah sosial. Bahkan kini, persampahan merupakan salah satu penyebab dari perubahan iklim global.

Berdasarkan UU No. 18 Tahun 2008, pengelolaan dan penanganan sampah tidak hanya berkonsep pada kegiatan kumpul-angkut-buang ke tempat pemrosesan akhir sampah, namun juga berpedoman pada 3R. Sehingga, dengan adanya prinsip 3R, diharapkan adanya pengurangan timbulan sampah yang akan diangkut menuju tempat pengolahan maupun pembuangan akhir sampah.

Timbulan sampah yang besar pada tempat pemrosesan akhir sampah berpotensi melepaskan gas metan (CH_4) dan CO_2 yang dapat meningkatkan emisi gas rumah kaca yang dapat berkontribusi terhadap pemanasan global. Selain itu, timbulan sampah yang besar memerlukan jangka waktu yang lama untuk terurai dan biaya yang besar guna penanganannya.

Kota Depok yang terletak di sebelah selatan kota DKI Jakarta merupakan salah satu kota besar yang memiliki jumlah penduduk yang cukup besar. Kota Depok memiliki luas wilayah sebesar $200,29 \text{ km}^2$ dengan jumlah penduduk sebesar 1.736.545 (BPS, 2010) dan laju pertumbuhan penduduk sebesar 4,27% (BPS, 2010). Jumlah penduduk yang cukup besar ini berpotensi memicu timbulan sampah perkotaan yang besar pula. Tercatat rata-rata timbulan sampah harian kota Depok sebesar 3764 m^3 (DKP, 2007). Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Depok telah menerapkan sistem pengelolaan limbah padat terpadu untuk menangani timbulan sampah ini. Melalui sistem ini, dibangunlah unit pengolah sampah (UPS) dan tempat pemrosesan akhir (TPA) yang diharapkan dapat mengurangi serta mengendalikan timbulan sampah perkotaan.

UPS dan TPA merupakan suatu upaya penerapan 3R guna menanggulangi masalah sampah. UPS (unit pengolah sampah) ditujukan untuk mengurangi jumlah sampah yang akan dibawa ke tempat pembuangan akhir melalui proses pemilahan dan pengomposan. Sedangkan TPA (tempat pemrosesan akhir), merupakan tempat pembuangan akhir sampah yang berasal dari seluruh UPS. Sampah yang datang menuju TPA adalah sampah yang sudah tidak memiliki daya jual maupun daya guna. Sampah-sampah tersebut akan ditimbun di dalam sebuah lubang yang disebut *landfill*. *Landfill* adalah fasilitas fisik yang digunakan untuk pembuangan sampah dan residu sampah pada permukaan tanah (O'Leary, 1993).

Salah satu komponen penting dari suatu *landfill* adalah tanah penutup. Tanah penutup adalah lapisan tanah yang digunakan untuk melapisi bagian atas dari timbunan sampah pada *landfill*. Terdapat dua jenis tanah penutup pada *landfill*, yaitu *daily cover* dan *final cover*. *Daily cover* biasanya merupakan lapisan tanah atau material lain yang memiliki tebal 6 inci yang diaplikasikan pada setiap periode operasi, sedangkan *final cover* merupakan lapisan tanah atau material lain yang berfungsi sebagai lapisan penutup akhir ketika *landfill* telah mencapai ketinggian maksimal yang telah direncanakan. Selain itu, ada pula *intermediate cover* yang memiliki tebal sekitar 12 inci. Fungsi umum dari *intermediate cover* sama dengan *daily cover*, namun sebagai lapisan penutup sementara, *intermediate cover* memiliki fungsi tambahan yang antara lain mengurangi infiltrasi air hujan dan menjadi media tumbuh bagi vegetasi.

Untuk memenuhi kebutuhan tanah penutup bagi *landfill*, biasanya dipakai tanah yang berasal dari daerah luar wilayah TPA. Hal ini tentunya akan membutuhkan biaya tambahan guna mobilisasi material tanah penutup tersebut. Selain itu juga dibutuhkan material penutup yang memiliki kualitas lebih baik dalam menahan rembesan air hujan dibandingkan dengan tanah. Oleh karena itu, dibutuhkan alternatif lain guna mengatasi masalah ini.

Saat ini, alternatif baru yang dapat dipertimbangkan sebagai material tanah penutup adalah kompos. Dasar pertimbangan kompos sebagai material alternatif tanah penutup dikarenakan beberapa alasan, yakni (1) Kompos dapat dengan mudah

didapatkan dari hasil *composting* di UPS, (2) Walaupun jumlah produksi kompos UPS cukup melimpah, kualitasnya kurang baik sebagai *fertilizer*, (3) Kompos dapat dibawa menuju TPA bersamaan dengan residu UPS yang dibawa oleh truk sampah, dan (4) Kompos dapat berfungsi sebagai *biofilter* yang mencegah serta mengurangi gas-gas *landfill* yang terlepas ke udara. Selain itu, material tambahan lain yang juga berpotensi dapat dicampurkan dengan kompos adalah tanah kelanauan. Tanah kelanauan memiliki variasi ukuran partikel yang cukup beragam yang merupakan peralihan dari pasir dan tanah lempung. Sehingga karakteristik fisik campuran dapat menyerupai karakteristik fisik tanah alami. Material tanah kelanauan yang akan dipakai sebagai material campuran berasal dari tempat ekskavasi tanah pada beberapa lahan proyek pembangunan. Hal ini dikarenakan tanah kelanauan umumnya ditemukan pada kedalaman lebih dari 1,5 meter di bawah tanah permukaan. Selain itu, pemilihan tanah lanau sebagai material campuran juga dapat menanggulangi penumpukan tanah hasil ekskavasi di lahan proyek.

1.2. Rumusan Masalah

Dalam penelitian ini, terdapat beberapa rumusan masalah yang dibutuhkan guna memahami permasalahan yang akan diteliti; yang antara lain :

1. Berapa jumlah produksi kompos di UPS Cilangkap?
2. Bagaimana karakteristik kompos di UPS Cilangkap?
3. Bagaimana karakteristik campuran kompos dan tanah kelanauan?
4. Bagaimana komposisi campuran kompos dan tanah kelanauan yang optimal bagi lapisan tanah penutup di TPA Cipayung?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini :

1. Mengetahui jumlah produksi kompos di UPS Cilangkap
2. Mengetahui karakteristik kompos di UPS Cilangkap
3. Mengetahui karakteristik campuran kompos dan tanah kelanauan

4. Mengetahui komposisi campuran kompos dan tanah kelanauan yang optimal bagi lapisan tanah penutup di TPA Cipayung

1.4. Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini, diharapkan dapat memberikan beberapa manfaat, yang antara lain;

1. Memberikan alternatif material bagi lapisan tanah penutup dalam segi kualitas bagi TPA Cipayung, Depok
2. Memberikan sumbangan bagi pendidikan dan ilmu dalam bidang pengelolaan sampah di Indonesia sehingga akan berkembang menuju ke arah yang lebih baik.

1.5. Ruang Lingkup

Penelitian yang akan dilakukan memiliki ruang lingkup sebagai batasannya, yang antara lain :

1. Penelitian dilakukan di UPS Cilangkap dan Laboratorium Fakultas Teknik UI
2. Sampel penelitian diambil dari kompos hasil *composting* di UPS Cilangkap dan tanah lanau dari daerah Marunda, Cilincing, Jakarta Utara
3. Penelitian hanya dilakukan untuk mengetahui komposisi campuran antara kompos dengan tanah kelanauan yang paling optimal untuk tanah penutup.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut :

BAB 1 : PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, ruang lingkup, sistematika penulisan.

BAB 2 : TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini dijelaskan mengenai teori-teori dasar yang mendukung analisis dan pembahasan. Teori-teori tersebut meliputi definisi, konsep, karakteristik serta parameter dari topik penelitian.

BAB 3 : METODE PENELITIAN

Pada bab ini berisi mengenai metode yang digunakan dalam penulisan skripsi, seperti penelitian yang dilakukan, langkah-langkah pengambilan data, cara pengolahan data, dan langkah-langkah analisis .

BAB 4 : GAMBARAN UMUM UPS CILANGKAP DEPOK

Pada bab ini dijelaskan mengenai gambaran umum lokasi pengambilan sampel serta lokasi penelitian berlangsung.

BAB 5 : PENGOLAHAN DAN ANALISIS DATA

Pada bab ini berisi mengenai hasil dari pemeriksaan yang telah dilakukan serta analisis terhadap hasil tersebut. Perbandingan terhadap beberapa standar dan peraturan juga dilakukan terhadap hasil yang didapatkan.

BAB 6 : PENUTUP

Pada bab ini terdapat kesimpulan dan saran yang didapatkan berdasarkan penelitian yang telah dilakukan.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Definisi Sampah

Sampah adalah limbah yang bersifat padat terdiri zat organik dan zat anorganik yang dianggap tidak berguna lagi dan harus dikelola agar tidak membahayakan lingkungan dan melindungi investasi pembangunan (SNI 19-2454-1993).

Limbah padat (sampah) adalah semua barang sisa padat yang ditimbulkan dari aktivitas manusia dan binatang dan dibuang ketika tak dikehendaki (Tchobanoglous, G., 1993)

Sampah adalah bahan yang tidak mempunyai nilai atau tidak berharga untuk maksud biasa atau utama dalam pembikinan atau pemakaian barang rusak atau bercacat dalam pembikinan manufaktur atau materi berkelebihan atau ditolak atau buangan (Kamus Istilah Lingkungan, 1994).

Sampah adalah material-material tak terhindarkan saat ini atau nantinya tidak diinginkan secara ekonomi dan membutuhkan pengolahan serta pembuangan akhir. (*The Organisation for Economic Cooperation and Development*).

Sampah merupakan suatu objek yang tidak diinginkan, dibutuhkan, atau digunakan lagi oleh pemiliknya dan membutuhkan pengolahan dan pembuangan. (*United Nation Environment Programme*).

2.2. Sumber Sampah

Sumber limbah padat pada suatu masyarakat atau komunitas umumnya bergantung pada tata guna lahan dan penetapan wilayah. Berdasarkan sumbernya, limbah padat dapat dibagi menjadi delapan, yaitu : perumahan(*residential*), daerah komersial (*commercial*), institusi (*institutional*), konstruksi dan pembongkaran (*demolition and construction*), pelayanan publik (*municipal service*), instalasi pengolahan air dan limbah (*treatment plant waste*), industri (*industry*), dan sampah pertanian (*agricultural waste*).

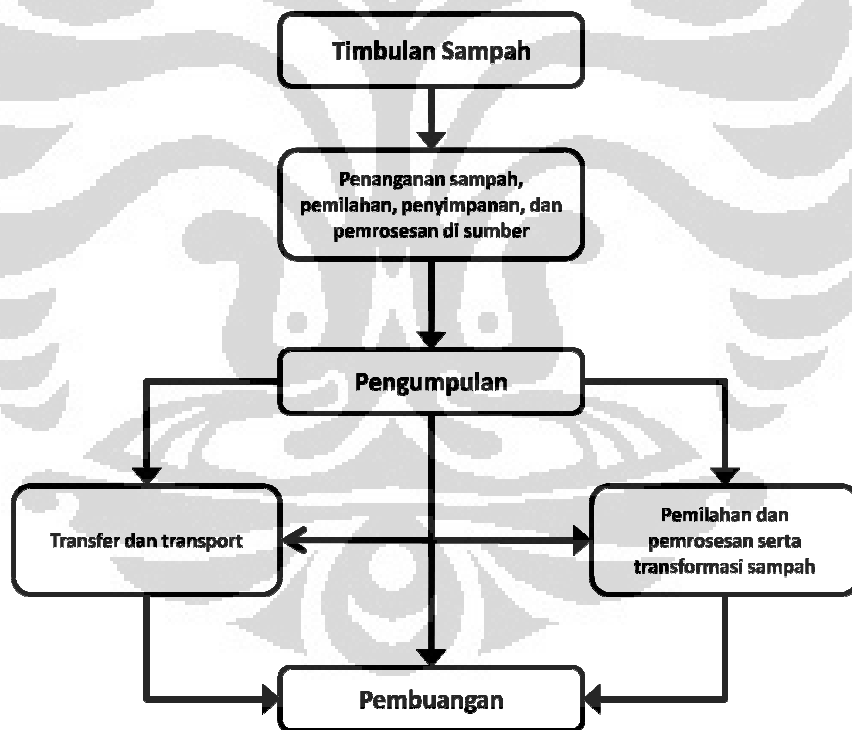
- **Perumahan dan Komersial**
Limbah perumahan dan komersial terdiri atas organik (mudah terbakar) dan anorganik (sulit terbakar). Bagian organik dari sampah perumahan dan komersial terdiri atas sisa makanan (*garbage*), segala jenis kertas, kardus, segala jenis plastik, tekstil. Karet, kulit, kayu, dan sampah pekarangan. Sedangkan bagian anorganik antara lain seperti gelas atau kaca, tembikar, kaleng, aluminum, logam berat, dan kotoran (*dirt*).
- **Institusi**
Sumber sampah institusi meliputi pusat pemerintahan, sekolah, penjara, dan rumah sakit. Namun, tidak termasuk limbah manufaktur dari penjara dan limbah medis dari rumah sakit.
- **Konstruksi dan Pembongkaran**
Limbah padat jenis ini yang berupa buangan yang berasal dari reruntuhan gedung dan struktur-struktur lain, diklasifikasikan dalam limbah pembongkaran (*demolition waste*). Limbah dari konstruksi, perbaikan rumah-rumah pribadi, bangunan komersial dan industri, diklasifikasikan sebagai limbah konstruksi (*construction waste*). Jumlah yang dihasilkan sangat sulit untuk diperkirakan dan komposisinya bervariasi, kemungkinan besar terdiri dari batu-batu, beton, batu bata, plester, pipa, alat-alat elektronik, potongan kayu, kerikil dan lain-lain
- **Pelayanan Publik**
Sampah-sampah yang dihasilkan dari proses operasi dan perawatan fasilitas publik serta meliputi sampah pembersihan jalan, sampah di pinggir jalan, sampah dari tempat sampah umum, pecahan-pecahan material, bangkai hewan, dan kendaraan yang ditinggalkan. Karena tidak mungkin untuk memperkirakan dimana ada bangkai hewan dan kendaraan yang ditinggalkan, sampah-sampah tersebut dianggap berasal dari sumber campuran yang tidak spesifik.
- **Instalasi Pengolahan Air dan Limbah**
Padatan dan semi-padatan yang berasal dari instalasi pengolahan air dan limbah memiliki karakteristik spesifik yang bervariasi, bergantung terhadap jenis instalasi pengolahannya.

- Pertanian dan Peternakan

Sampah sisa dari kegiatan pertanian, seperti penanaman dan pemanenan padi, anggur, serta buah-buahan lainnya, produksi susu, dan penyembelihan hewan potong.

2.3. Pengelolaan Sampah Terpadu (*Integrated Solid Waste Management*)

Pengelolaan sampah terpadu adalah seluruh rangkaian kegiatan yang dilakukan guna menangani sampah yang dimulai dari timbulan sampah sampai dengan pembuangan akhir. Secara umum, elemen-elemen dari pengelolaan sampah meliputi timbulan sampah, penanganan awal sampah, pengumpulan, pemindahan dan pengangkutan, penanganan akhir dan pengolahan, serta pembuangan akhir.



Gambar 2. 1. Elemen Fungsional Pengelolaan Sampah Terpadu
Sumber : Tchobanoglous, 1993

Elemen-elemen fungsional dalam pengelolaan limbah padat terdiri dari:

- Timbulan sampah

Pada dasarnya, sampah tidaklah diproduksi melainkan ditimbulkan. Oleh karena itu, jenis dan jumlah dari timbulan sampah berbeda-beda berdasarkan sumbernya. Berdasarkan SK.SNI.3.04 – 1993.03, besaran laju timbulan sampah dapat diuraikan berdasarkan komponen-komponen sumber sampah.

Tabel 2. 1. Tmbulan Sampah Berdasarkan Komponen Sumber Sampah

Komponen Sumber Sampah	Satuan	Volume	Berat
		(Liter)	(Kg)
1. Rumah Permanen	Per orang/hari	2,25 – 2,50	0,350 – 0,400
2. Rumah semi permanen	Per orang/hari	2,00 – 2,25	0,300 – 0,350
3. Rumah non permanen	Per orang/hari	1,75 – 2,00	0,250 – 0,300
4. Kantor	Per pegawai/hari	0,50 – 0,75	0,25 – 0,100
5. Toko/ruko	Per petugas/hari	2,50 – 3,00	0,150 – 0,350
6. Sekolah	Per murid/hari	0,10 – 0,15	0,010 – 0,020
7. Jalan arteri sekunder	Per meter/hari	0,10 – 0,15	0,020 – 0,100
8. Jalan kolektor sekunder	Per meter/hari	0,10 – 0,15	0,010 – 0,050
9. Jalan lokal	Per meter/hari	0,05 – 0,10	0,005 – 0,025
10. Pasar	Per meter ² /hari	0,20 – 0,60	0,100 – 0,300

Sumber : SK.SNI.3.04 – 1993.03

- Penanganan sampah I

Penanganan sampah awal merupakan penanganan sampah yang dilakukan pada sumber timbulan. Upaya ini bertujuan untuk mengurangi jumlah timbulan sampah dengan menggunakan beberapa cara, yang antara lain, pemilahan (*separation*), penyimpanan (*storage*), dan pemrosesan (*processing*). Pemilahan yang dilakukan dimaksudkan untuk memilah sampah yang masih bisa digunakan (*reuse*) dan didaur ulang (*recycle*). Sedangkan penyimpanan dan pemrosesan dilakukan untuk mengurangi jumlah sampah yang akan diangkut ke tempat pembuangan.

- Pengumpulan

Pengumpulan adalah suatu kegiatan yang bertujuan untuk mengumpulkan sampah yang berasal dari berbagai sumber pada satu tempat. Dengan adanya kegiatan ini maka langkah pengelolaan selanjutnya dapat dilakukan dengan lebih mudah dan efisien.

- *Transfer and Transport*

Pemindahan dan pengangkutan merupakan aspek penting dalam suatu sistem pengelolaan sampah terpadu. Kegiatan ini bertujuan untuk memindahkan sampah dari sumber menuju tempat penanganan selanjutnya atau tempat pembuangan.

- Penanganan sampah II

Penanganan lanjut biasanya dilakukan pada unit pengolah sampah atau unit pemrosesan lainnya. Pada tempat tersebut, sampah diolah dengan cara :

- Transformasi Fisik, kegiatan ini bertujuan untuk mempermudah penyimpanan dan pengangkutan. Kegiatan ini meliputi pemilahan dan pemadatan (*compacting*).
- Pembakaran (*incinerate*), adalah suatu upaya untuk mengurangi volum sampah dengan cara mengubah bentuk sampah dari padat menjadi bentuk gas. Walaupun dapat mengurangi volum sampah secara signifikan, pembakaran berpotensi menimbulkan pencemaran udara.
- Pembuatan Kompos (*Composting*), merupakan upaya untuk mengurangi jumlah timbulan sampah organik dan mengolahnya menjadi *fertilizer* bagi tanaman.

- Pembuangan

Pembuangan akhir merupakan tahap akhir dari sistem pengelolaan sampah terpadu. Sampah yang sudah tidak dapat didaur ulang maupun dimanfaatkan lagi akan diangkut menuju tempat pembuangan akhir. Teknik pembuangan sampah akhir yang umumnya dilakukan saat ini adalah *open dumping* dan *landfill*.

2.4. Kompos

Kompos merupakan hasil dekomposisi parsial/tidak sempurna, dipercepat secara artifisial dari campuran bahan-bahan organik oleh populasi berbagai macam mikroba dalam kondisi lingkungan yang hangat, lembab, dan aerobik (J.H. Crawford, 2003). Sedangkan pengomposan adalah dekomposisi biologi fraksi organik dari timbulan limbah padat rumah tangga yang bersifat *biodegradable* dalam kondisi

terkendali dan keadaan yang cukup stabil untuk penyimpanan yang bebas gangguan dan penanganan serta aman digunakan dalam aplikasi tanah (Golueke , 1972).

Proses pengomposan dapat terjadi secara aerobik (dengan oksigen) atau anaerobik (tanpa oksigen). Pada proses aerobik, mikroba menggunakan oksigen dalam proses dekomposisi bahan organik. Proses dekomposisi dapat juga terjadi tanpa menggunakan oksigen yang disebut proses anaerobik.

Terdapat beberapa faktor penting yang dapat mempengaruhi jalannya proses pengomposan, yang antara lain :

- Rasio C/N

Rasio C/N yang efektif untuk proses pengomposan berkisar antara 30: 1 hingga 40:1. Mikroba memecah senyawa C sebagai sumber energi dan menggunakan N untuk sintesis protein. Pada rasio C/N di antara 30 hingga 40 mikroba mendapatkan cukup C untuk energi dan N untuk sintesis protein.. Ketika C/N terlalu tinggi dekomposisi yang terjadi berjalan lambat. Ketika rasio C/N terlalu rendah, akibat dari terlalu banyak kandungan nitrogen dan memungkinkan nitrogen hilang ke atmosfer dalam bentuk gas NH_3 sehingga menyebabkan masalah bau.

- Luas permukaan dan ukuran partikel

Aktivitas mikroba terjadi diantara area permukaan dan udara. Semakin luas area permukaan maka intensitas kontak antara mikroba dengan bahan dan proses dekomposisi akan berjalan lebih cepat. Ukuran partikel juga menentukan besarnya ruang antar bahan (porositas). Untuk meningkatkan luas permukaan dapat dilakukan dengan memperkecil ukuran partikel bahan tersebut.

- Porositas

Porositas adalah ruang diantara partikel di dalam tanah atau kompos. Porositas dapat dihitung dengan membandingkan volume rongga dengan volume total. Rongga-rongga ini akan diisi oleh air dan udara. Udara akan mensuplai oksigen untuk proses pengomposan. Apabila rongga jenuh oleh air, maka oksigen yang masuk akan berkurang dan proses pengomposan juga akan terganggu.

- **Aerasi**
Pengomposan akan lebih cepat terjadi dalam kondisi yang cukup oksigen (aerob). Aerasi secara alami akan terjadi pada saat terjadi peningkatan suhu yang menyebabkan udara hangat keluar dan udara yang lebih dingin masuk ke dalam tumpukan kompos. Aerasi ditentukan oleh porositas dan kandungan air bahan (kelembaban). Apabila aerasi terhambat, maka akan terjadi proses anaerob yang akan menghasilkan bau yang tidak sedap. Aerasi dapat ditingkatkan dengan melakukan pembalikan atau mengalirkan udara di dalam tumpukan kompos.
- **Kelembaban**
Kelembaban berperan penting dalam proses metabolisme mikroba dan secara tidak langsung berpengaruh pada suplai oksigen. Mikroorganisme dapat memanfaatkan/mengolah bahan organik apabila bahan organik tersebut larut di dalam air. Kelembaban 40 - 60 % adalah kisaran optimum untuk metabolisme mikroba. Apabila kelembaban di bawah 40%, aktivitas mikroba akan mengalami penurunan. Apabila kelembaban lebih besar dari 60%, kandungan hara akan tercuci, volume udara berkurang, akibatnya aktivitas mikroba akan menurun dan akan terjadi fermentasi anaerobik yang menimbulkan bau tidak sedap.
- **Temperatur**
Aktivitas mikroba dapat menimbulkan perubahan temperatur. Terdapat hubungan langsung antara peningkatan suhu dengan konsumsi oksigen. Semakin tinggi temperatur akan semakin banyak konsumsi oksigen dan akan semakin cepat pula proses dekomposisi. Peningkatan suhu dapat terjadi dengan cepat pada tumpukan kompos. Temperatur yang berkisar antara 30 - 60°C menunjukkan aktivitas pengomposan yang cepat. Suhu yang lebih tinggi dari 60°C akan membunuh sebagian mikroba dan hanya mikroba termofilik saja yang akan tetap bertahan hidup. Suhu yang tinggi juga akan membunuh mikroba-mikroba patogen tanaman dan benih-benih gulma.
- **pH**
Pada proses pengomposan, pH yang optimum berkisar antara 6.5 sampai 7.5. Proses pengomposan sendiri akan menyebabkan perubahan pada bahan organik

dan pH bahan itu sendiri. Sebagai contoh, proses pelepasan asam, secara temporer atau lokal, akan menyebabkan penurunan pH (pengasaman), sedangkan produksi amonia dari senyawa-senyawa yang mengandung nitrogen akan meningkatkan pH pada fase-fase awal pengomposan. pH kompos yang sudah matang biasanya mendekati netral.

- **Kandungan hara**

Kandungan P dan K juga penting dalam proses pengomposan dan biasanya terdapat di dalam kompos-kompos dari peternakan. Hara ini akan dimanfaatkan oleh mikroba selama proses pengomposan.

- **Kandungan bahan berbahaya**

Beberapa bahan organik mungkin mengandung bahan-bahan yang berbahaya bagi kehidupan mikroba. Logam-logam berat seperti Mg, Cu, Zn, Ni, Cr adalah beberapa bahan yang termasuk kategori ini. Logam-logam berat akan mengalami immobilisasi selama proses pengomposan.

2.5. Landfill

Landfill adalah suatu fasilitas fisik yang digunakan sebagai pembuangan akhir dari sampah dan residu sampah pada permukaan tanah (O'Leary, 1993). Tujuan dari dibuatnya landfill adalah untuk menimbun atau mengubur sampah dan residu sampah agar pergerakan *leachate* dan gas yang keluar dari sampah dapat dibatasi. Selain itu, *landfill* juga bisa mencegah gangguan lingkungan seperti adanya sisa-sisa sampah yang terbawa angin, dan mengurangi bau sampah.

Landfill dapat dibagi menjadi 2 tipe. *Landfill* yang dibuat untuk meminimalisir dampak terhadap kesehatan masyarakat dan lingkungan disebut *sanitary landfill*, sedangkan landfill yang khusus diperuntukkan bagi limbah-limbah berbahaya disebut *secure landfill*.

Beberapa bagian *landfill* (Tchnobanoglous, 1993) antara lain :

- **Cell**

Cell digunakan untuk mendeskripsikan volum material sampah yang diletakkan pada landfill selama satu periode operasi, biasanya satu hari.

- *Daily cover*

Daily cover biasanya terdiri dari 6 hingga 12 inci tanah atau material lain, seperti kompos, pasir, atau lainnya yang diaplikasikan untuk menutup timbunan sampah pada akhir satu periode operasi. Selain untuk mencegah tikus, lalat, maupun vektor penyakit lainnya, *daily cover* juga berguna untuk mengendalikan sampah yang mudah terbawa angin, mengurangi bau, dan mencegah masuknya air ke dalam *landfill* saat sedang dioperasikan.

- *Lift*

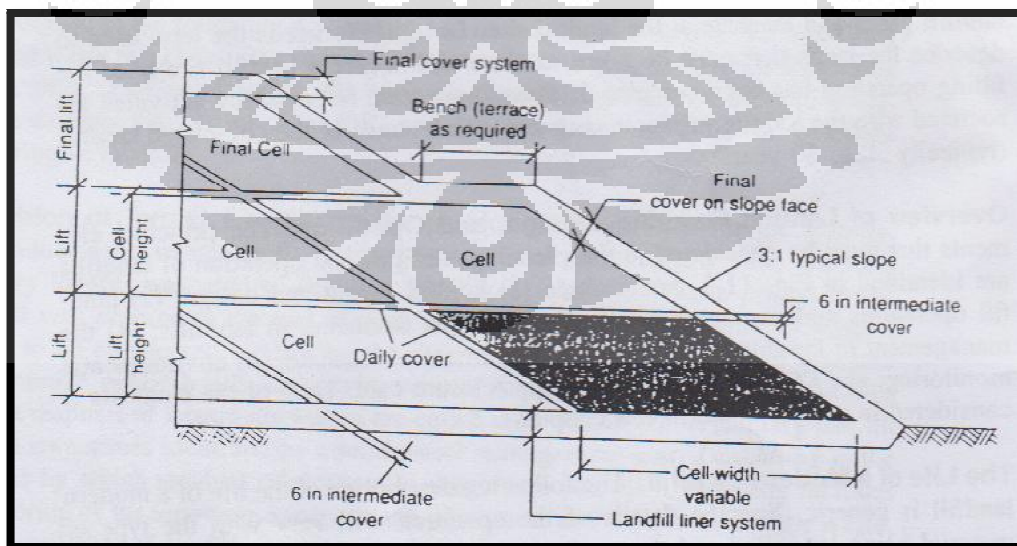
Lift adalah keseluruhan lapisan dari *cell-cell* pada area aktif *landfill*. Umumnya, suatu *landfill* terdiri dari beberapa *lift*.

- *Bench (terrace)*

Bench digunakan untuk mempertahankan stabilitas *slope* dari *landfill*, Perletakan saluran drainase air permukaan, dan lokasi dari perpipaan untuk gas-gas *landfill*. Umumnya *bench* digunakan saat ketinggian *landfill* melebihi 50 hingga 75 kaki.

- *Final lift*

Final lift juga meliputi lapisan penutup akhir.



Gambar 2. 2. Potongan Melintang *Landfill*
Sumber : Tchobanoglous, 1993

Keberadaan *landfill* merupakan hal yang sangat penting dalam suatu sistem pengelolaan sampah terpadu. Oleh karena itu, dibutuhkan perencanaan yang matang dalam mendesain *landfill*. Beberapa hal yang harus dipertimbangkan dalam mendesain suatu *landfill* (*Tchnobanoglous, 1993*), antara lain:

- Layout dari lokasi *landfill*
- Jenis-jenis sampah yang akan ditangani
- Kebutuhan akan *transfer station*
- Estimasi kapasitas *landfill*
- Evaluasi kondisi geologi dan hidrogeologi dari lokasi
- Pemilihan fasilitas pengelolaan *leachate*
- Pemilihan lapisan penutup (*cover*) *landfill*
- Pemilihan fasilitas pengendalian gas-gas *landfill*
- Manajemen air permukaan
- Pertimbangan estetika
- Pengembangan dari rencana operasi *landfill*
- Penentuan peralatan-peralatan yang dibutuhkan
- Pengawasan lingkungan
- Partisipasi publik
- *Closure care* dan *postclosure care*

2.6. Tanah Penutup

Berdasarkan kegunaannya, tanah penutup pada *landfill*, dapat dibagi menjadi 3 jenis, yaitu :

- *Daily Cover*

Daily cover adalah lapisan penutup pada permukaan timbunan sampah (umumnya 150 mm) yang ditutup pada setiap akhir dari hari kerja/ operasi (*EPA Guidance Note, 2011*). Fungsi dari *daily cover* pada *landfill* meliputi :

- Mencegah sampah terhempas angin
- Menghalangi burung dan hewan lain merusak timbunan sampah

- Mencegah pertumbuhan lalat
- Mengurangi bau dan emisi gas metan
- Mencegah gangguan dari debu dan pertikulat lainnya
- Menghalangi hama-hama seperti tikus memasuki timbunan sampah
- Mengurangi risiko kebakaran
- Meningkatkan tampilan fisik

Umumnya material seperti tanah, tanah dalam, batuan, dan limbah konstruksi dapat digunakan sebagai *daily cover*.

- *Intermediate Cover*

Intermediate cover yang sering disebut sebagai lapisan penutup sementara, mengacu kepada penempatan material (umumnya 300 mm) untuk suatu periode waktu pemulihan atau pembuangan lanjut dari timbulan sampah pada suatu area (*EPA Guidance Note*, 2011).

Intermediate cover memiliki fungsi yang sama seperti *daily cover*, yaitu mengendalikan gangguan seperti ceceran, bau, dan hama. Namun, sebagai tambahannya, *intermediate cover* dapat mengurangi infiltrasi dari air hujan, mencegah rembesan *leachate* dan gas-gas *landfill*, sebagai media tumbuh vegetasi, dan dapat menjalankan fungsinya dalam waktu yang lama.

Tidak semua material yang digunakan untuk *daily cover* dapat digunakan untuk *intermediate cover*. *Intermediate cover* harus kuat dan menyediakan perlindungan dalam jangka waktu yang lama terhadap permukaan *landfill* hingga digantikan oleh *capping* atau penempatan sampah pada area tersebut berganti.

- *Final Cover*

Sasaran utama dari *final cover* adalah (1) meminimalisasi infiltrasi air hujan setelah *landfill* terselesaikan, (2) untuk membatasi pelepasan gas-gas *landfill*, (3) untuk menekan vektor-vektor proliferasi, (4) untuk mengurangi potensi kebakaran, (5) untuk menyediakan permukaan yang cocok untuk revegetasi

lokasi, (6) sebagai elemen sentral bagi reklamasi lokasi (*Tchobanoglous, 1993*). Agar dapat mencapai sasaran tersebut, *final cover* harus :

- Dapat menghadapi iklim yang ekstrem.
- Memiliki stabilitas terhadap *slumping*, *cracking* dan *slope failure*, serta *downslope slippage* atau *creep*.
- Menahan efek penempatan diferensial perletakan *landfill* yang disebabkan oleh pelepasan gas *landfill* dan penekanan dari sampah serta pondasi tanah.
- Menahan kegagalan yang disebabkan pembebanan permukaan oleh timbunan material penutup dan kendaraan pengangkut.
- Menahan deformasi yang disebabkan oleh gempa bumi.
- Bertahan terhadap perubahan-perubahan yang dapat disebabkan oleh kandungan senyawa pada gas *landfill*.
- Menahan disrupsi yang disebabkan oleh tanaman, hewan-hewan tanah, cacing, dan serangga.

Lapisan penutup harus diatur dengan baik agar dapat dijaga secara efisien dan relatif mudah untuk diperbaiki.

2.7. Tanah

2.7.1. Definisi Tanah

Tanah merupakan mineral atau material organik yang tidak terkonsolidasi pada permukaan bumi serta dapat berfungsi sebagai media tumbuh alami untuk pertumbuhan vegetasi darat .

Terdapat beberapa definisi tanah bergantung dengan beberapa disiplin ilmu (*Natural Resources Conservation Service, 2006*), yaitu :

- Geologis
Permukaan tanah yang berongga yang berbeda dengan batuan dasar.
- Tradisional
Material yang menyuburkan dan mendukung pertumbuhan tanaman (meliputi batuan, air, dan udara yang berpotensi mendukung kehidupan tanaman).

- **Komponen**
Campuran dari materi mineral, bahan organik, air, dan udara. (misalnya tanah lempung terdiri dari 45% materi mineral, 5% materi organik, 25% air, dan 25% udara).
- **Taksonomi tanah**
Kumpulan dari badan alami atau buatan manusia di permukaan bumi, yang mengandung materi hidup dan berpotensi mendukung kehidupan tanaman. Batasan atasnya adalah udara atau permukaan air dangkal. Sedangkan batasan bawahnya adalah batas bawah dari aktivitas biologis yang umumnya sama dengan kedalaman dari akar-akar tanaman, yaitu kedalaman dimana pelapukan batuan terjadi secara efektif.

2.7.2. Sifat Fisika Tanah

- **Tekstur**
Tekstur tanah adalah perbandingan kandungan partikel-partikel tanah primer berupa fraksi lempung/liat (*clay*), debu/lanau (*silt*), dan pasir (*sand*) dalam suatu tanah. Ukuran partikel dari fraksi-fraksi tanah tersebut adalah (Hardjowigeno, 2003);
 - Lempung/liat (*clay*) : kurang dari 2 μm
 - Debu/lanau (*silt*) : 50 μm - 2 μm
 - Pasir (*sand*) : 2 mm - 50 μm
- **Bulk Density**
Bulk Density menunjukkan perbandingan antara berat tanah kering dengan volume tanah termasuk volume pori-pori tanah. Biasanya dinyatakan dalam gr/cc (Hardjowigeno, 2003).

$$\text{Bulk density} = \frac{\text{berat tanah kering (g)}}{\text{volume tanah (cc)}}$$

Bulk density merupakan petunjuk kepadatan tanah. Makin padat suatu tanah makin tinggi *bulk density*, yang berarti makin sulit meneruskan air atau ditembus akar tanaman. Pada umumnya *bulk density* berkisar dari 1,1 – 1,6 g/cc. beberapa jenis tanah mempunyai *bulk density* kurang dari 0,9 g/cc (misalnya tanah Andisol), bahkan ada yang kurang dari 0,1 g/cc (misalnya tanah gambut).

Bulk density berbeda dengan *particle density*. *Particle density* adalah berat tanah kering per satuan volume partikel-partikel (padat) tanah (tidak termasuk volume pori-pori tanah).

Tanah mineral mempunyai *particle density* = 2,65 g/cm³. Dengan mengetahui besarnya *bulk density* dan *particle density*, maka dapat dihitung banyaknya (%) pori-pori tanah sebagai berikut :

$$\frac{\text{Bulk Density}}{\text{Particle density}} \times 100\% = \% \text{ bahan padat tanah}$$

$$\% \text{ pori - pori total tanah} = 100\% - \% \text{ bahan padat tanah}$$

$$\text{Ruang pori total (\%)} = \left(1 - \frac{\text{bulk density}}{\text{particle density}} \right) \times 100\%$$

- Total Ruang Pori (Porositas Tanah)

Pori-pori tanah adalah bagian yang tidak terisi bahan padat tanah (terisi oleh udara dan air). Pori-pori tanah dapat dibedakan menjadi pori-pori kasar (makro) dan pori-pori halus (mikro). Pori-pori kasar berisi udara atau air gravitasi (air yang mudah hilang karena gaya gravitasi), sedangkan pori-pori halus berisi air

kapiler atau udara. Tanah pasir mempunyai pori-pori kasar lebih banyak daripada tanah liat. Tanah dengan banyak pori-pori kasar sulit menahan air sehingga tanaman mudah kekeringan. Porositas tanah dipengaruhi oleh kandungan bahan organik, struktur tanah, dan tekstur tanah.

Porositas tanah tinggi jika bahan organik tinggi. Tanah dengan struktur granuler atau remah mempunyai porositas yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan tanah dengan struktur pejal (*massive*). Tanah dengan tekstur pasir banyak mempunyai pori-pori makro sehingga sulit menahan air.

- Permeabilitas Tanah

Permeabilitas tanah adalah kemampuan tanah untuk meneruskan air atau udara. Permeabilitas umumnya diukur sehubungan dengan laju aliran air melalui tanah dalam suatu waktu dan umumnya dinyatakan dalam cm/detik.

Permeabilitas bergantung oleh beberapa faktor diantaranya ukuran butiran, properti aliran air, *void ratio*, bentuk dan susunan pori-pori tanah, serta derajat saturasi (Braja, 1997). Tingkat permeabilitas dari tanah dapat dilihat berdasarkan nilai k (koefisien permeabilitas), dimana semakin kecil nilainya maka semakin lemah pula kemampuan tanah meneruskan air.

Tabel 2. 2. Nilai k untuk Tanah

Tanah	Nilai k
Kerikil	> 10 cm/detik
Pasir	$10 - 10^2$ cm/detik
Lanau	$10^2 - 10^5$ cm/detik
Lempung	$< 10^5$ cm/detik

Sumber : Braja, 1997

- C organik

Karbon merupakan bahan organik yang utama yaitu berkisar 47%, karbon ditangkap tanaman berasal dari CO₂ udara, kemudian bahan organik di dekomposisikan kembali dan membebaskan sejumlah karbon. Sejumlah CO₂ bereaksi dalam bentuk asam karbonat Ca,Mg,K atau bikarbonat

Kandungan bahan organik tanah yang dalam keseimbangan merupakan fungsi pertambahan serta perebutan karbon organik tanah. Rumus berikut ini menerangkan hubungan tersebut:

$$\% \text{BO} = 1,72 \times \% \text{C}$$

- pH Tanah

Reaksi tanah menunjukkan sifat kemasaman atau alkalinitas tanah yang dinyatakan dengan nilai pH. Nilai pH menunjukkan banyaknya konsentrasi ion hidrogen (H⁺) di dalam tanah. Makin tinggi kadar ion H⁺ di dalam tanah, semakin asam tanah tersebut. Di dalam tanah selain H⁺ dan ion-ion lain ditemukan pula ion OH⁻ yang jumlahnya berbanding terbalik dengan banyaknya H⁺. Pada tanah-tanah yang asam jumlah ion H⁺ lebih tinggi dibandingkan OH⁻, sedangkan pada tanah alkalis kandungan OH⁻ lebih banyak daripada H⁺. Bila kandungan H⁺ sama dengan OH⁻ maka tanah bereaksi netral yaitu mempunyai pH = 7.

Konsentrasi H⁺ atau OH⁻ di dalam tanah sebenarnya sangat kecil. Contohnya tanah yang bereaksi netral kandungan ion H⁺ adalah sebanyak 1/10.000.000 mol per liter atau 10⁻⁷ mol per liter. Oleh karena itu, untuk memudahkan menyebut nilai pH, maka dirumuskan;

$$pH = \log \frac{1}{[H^+]} = -\log[H^+]$$

Nilai pH berkisar antara 0 -14 dengan pH 7 yang disebut netral sedangkan pH di bawah 7 disebut asam dan di atas 7 disebut basa/alkalis.

Nilai pH penting untuk diketahui karena dapat membantu dalam menentukan mudah tidaknya unsur hara diserap tanaman, menunjukkan kemungkinan adanya unsur-unsur beracun, dan mempengaruhi perkembangan mikroorganisme.

2.8. Tanah Kelanauan

Tanah kelanauan merupakan jenis tanah yang berupa lempung ataupun pasir namun memiliki kandungan tanah lanau yang cukup signifikan. Tanah lanau adalah jenis tanah yang memiliki ukuran lebih besar dari tanah lempung namun lebih kecil dari pasir. Umumnya tanah kelanauan ditemukan pada dasar dari suatu perairan dimana tanah tersebut mengendap lambat melalui aliran air dan berada dalam keadaan kurang padat. Selain itu, tanah kelanauan juga sering ditemukan pada kedalaman 3 – 5 meter di bawah permukaan tanah atas.

Tabel 2. 3. Perbedaan Sifat Pasir dan Tanah Lempung

Sifat	Pasir	Tanah Lempung
Ukuran butiran	Kasar	Halus
Permeabilitas	Tinggi	Rendah
Kenaikan air kapiler	Rendah	Tinggi
Pengaruh air	Tidak ada	Terjadi konsistensi kembang susut
Perlawanan geser	Non-kohefif	Kohefif
Kompresibilitas	Kecil	Besar
Proses konsolidasi	Cepat	Lambat

Sumber : Hardjowigeno, 2003

Selain ukurannya yang berada di antara pasir dan tanah lempung, tanah lanau juga memiliki sifat yang berada di antara pasir dan tanah lempung. Karena sifat tanah lanau yang merupakan peralihan antara pasir dan tanah lempung, tanah lanau jarang dijadikan sebagai dasar pondasi . Hal ini dikarenakan tanah ini cenderung mengalami penurunan yang cukup besar jika dibebani oleh bangunan.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1. Pendekatan Penelitian

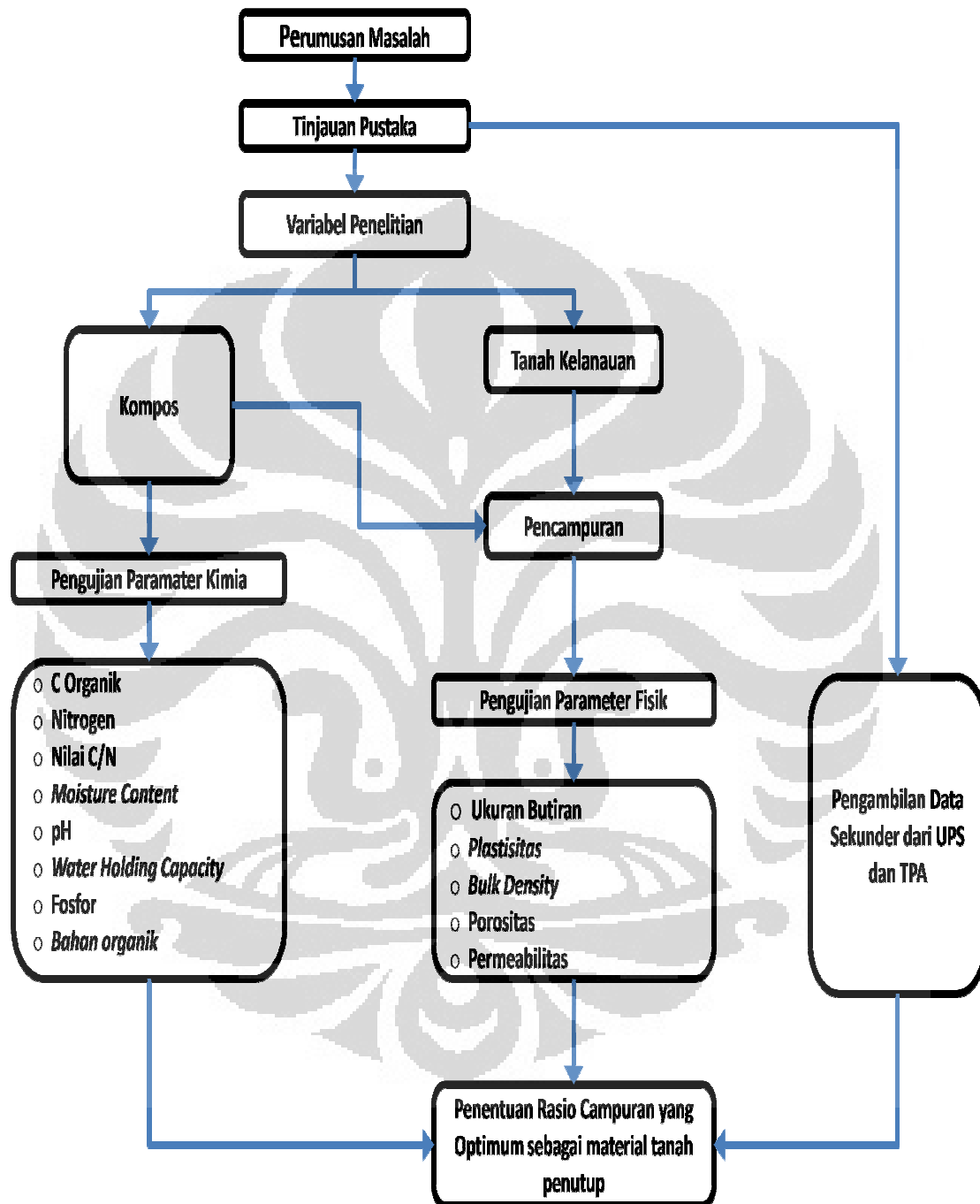
Pada penelitian ini, akan digunakan pendekatan kuantitatif dengan cara mengumpulkan data primer dan data sekunder. Data primer berasal dari pengujian parameter kimia kompos seperti C organik, nitrogen, *moisture content*, pH, fosfor, bahan organik, dan *water-holding capacity* dan parameter fisik campuran kompos dengan tanah lanau seperti *bulk density*, ukuran butiran, porositas, dan permeabilitas. Sedangkan untuk data sekunder berupa data volume produksi kompos dari UPS Cilangkap dan luas area kolam landfill TPA Cipayung yang didapatkan melalui hasil survey serta berbagai tinjauan pustaka yang berasal dari buku, literatur, dan jurnal.

3.2. Variabel Penelitian

Adapun variabel penelitian dalam penelitian ini antara lain :

- Jumlah produksi kompos UPS
- Karakteristik kimia kompos UPS
- Karakteristik fisik campuran kompos dan tanah lanau
- Komposisi campuran kompos dan tanah lanau sebagai lapisan tanah penutup

3.3. Kerangka penelitian



Gambar 3. 1. Kerangka Penelitian

Sumber : Olahan Penulis,2012

3.4. Persiapan Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer yang bersifat kuantitatif yang didapat dari pemeriksaan laboratorium. Data primer tersebut berupa data parameter kimia dan fisik. Parameter kimia yang dipantau dari kompos dalam penelitian ini antara lain C organik, nitrogen, nilai C/N, *moisture content*, pH, bahan organik, *water holding capacity* dan fosfor melalui pemeriksaan yang dilakukan di Laboratorium Teknik Penyehatan dan Lingkungan Program Studi Teknik Lingkungan Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia Depok, Jawa Barat. Sedangkan parameter yang dipantau dari campuran kompos dan tanah lanau dalam penelitian ini antara lain ukuran butiran, *compaction*, *bulk density*, porositas, dan permeabilitas melalui pemeriksaan yang dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Program Studi Teknik Sipil Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia Depok, Jawa Barat.

Material yang akan dipakai dalam penelitian ini adalah kompos dan tanah lanau. Sampel kompos yang akan dipakai berasal dari produksi UPS Cilangkap yang mewakili kualitas kompos dari UPS di Depok, Jawa Barat. Sedangkan sampel tanah lanau didapatkan dari sekitar wilayah Marunda, Jakarta Utara.

3.5. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dalam penelitian ini meliputi pemeriksaan karakteristik kimia kompos, pencampuran kompos dengan tanah lanau, dan pemeriksaan karakteristik fisik campuran.

3.5.1. Pemeriksaan Karakteristik Kimia Kompos

Parameter yang diukur dalam menentukan karakteristik kimia kompos mengacu pada SNI 19 - 7030 – 2004 Tentang Spesifikasi Kompos dari Sampah Organik Domestik. Parameter kimia kompos pada penelitian ini dibatasi, yaitu C organik, nitrogen, nilai C/N, *moisture content*, pH, bahan organik, dan fosfor. Penentuan karakteristik kimia kompos dimaksudkan untuk mengetahui kualitas kompos sebagai media tumbuh tanaman.

Tabel 3. 1. Metode Pengujian Parameter Kimia

Parameter	Metode
C organic	<i>Kurmies</i>
Nitrogen	<i>Kjedahl</i>
<i>Moisture content</i>	ASTM D 2216
Fosfor	Spektrofotometri
Ph	Potensiometri
<i>Water Holding Capacity</i>	ASTM D-7367-07

Sumber : Olahan Penulis, 2012

3.5.2. Pencampuran Kompos dengan Tanah Lanau

Setelah melalui pemeriksaan parameter kimia, dilakukan pencampuran kompos dengan tanah lanau. Pencampuran akan dilakukan dengan melalui variasi komposisi campuran. Perbedaan komposisi campuran dimaksudkan untuk melihat perbedaan karakteristik dari masing-masing campuran sehingga didapatkan komposisi yang paling optimal untuk *cover soil landfill*.

3.5.3. Pemeriksaan Karakteristik Fisik Material Tanah

Pemeriksaan karakteristik fisik material tanah yang akan dijadikan material tambahan guna pencampuran dengan kompos hanya meliputi analisis butiran. Pemeriksaan ini dilakukan guna mengetahui besarnya kandungan *clay*, *silt*, ataupun *sand* pada material tanah tersebut, sehingga jenis dari material tanah dapat diketahui. Pemeriksaan ini didasarkan pada ASTM D 422-63 (1990).

3.5.4. Pemeriksaan Karakteristik Fisik Campuran

Pemeriksaan karakteristik fisik meliputi ukuran butiran, *compaction*, *bulk density*, porositas, dan permeabilitas. Pemeriksaan karakteristik fisik dilakukan pada kompos, tanah merah, dan campuran kompos dan tanah lanau. Pemeriksaan karakteristik fisik awal dari kompos dan tanah merah dimaksudkan untuk menjadi pembanding kualitas fisik dari campuran kompos dan tanah lanau.

Tabel 3. 2. Metode Pengujian Parameter Fisik

Parameter	Metode
<i>Compaction</i>	ASTM D 698-91
Permeabilitas	ASTM D 2434-68 (1994)
<i>Atterberg Limit</i>	ASTM D 4318-10
	ASTM D 4943-08

Sumber : Olahan Penulis,2012

3.6. Dasar Perhitungan

Data yang telah diperoleh akan dianalisis dan diolah untuk mendapatkan nilai karakteristik kimia dan fisik dari sampel. Analisis data dilakukan dengan pendekatan perhitungan sebagai berikut:

- Perhitungan Kadar Air (*Moisture Content*)

Perhitungan Kadar air sampel berdasarkan ASTM D 2216-92 .Kadar air sampel didapatkan dari perhitungan di bawah ini:

a.

$$w = [(W_1 - W_2)/(W_2 - W_c)] = \left(\frac{W_w}{W_s}\right) \times 100\% \quad (3.1)$$

Dimana:

w = kadar air (*moisture content*), %

W_1 = massa wadah + massa sampel, g

W_2 = massa wadah + massa sampel kering oven, g

W_c = massa wadah, g

W_w = massa air, g

W_s = massa partikel padatan, g

b.

c.

- Perhitungan Koefisien Permeabilitas

Perhitungan koefisien permeabilitas sampel berdasarkan ASTM D 2434-68 (1994) .Koefisien permeabilitas sampel didapatkan dari perhitungan di bawah ini:

$$k = \frac{Q.L}{A.t.H} \quad (3.2)$$

Dimana :

- Q = kuantitas dari air yang dialirkan
- L = jarak antara manometer
- A = area cross-sectional dari sampel
- t = waktu total dari pengaliran
- h = perbedaan tekanan (head) pada manometer

- Perhitungan *Compaction*

Perhitungan *compaction* berdasarkan ASTM D 698-91 dengan perhitungan :

$$w = \left[\frac{(A - B)}{(B - C)} \right] \times 100 \quad (3.3)$$

d. $\gamma_d = \left[\gamma_m / (w + 100) \right] \times 100 \quad (3.4)$

Dimana :

- w = kadar air dalam persen dari sampel
- A = massa dari wadah dan sampel basah
- B = massa dari wadah dan sampel kering oven
- C = massa dari kontainer
- γ_d = kepadatan kering dari sampel terkompaksi (kg/m^3)
- γ_m = kepadatan basah dari sampel terkompaksi (kg/m^3)

- Perhitungan Porositas

$$n = 1 - \frac{\gamma_d}{G_s \cdot \gamma_w} = \frac{V_v}{V} = \frac{e}{1 + e} \quad (3.5)$$

Dimana :

- n = porositas
- γ_d = unit berat kering
- γ_w = unit berat dari air
- e = *void ratio*
- G_s = *specific gravity* dari padatan tanah
- V = volum total tanah
- V_v = volum *void* pada massa tanah

- Perhitungan *Bulk Density* dan *Particle Density*

$$\rho = \frac{A}{V} \quad (3.6)$$

$$\rho_s = \frac{A}{V_p} \quad (3.7)$$

Dimana :

- ρ = *bulk density*, kg/m^3
- ρ_s = *particle density*, kg/m^3
- A = total massa dari sampel basah
- V = total volum sampel
- V_p = total volum partikel padatan

3.7. Waktu dan Lokasi Penelitian

Pengambilan sampel kompos akan dilakukan pada UPS Cipayung dan sampel tanah lanau pada daerah sekitar Marunda, Cilincing, Jakarta Utara. Pengujian sampel akan dilakukan di Laboratorium Teknik Penyehatan dan lingkungan Program Studi Teknik Lingkungan Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia dan Laboratorium Mekanika Tanah Program Studi Teknik Sipil Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Waktu penelitian akan berlangsung pada tanggal 30 Januari 2012 hingga 20 Juni 2012.



Tabel 3. 3. Jadwal Penelitian

No.	Jadwal Penelitian	Desember			Januari			Februari			Maret			April			Mei			Juni			Juli		
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Pentuan judul																								
2	Studi literature																								
3	Konsultasi dengan pembimbing																								
4	Survei lokasi penelitian																								
5	Perizinan pemakaian laboratorium																								
6	Pelaksanaan penelitian																								
7	Pengolahan dan analisa hasil																								
8	Penyusunan tugas akhir																								
9	Presentasi tugas akhir																								
10	Revisi tugas akhir																								

Sumber : Olahan Penulis, 2012

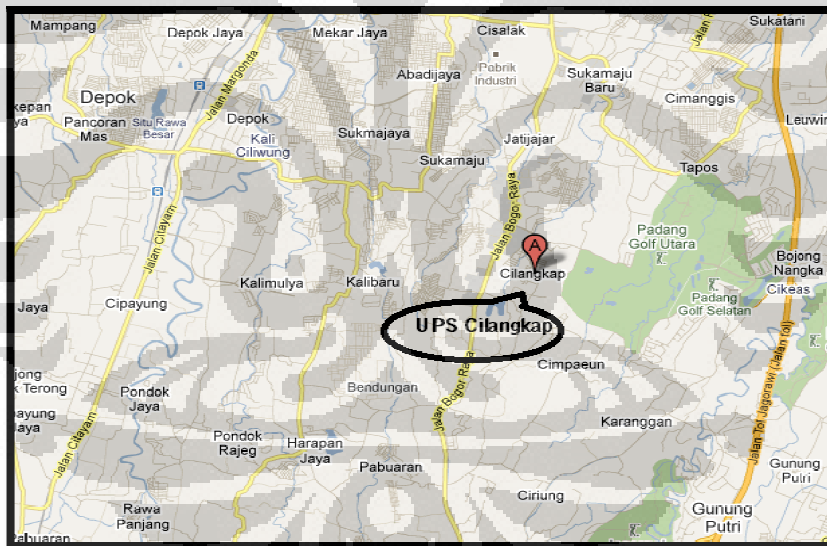
BAB 4

GAMBARAN UMUM UPS CILANGKAP DEPOK

4.1. Data Fisik Lokasi UPS

UPS Cilangkap terletak di Jalan Kapas, RT 01, RW 17, Kelurahan Cilangkap, Kecamatan Cimanggis, Depok, Jawa Barat. Jarak UPS Cilangkap dengan Kantor Kelurahan Cilangkap adalah ± 800 m. Luas tanah yang digunakan untuk UPS ini adalah ± 2000 m². Batas – batas wilayah UPS Cilangkap adalah sebagai berikut :

- Sebelah Utara : berbatasan dengan Kel. Jatijajar Kec. Tapos
- Sebelah Selatan : berbatasan dengan Kel. Cimpaeun Kec. Cimanggis
- Sebelah Timur : berbatasan dengan Padang Golf Utara
- Sebelah Barat : berbatasan dengan Kel. Kalibaru Kec. Sukmajaya



Gambar 4. 1. Peta Lokasi UPS Cilangkap

Sumber : *Google Maps*

4.2. Status Kepemilikan Tanah

Status kepemilikan tanah yaitu FASOS FASUM atau milik Pemerintah Kota Depok sedangkan luas bangunannya adalah ± 600 m².

4.3. Kondisi Sekitar UPS

UPS Cilangkap berada di dalam pemukiman warga.. Kondisi umum daerah di sekitar UPS ini merupakan lahan kosong, kebun, pemakaman umum dan sebagian dijadikan pemukiman warga. Jarak terdekat dengan pemukiman warga adalah ± 100 m. Jarak UPS Cilangkap dengan TPA Cipayung adalah ± 9 km. Jalan akses menuju UPS Cilangkap masih berupa tanah dan belum mengalami pengaspalan. Topografi daerah sekitar UPS bergelombang dengan ketinggian yang bervariasi.

4.4. Sarana dan Prasarana UPS

4.4.1. Kondisi Jalan Menuju UPS dan Fasilitas UPS

Kondisi jalan akses yang menuju UPS Cilangkap masih berupa jalanan tanah, Pada lokasi UPS, terdapat ruangan kecil yang berukuran ± 12 m² sebagai kantor. Sebenarnya kantor di dalam UPS ini berlantai dua namun bangunan di atasnya yang memiliki ukuran sama dengan kantor dibawah tidak digunakan dan hanya dijadikan sebagai gudang. UPS ini juga memiliki kamar mandi sebagai sarana sanitasi dengan ukuran ± 6 m². Ketersediaan air bersih di UPS digunakan untuk kebutuhan mandi dan kebersihan sedangkan untuk kebutuhan minum para pekerja disediakan dari air mineral yang dibeli. Di UPS Cilangkap juga telah tersedia listrik sehingga penggunaan alat elektronik dapat digunakan.

Kondisi jalan menuju Unit Pengolahan Sampah yang berada di Kelurahan Cilangkap Kecamatan Cimanggis berupa jalanan tanah.namun jalan yang menuju pintu utama UPS berupa jalanan beton. Kondisi jalan yang kurang layak dapat menghambat laju pengumpulan dan pengangkutan sampah, yang kemudian dapat menyebabkan terlambatnya seluruh jadwal kegiatan pengolahan sampah di UPS.

Kantor yang berukuran 50 m² ini berada di dalam UPS. Kantor ini memiliki dua lantai. Pada hakikatnya kantor ini digunakan untuk kegiatan administrasi yang berkaitan dengan kegiatan pengolahan sampah. Namun, pada pelaksanaannya kantor ini digunakan sebagai tempat meletakkan barang-barang keperluan sehari-hari kegiatan pengolahan sampah di unit ini. Seperti tempat untuk meletakkan air minum, gelas, arsip, barang-barang bawaan pekerja, sepatu boots, dan sebagainya.



Gambar 4. 2. Bagian Dalam UPS Cilangkap

Sumber : Olahan Penulis, 2012

Sarana sanitasi yang terdapat di UPS kondisinya sangat tidak layak karena kebersihannya tidak terjaga. Menurut petugas setempat tidak tersedianya sarana pendukung sanitasi seperti sabun cuci tangan, sabun mandi, sabun untuk mencuci alat, pembersih kamar mandi dan sikat menyebabkan kondisi MCK di UPS ini tidak terawat .

4.4.2. Peralatan Operasional Kendaraan Angkut

Peralatan operasional yang digunakan untuk pengangkutan berupa gerobak. Setiap RT memiliki 1 gerobak sampah sendiri. UPS ini sendiri memiliki dua gerobak untuk mendukung kegiatan yang berlangsung di UPS. Peralatan operasional yang digunakan untuk mengolah sampah setiap harinya adalah mesin pemilah dan mesin ayak. Terdapat beberapa kerusakan pada komponen dari alat-alat tersebut. Seperti radiator yang bocor, dan gigi yang aus. Hal ini sangat mempengaruhi kinerja unit pengolahan sampah ini.

4.5. Manajemen Operasi UPS

4.5.1. Daerah Pelayanan UPS

Lokasi UPS Cilangkap yang berada di sekitar pemukiman warga yang tidak padat penduduk, Tata letak UPS ini telah memenuhi kriteria penentuan lokasi dalam Kawasan Perumahan Non Komplek, yang merupakan daerah teratur maupun tidak teratur. Daerah pelayanan UPS ini adalah enam RW dengan masing-masing RW terdiri dari empat RT kecuali satu RW yang terdiri dari tujuh RT dan jumlah rumah untuk satu RT adalah ± 100 rumah. Volume sampah yang masuk setiap hari sebesar 22 gerobak sampah per hari dengan volume masing-masing gerobak adalah 1 m^3 . Permasalahan di UPS ini adalah truk pengangkut sampah untuk ke TPA Cipayung datangnya tidak teratur, yang seharusnya seminggu sekali bahkan sampai sebulan sekali baru datang untuk mengangkut sampah ke TPA Cipayung sehingga pekerja UPS harus membuang residu yang menumpuk di UPS ke lahan kosong di belakang UPS.

4.5.2. Instansi Pengelola UPS

UPS Cilangkap berada di bawah tanggung jawab Dinas Kebersihan Kota Depok. UPS ini dibangun atas persetujuan dari pemerintah, dalam hal ini Dinas Kebersihan bertanggung jawab kepada walikota dalam hal desentralisasi bidang kebersihan. Dinas kebersihan telah menunjuk koordinator pengelola UPS Cilangkap yaitu salah seorang tokoh masyarakat di kelurahan Cilangkap untuk bertanggung jawab dalam kegiatan operasional UPS sehari-hari dan kewajiban melaporkan pengelolaan sampah yang dilakukan di UPS Cilangkap ini.

Pengelola UPS Cilangkap ini tidak sendirian dalam melaksanakan tugas mengolah sampah warga dari lima RW yang dilayani. Pengelola merekrut pekerja yang berasal dari lingkungan sekitar UPS atau masih dalam wilayah kelurahan Cilangkap.

4.5.3. Struktur Organisasi Proyek

Struktur organisasi pengelolaan UPS Cilangkap bersifat terpusat pada seorang koordinator pengelola UPS. Di bawah koordinator tersebut terdapat 14 orang pekerja yang menjalankan tugasnya untuk mengolah sampah. Berikut struktur Organisasi di UPS Cilangkap :

- Koordinator : Naim
- Wakil koordinator : Akab Tarub
- Bendahara : Arifin
- Keamanan : Samin

4.5.4. Sumber Daya di UPS

Kegiatan operasional UPS Cilangkap dilaksanakan dengan pengawasan koordinator pengelola dengan membawahi 14 orang pekerja yang mengolah sampah. Pekerja –pekerja ini direkrut oleh koordinator pengelola masih berasal dari sekitar UPS dan wilayah kelurahan Cilangkap. Status kepegawaian tidak bersifat tetap, dalam arti selama pekerja bekerja sesuai dengan tugas dan waktu yang ditetapkan maka pekerja tersebut berhak diberikan upah. Setiap pekerja yang berada di UPS ini memiliki jabatan /tingkatan yang sama.

Namun, untuk *job description* setiap pekerja tidak sama seluruhnya karena pada kegiatan operasional pengolahan sampah, para pekerja ini dibagi tugasnya yaitu ada yang bertugas memilah sampah yang baru masuk UPS untuk dipilah menjadi sampah organik dan anorganik kemudian ada pekerja yang bertugas memasukkan sampah yang telah dipilah sebelumnya untuk dimasukkan ke dalam mesin pencacah untuk dihancurkan. Kemudian ada pekerja yang bertugas melakukan pengomposan dan pengolahan sampah yang dapat didaur ulang.

Job description untuk setiap pekerja telah cukup jelas, dengan jumlah pekerja di UPS sebanyak 14 orang maka UPS ini dinilai tidak kekurangan dalam hal sumber daya manusia dalam proses pengolahan sampahnya.

4.6. Kegiatan dan Kelengkapan UPS

4.6.1. Kegiatan di UPS

Pada saat sampah masuk ke dalam UPS Cilangkap, sampah tersebut dikumpulkan lalu dipilah-pilah berdasarkan jenisnya. Untuk sampah yang organik, UPS telah dapat melakukan kegiatan pengomposan. Sampah yang telah dikelompokkan menjadi sampah organik kemudian dikumpulkan dan dilakukan pengeringan. Metode yang dilakukan UPS Cilangkap dalam proses pengeringan tidaklah khusus. Sampah yang telah dikelompokkan menjadi sampah organik hanya didiamkan saja agar sampahnya kering. Setelah kering, sampah organik tersebut dicacah dengan mesin pencacah sehingga ukuran sampahnya semakin kecil. Setelah proses pengecilan ukuran, sampah tersebut kemudian ditumpuk sampai membusuk selama 15 hari. Setelah membusuk, kemudian komposnya dikarung-karungkan dan kemudian dijual.

Sedangkan untuk sampah-sampah selain sampah organik, tidak dilakukan pendaurulangan. Sampah-sampah seperti plastik dan botol-botol nantinya hanya akan dijual murah. Sehingga dalam pemanfaatan sampah, UPS yang luasnya hanya 600m² ini sudah cukup baik dengan adanya proses pengomposan. Namun, pada proses penumpukan, terdapat air lindi yang menyerap ke tanah. Meskipun jumlahnya sedikit, apabila terus-menerus, dapat mencemari air tanah karena dalam UPS Cilangkap ini tidak memiliki sistem pemilahan antara sampah dan air lindinya.



Gambar 4. 3. Pengepakan Sampah Plastik dan Kompos

Sumber : Olahan Penulis,2012

4.6.2. Luas Masing-Masing Peruntukkan di UPS

Kegiatan-kegiatan pengolahan sampah yang beragam membutuhkan area pekerjaan yang terpisah. Oleh karena itu, dibutuhkan area/lahan pekerjaan untuk setiap jenis pengolahan yang berbeda. Hal ini juga dimaksudkan agar sampah yang sedang diolah tidak tercampur. Peruntukan lahan UPS Cilangkap adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 1. Peruntukkan Lahan UPS

Areal	% luas Areal	Luas Areal (m ²)
Pengumpulan	30%	180
Pemilahan	25%	150
Pengomposan	20%	120
sampah daur ulang	10%	60
sampah ke TPA	10%	60
Kantor dan Kamar Mandi	5%	30

Sumber : Olahan Penulis, 2012

Dari tabel, dapat dilihat bahwa areal pengumpulan merupakan areal yang paling luas, hal tersebut dikarenakan sampah-sampah yang masuk terlebih dahulu

dikumpulkan sebelum dipilah. Oleh karena itu, luasan tersebut sangat baik dan sangat disesuaikan dengan fungsi masing-masing areal.

Untuk sirkulasi udaranya, UPS ini memiliki ventilasi yang besar sehingga pada areal pintu masuk, sampah daur ulang, serta kantor dan kamar mandi tidak tercium bau-bau yang tidak sedap. Selain itu, lahan disekitar UPS yang memiliki banyak pohon-pohonan juga mempengaruhi persebaran bau sehingga tidak ada bau tak sedap yang mengganggu warga sekitar.

4.6.3. Peralatan yang Tersedia

UPS Cilangkap memiliki 1 buah mesin pencacah dan 1 buah mesin pengompos yang keduanya berbahan bakar solar. Peralatan yang tersedia dalam UPS tersebut ini sudah termasuk lengkap meskipun terbilang sederhana. Karena alat-alat tersebut telah membantu proses yang berlangsung di UPS dengan sangat baik sehingga tidak ada yang menganggur ataupun sampah yang menumpuk akibat kurangnya peralatan. Namun, untuk perawatan alat-alat tersebut masih kurang baik. Pada mesin pencacah dan mesin pengompos terdapat karat dimana-mana. Selain itu di mesin pengompos yang didalamnya terdapat jaring, banyak ditemukan lubang-lubang akibat jaring yang telah rusak.

4.6.4. K3L dan *Housekeeping* UPS

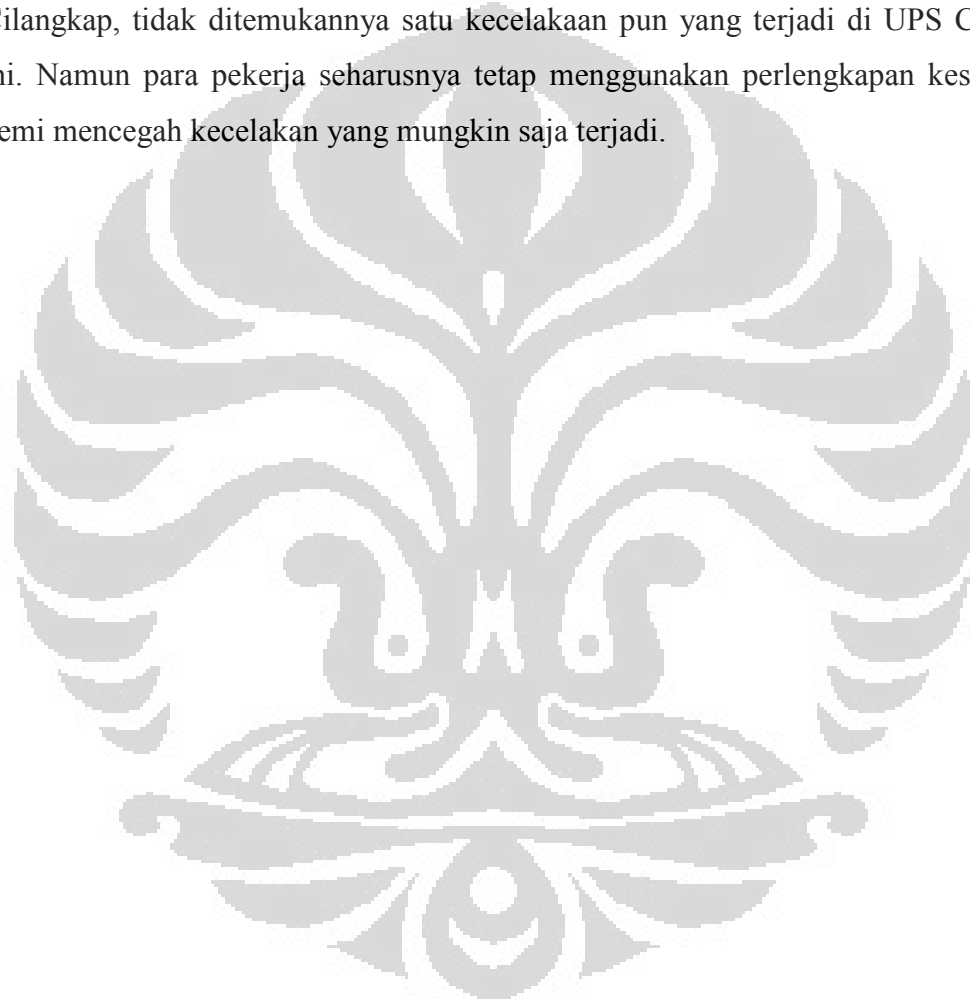
Perlengkapan keselamatan bagi para pekerja UPS Cilangkap sudah lengkap, seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 4. 2. Unit Alat Pelengkap

Alat Pelengkap Pekerja	Jumlah (buah)
Sepatu boots	15
Sarung tangan	15
Masker	50(1 box)
Helm pengaman	14

Sumber : Olahan Penulis, 2012

Dengan jumlah pekerja 14 orang, jumlah peralatan keselamatan telah memenuhi syarat minimal. Namun, peralatan tersebut tidak digunakan oleh para pekerja karena mereka menganggap tidak adanya hal-hal berbahaya yang dapat terjadi selama mereka bekerja di UPS tersebut. Pemikiran para pekerja tersebut dapat hal yang benar, karena selama hampir 5 tahun pengoperasian UPS Cilangkap, tidak ditemukannya satu kecelakaan pun yang terjadi di UPS Cilangkap ini. Namun para pekerja seharusnya tetap menggunakan perlengkapan keselamatan demi mencegah kecelakaan yang mungkin saja terjadi.



BAB 5

PENGOLAHAN DAN ANALISIS DATA

5.1. Pendahuluan

Bab ini merupakan pelaksanaan dan hasil dari penelitian yang telah dilakukan. Penelitian dilakukan melalui studi lapangan dan pemeriksaan laboratorium terhadap kompos, material tanah lanau, dan campuran material. Penelitian yang dilakukan bersifat fisik dan kimia. Jenis material, tipe pengujian, dan parameter uji yang dilakukan diperlihatkan pada tabel 5.1.

Tabel 5. 1. Pengujian Karakteristik

Material	Tipe Pengujian	Parameter Uji
Kompos	Kimia	Kadar air
		WHC
		pH
		Fosfor
		C organik
		Nitrogen
		Bahan organik
		C : N
	Fisik	<i>Spesific Gravity</i>
		<i>Atteberg Limit</i>
<i>Compaction</i>		
<i>Permeability</i>		
Tanah Lanau	Fisik	<i>Hydrometer</i>
		<i>Sieve Analysis</i>
Campuran	Fisik	<i>Spesific Gravity</i>
		<i>Atteberg Limit</i>
		<i>Compaction</i>
		<i>Permeability</i>

*WHC : Water Holding Capacity

Sumber : Olahan Penulis, 2012

5.2. Pengelolaan Sampah di UPS Cilangkap

Pengelolaan sampah yang dilakukan di UPS Cilangkap meliputi pemilahan dan pengomposan. Pemilahan yang dilakukan guna memisahkan sampah non-organik dan sampah organik. Sampah non-organik yang telah dipilah ditujukan untuk dijual

kepada lapak. Sedangkan sampah organik akan menuju proses pengomposan. Dengan densitas 185 kg/m^3 , UPS Cilangkap memiliki rata-rata timbulan sampah sebesar 1180,3 kg/hari, dimana 71,34 % bagiannya merupakan sampah organik (Hartono, 2010). Bila diasumsikan persentase konversi sampah organik menjadi kompos adalah 65%, maka produksi kompos UPS Cilangkap adalah 548 kg/hari.

Tabel 5. 2. Komposisi Sampah UPS Cilangkap

Jenis Sampah	Berat (gr)	Fraksi	% Komposisi
Plastik	10046,45	0,100464503	10,05
Logam	55	0,00055	0,06
Karet	147,50	0,001475	0,15
Kaca	1482,38	0,0148238	1,48
Kertas	4525,17	0,045251668	4,53
Elektronik	149,17	0,001491667	0,15
Kaleng	205,83	0,002058333	0,21
Kayu	0	0	0
Residu	10488,33	0,104883337	10,49
Kain	1562,50	0,015625001	1,56
Organik	71337,67	0,71337669	71,34
Total	100000	1	100

Sumber : Hartono, 2010

Proses pengomposan merupakan metode yang efektif diaplikasikan di UPS Cilangkap. Hal ini dikarenakan sebagian besar komposisi timbulan sampah yang masuk ke UPS Cilangkap adalah sampah organik. Proses pengomposan yang dilakukan di UPS Cilangkap adalah metode *open windrow*. Dengan metode ini, sampah organik diproses selama 1 bulan hingga menjadi kompos.

5.3. Pemeriksaan Kualitas Kimia dan Karakteristik Fisik Kompos

Pemeriksaan kompos dalam penelitian ini terbagi menjadi tiga, yaitu pemeriksaan ukuran partikel kompos, pemeriksaan kualitas kimia kompos, dan pemeriksaan karakteristik fisik kompos sebagai tanah penutup.

5.3.1. Pemeriksaan ukuran partikel kompos

Pemeriksaan ukuran partikel dilakukan untuk mengetahui ukuran partikel dari kompos. Ukuran partikel dari kompos yang menjadi sampel akan dibandingkan dengan SNI 19-7030-2004 dan peraturan *Department of Agriculture, Food & Rural Resources* mengenai *standard of compost product*, (1991).



Gambar 5. 1. Mesin Sieve Shaker

Sumber : Foto Pengamatan, 2012

Pemeriksaan dilakukan menggunakan peralatan *sieve analysis* dengan beberapa *sieve* dengan nomor 1 (25,4 mm), ½ (12,7 mm), 3/8 (9,53mm), 4 (4,75 mm), 8 (2,36 mm), 10 (2 mm), 18 (0,84 mm), dan 40 (0,42 mm). *Sieve-sieve* tersebut disusun dan diletakkan pada mesin *shaker* (penggetar) dan digetarkan selama 15 menit. Sampel kompos yang digunakan sebanyak 500 gram.

Tabel 5. 3. Data Pemeriksaan Ukuran Partikel Kompos UPS Cilangkap

No. Sieve	Diameter (mm)	Berat Tertahan (gram)	% Tertahan	% Lolos
1"	25,4	0	0	100
½"	12,7	0	0	100
3/8"	9,53	0,87	0,17	99,83
4	4,75	4,37	0,87	98,96
8	2,36	35,67	7,13	91,83
10	2	26,48	5,30	86,53
18	0,84	97,37	19,47	67,06
40	0,42	159,49	31,90	35,16
PAN	< 0,42	175,75	35,15	0,01
Total		500	100	

Sumber : Olahan Penulis, 2012

Berdasarkan pemeriksaan yang dilakukan, didapatkan hasil bahwa kompos UPS Cilangkap memiliki ukuran partikel yang bervariasi, dengan persentase 0,17% berukuran lebih besar dari 9,53 mm, 0,87% berukuran lebih besar dari 4,75 mm, 7,13% berukuran lebih besar dari 2,36 mm, 5,3% berukuran lebih besar dari 2 mm, 19,47% berukuran lebih besar dari 0,84 mm, 31,9 % berukuran lebih besar dari 0,42 mm, dan 35,15% berukuran lebih kecil dari 0,42 mm.

Berdasarkan SNI 19-7030-2004, ukuran minimum yang diijinkan adalah 0,55 mm dan maksimum 25 mm. Jika dibandingkan dengan SNI 19-7030-2004, kompos UPS Cilangkap tidak memenuhi kriteria kompos organik karena hanya 32,95% , akumulasi % lolos sieve ukuran 1” hingga sieve no.18, dari bagian kompos yang memenuhi persyaratan tersebut dan sisanya memiliki ukuran partikel yang lebih kecil dari batas minimum yang diijinkan. Ukuran partikel yang terlalu halus berpotensi mengurangi ruang antar partikel tanah sehingga, infiltrasi air ke dalam tanah akan terganggu dan akar tanaman tidak dapat mencapai keberadaan air tersebut.

Berdasarkan peraturan *Department of Agriculture, Food & Rural Resources* mengenai *standard of compost product (1991)*, kompos yang memiliki kualifikasi sebagai material tanah penutup termasuk di dalam kategori *topsoil class A* dan *topsoil class B*. Salah satu persyaratan *topsoil class A* adalah kompos yang akan dipakai harus memiliki ukuran partikel yang lolos secara keseluruhan pada *sieve* nomor 3/8”. Sedangkan pada *topsoil class B*, ukuran partikel kompos harus lolos secara keseluruhan pada *sieve* nomor 1” dan lolos sekitar 90% pada *sieve* nomor 0,5”. Jika dibandingkan dengan persyaratan-persyaratan tersebut, kompos UPS termasuk dalam kategori *topsoil class B* karena lolos secara keseluruhan pada *sieve* nomor 1” dan 0.5“, namun kompos UPS tidak memenuhi kategori *topsoil class A*, karena hanya 99,83% partikel kompos yang lolos *sieve* nomor 3/8”. Definisi dari *topsoil* adalah material tanah yang merupakan campuran dari lempung, lanau, pasir, serta bahan-bahan organik dan umumnya dianggap sebagai lapisan tanah yang memiliki nutrisi terbanyak dan mampu mendukung pertumbuhan tanaman. *Topsoil class A* adalah material tanah lapisan atas yang ditujukan sebagai *high contact area*, yaitu area dimana aktivitas-aktivitas makhluk hidup sering terjadi, sehingga struktur tanah

tersebut haruslah cukup kuat dalam menahan beban. Sedangkan *topsoil class B*, adalah material tanah lapisan atas yang ditujukan sebagai *low contact areas*, yaitu area yang strukturnya tidak dapat menahan beban yang terlalu besar pada permukaannya. Namun, kedua jenis tanah ini mempunyai fungsi tambahan yang sama, yaitu sebagai media tanam vegetasi dan tanah penutup akhir. Sedangkan *topsoil class C* diperuntukkan sebagai *daily cover*.

Adapun perlakuan yang dapat diberikan agar kompos UPS memenuhi persyaratan kategori *topsoil class A*, adalah dengan melalui penghalusan secara manual atau mekanis. Penghalusan secara manual adalah dengan peremasan partikel kompos menggunakan tangan dan penghalusan secara mekanis adalah melalui pencacahan kasar dengan mesin pencacah.

5.3.2. Pemeriksaan Kualitas Kimia Kompos

Pemeriksaan dilakukan terhadap kualitas kimia kompos guna mengetahui potensi kompos tersebut sebagai *fertilizer* organik. Hal ini dilakukan karena kompos yang akan dicampur dengan material tanah akan difungsikan sebagai media tumbuh tanaman pada tanah penutup. Kelayakan kompos dalam menunjang kehidupan vegetasi akan diketahui melalui perbandingan hasil pemeriksaan parameter kimia kompos dengan standar kualitas kompos di SNI 19-7030-2004 tentang spesifikasi kompos dari sampah organik.

Tabel 5. 4. Data Kualitas Kompos UPS Cilangkap

Parameter	Kompos Cilangkap	SNI: 19-7030-2004			Memenuhi Kualifikasi
		Minimum	Maksimum	Satuan	
Kadar air	26,20	-	50	%	Ya
WHC	29,00	58	-	%	Tidak
pH	6,82	6,8	7,49		Ya
Fosfor	2,32	0,1	-	%	Ya
C organik	17,78	9,8	32	%	Ya
Nitrogen	1,58	0,4	-	%	Ya
Bahan Organik	30,58	27	58	%	Ya
C : N	11,22	10	20		Ya

Sumber : Olahan Penulis, 2012

5.3.2.1. Kadar Air (*Moisture Content*)

Pemeriksaan kadar air dilakukan sesuai dengan metode ASTM D 2216, yaitu dengan cara melakukan pemanasan oven pada suhu 105⁰C selama 3 jam terhadap sampel kompos.

Jika dilihat dari proses pembuatannya, kompos yang baik harus memiliki kadar air berkisar 50%. Hal ini dikarenakan pada proses pengomposan dapat terjadi proses penguraian anaerobik yang berpotensi menimbulkan bau tidak sedap jika kompos yang dihasilkan terlalu basah. Proses penguraian anaerobik terjadi karena kelebihan kadar air pada kompos mengisi ruang-ruang pori kompos sehingga oksigen tidak dapat masuk ke dalamnya.

Berdasarkan hasil yang didapatkan dari pemeriksaan, kadar air kompos adalah 26,2 %. Hal ini sesuai dengan batas maksimum kadar air pada kriteria kompos SNI 19-7030-2004, yaitu 50 %. Selain itu, bau dari kompos telah menyerupai tanah. Sehingga, dapat dipastikan bahwa proses penguraian anaerobic tidak terjadi pada proses pengomposan dari kompos tersebut.

Sedangkan, jika dibandingkan dengan peraturan *Department of Agriculture, Food & Rural Resources* mengenai *standard of compost product*, kompos yang dapat digunakan sebagai material tanah penutup harus memiliki kadar air antara 40 % - 60 % agar penanganan terhadap karakteristik fisik dapat dilakukan. Kompos UPS memiliki kadar air 26 % yang berada di bawah *range* kadar air untuk tanah penutup. Oleh karena itu, sebelum kompos digunakan untuk tanah penutup, harus dilakukan penambahan kadar air terhadap kompos tersebut.

5.3.2.2. WHC (*Water Holding Capacity*)

Water holding capacity atau daya ikat air merupakan kemampuan material dalam mengikat air yang berada pada material tersebut. Pada kompos, daya ikat air memiliki peranan penting dalam menahan kandungan air yang akan dibutuhkan oleh tanaman.

Pemeriksaan *WHC* dilakukan dengan metode yang disesuaikan dengan ASTM D-7367-07. Dengan menggunakan sieve (saringan) no. 3/8 yang telah dilapisi

dengan kertas saring, kompos sebanyak 250 gram dihamparkan di atasnya. Setelah itu, air sebanyak 250 ml dituangkan pada kompos tersebut. Banyaknya air yang lolos dari sistem tersebut dipantau setelah 24 jam terlewati.

Dalam SNI 19-7030-2004, nilai WHC minimum tanah adalah 58%. Dalam hal ini, kompos UPS tidak memenuhi persyaratan. Sehingga memungkinkan kandungan air pada kompos mudah menghilang baik akibat penguapan maupun penyerapan ke dalam tanah lapisan bawah sebelum dapat dimanfaatkan oleh tanaman. Selain itu, dalam fungsinya sebagai material tanah penutup, nilai WHC yang rendah ini dapat menjadi masalah. Hal ini dikarenakan jika material tanah penutup tidak dapat mencegah penyerapan air yang masuk ke dalam sel *landfill* maka akan terjadi peningkatan kuantitas air *leachate* dan menimbulkan bau yang tidak sedap.

5.3.2.3. pH

pH merupakan suatu ukuran derajat kemasaman suatu material. pH pada material kompos yang telah matang mendekati pH tanah yaitu berkisar antara 6,5 hingga 7,5. Hal ini menyatakan bahwa pH kompos telah mendekati pH tanah, sehingga tidak akan menimbulkan dampak negatif terhadap tanaman.

Pemeriksaan pH kompos dilakukan dengan metode potensiometer. Sebelum dilakukan pemeriksaan, sampel material kompos diekstraksi. Setelah dilakukan ekstraksi, pemeriksaan pH dilakukan dengan pHmeter.

Dari pemeriksaan yang telah dilakukan, didapatkan nilai dari pH material kompos adalah 6,82. Berdasarkan SNI 19-7030-2004, nilai pH ideal pada material kompos adalah 6,8 hingga 7,49. Bila dibandingkan dengan hasil pemeriksaan, nilai pH dari material kompos memenuhi persyaratan kualitas kompos sampah rumah tangga karena memiliki nilai pH kondisi netral.

5.3.2.4. Fosfor

Fosfor merupakan salah satu ukuran kandungan unsur hara pada suatu material. Kandungan fosfor pada media tanam memiliki fungsi penting dalam

mendukung pertumbuhan tanaman. Oleh karena itu, kandungan fosfor pada kompos juga menjadi salah satu faktor yang diperiksa dalam penelitian ini.

Pemeriksaan fosfor pada material kompos dilakukan dengan metode spektrofotometri. Pemeriksaan awal terhadap material kompos ditujukan untuk mendapatkan nilai kandungan PO_4 secara spektrofotometri. Setelah mendapatkan nilai kandungan PO_4 , nilai tersebut dikonversikan menjadi P_2O_5 . Nilai dari P_2O_5 inilah yang menjadi nilai dari kandungan fosfor pada material kompos tersebut. Berikut ini merupakan rumusan konversi nilai PO_4 menjadi P_2O_5 .

$$\text{Nilai } P_2O_5 (\%) = PO_4 (\text{ppm}) \times \frac{100}{1000} \times \frac{100\%}{100 \text{ mg}} \times \frac{190}{142} - fk$$

Keterangan :

100 mg : Berat sampel material

190/142 : Faktor konversi bentuk PO_4 menjadi P_2O_5

fk : Faktor koreksi kadar air

Berdasarkan pemeriksaan yang telah dilakukan, nilai kandungan fosfor pada material kompos adalah 2,32 %. Kandungan nilai fosfor yang ideal sebagai kompos yang berasal dari sampah rumah tangga berdasarkan SNI 19-7030-2004, tidak kurang dari 0,1 %. Sehingga, dapat diketahui bahwa kandungan fosfor kompos memenuhi persyaratan. Sedangkan berdasarkan standar JBCA (*Japan Bark Compost Association*) dan NSOGA (*Nova Scotia Organic Growers Association*), kandungan nilai fosfor pada kompos berkisar antara 1,02 hingga 7,1 %. Dalam hal ini, produk kompos UPS Cilangkap juga memenuhi persyaratan kandungan nilai fosfor tersebut.

5.3.2.5. Karbon (C) organik

Kandungan kadar C organik merupakan salah satu kandungan bahan organik utama dalam material kompos. Seiring dengan berjalannya proses pengomposan, kandungan C organik cenderung mengalami penurunan dikarenakan faktor penguapan.

Kandungan C organik pada material kompos yang diketahui melalui pemeriksaan menunjukkan nilai 17,78%. Dalam SNI 19-7030-2004, nilai kandungan C organik yang ideal dalam kompos adalah berkisar 9,8 hingga 32%. Sehingga dapat dikatakan bahwa material kompos yang diuji telah memenuhi persyaratan.

5.3.2.6. Nitrogen

Nitrogen berperan penting dalam merangsang pertumbuhan vegetatif dari tanaman. Selain itu N merupakan penyusun plasma sel dan berperan penting dalam pembentukan protein.

Berdasarkan pemeriksaan yang telah dilakukan, nilai kandungan nitrogen dalam material kompos adalah 1,58%. Jika dibandingkan dengan nilai nitrogen kompos rumah tangga pada SNI 19-7030-2004, kandungan nitrogen pada material kompos telah memenuhi persyaratan karena telah melebihi batas minimum yaitu 0,4%.

5.3.2.7. Bahan organik

Kompos merupakan sumber bahan organik dan nutrisi bagi tanaman. Dimana bahan organik pada permukaan tanah memiliki peranan penting guna mempertahankan struktur tanah, meningkatkan aerasi dan daya ikat air pada tanah. Selain itu, bahan organik juga berfungsi sebagai penukar ion dasar dan mampu menyimpan serta melepaskan unsur-unsur hara di sekitar tanaman (*Eriksson et al, 1989*).

Nilai kandungan bahan organik di dalam material kompos dapat diketahui melalui pemeriksaan C organik. Berikut merupakan perumusannya.

$$\% \text{BO} = 1,72 \times \% \text{C}$$

Keterangan :

%BO : Kandungan bahan organik

%C : Kandungan karbon

1,72 : Faktor konversi

Nilai kandungan bahan organik yang didapatkan dari perhitungan adalah sebesar 30,58%. Nilai ini berada pada rentang nilai kandungan bahan organik pada kompos yang ideal sesuai dengan SNI 19-7030-2004, yaitu 27% hingga 58%. Hal ini menunjukkan bahwa kompos memiliki kandungan bahan organik yang cukup guna meningkatkan produktivitas tanaman dan memperbaiki struktur tanah.

5.3.2.8. Rasio C/N

C/N berfungsi untuk meningkatkan kesuburan pada tanah. Penambahan bahan organik dengan nisbah C/N tinggi mengakibatkan tanah mengalami perubahan imbalanced C/N dengan cepat, karena mikroorganisme tanah menyerang sisa pertanaman. C/N juga berfungsi untuk menyeimbangkan ketersediaan nitrogen yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman. Apabila bahan organik yang diberikan ke tanah mempunyai nisbah C/N tinggi, maka mikroorganisme tanah dan tanaman akan berkompetisi untuk mendapatkan nitrogen dan tanaman selalu hanya mendapatkan sebagian kecil. (*Sutanto, 2002*)

Berdasarkan pemeriksaan yang dilakukan terhadap material kompos, didapatkan nilai C organik adalah 17,78% dan kandungan nitrogen sebesar 1,58%. Sehingga, didapatkan perbandingan antara nilai karbon dan nitrogen sebesar 11,22. Di dalam SNI 19-7030-2004, rasio C/N yang ideal untuk kompos berkisar 10 hingga 20. Berdasarkan hal tersebut, maka rasio C/N pada material kompos yang diuji telah memenuhi persyaratan.

Jika dilihat dari proses pengomposannya, rasio C/N yang terlalu tinggi dapat menyebabkan mikroba kekurangan nitrogen untuk sintesis protein sehingga dekomposisi lambat, sedangkan jika rasio C/N terlalu rendah akan terjadi pembentukan amonia dan aktivitas biologi akan terbatas (*Tchobanoglous et al, 1993*).

5.3.3. Pemeriksaan Karakteristik Fisik Kompos

Pemeriksaan fisik merupakan pemeriksaan yang dilakukan guna mengetahui potensi material kompos sebagai material dasar campuran untuk tanah penutup. Hasil dari pemeriksaan ini akan dianalisis dengan menggunakan spesifikasi material dasar campuran untuk tanah penutup dari produk kompos *Department of Agriculture, Food & Rural Resources* mengenai *standard of compost product (1991)* .

Tabel 5. 5. Karakteristik Fisik Kompos UPS Cilangkap

Parameter Uji	Nilai	Satuan
Specific Gravity		
SG	1,9655	
Compaction		
Kadar air optimum	50	%
Γ_{wet}	1.3	gr/cm ³
Γ_{dry}	0,851	gr/cm ³
Permeabilitas		
K	$2,8 \times 10^{-5}$	cm/s
T	29	⁰ c
K20	$2,29 \times 10^{-5}$	cm/s
Atterberg Limit		
Liquid Limit	90	%
Plastic Limit	60,09	%
Plasticity Index	29,91	
Shrinkage Limit	82,48	%
Shrinkage Ratio	108,91	%
Porositas		
Bulk Density	0,851	gr/cm ³
Particle Density	1,0891	gr/cm ³
Bahan Padat Tanah	78,138	%
Ruang Pori Total	21,862	%

Sumber : Olahan Penulis, 2012

5.3.3.1. *Spesific Gravity* (SG)

Pemeriksaan *spesific gravity* merupakan perbandingan antara isi dari butir tanah dengan berat isi air suling pada volume yang sama dan suhu tertentu guna mengetahui berat jenis dari material uji.

Tabel 5. 6. Nilai Spesific Gravity Material Tanah

Jenis Tanah	Berat Jenis
Kerikil	2,65 - 2,68
Pasir	2,65 - 2,68
Lanau tak organik	2,65 - 2,68
Lempung organik	2,58 - 2,65
Lempung tak organik	2,68 - 2,75
Humus	1,37
Gambut	1,25 - 1,80

Sumber : Hary C.D

Pemeriksaan *spesific gravity* dilakukan terhadap material kompos. Langkah awal yang dilakukan adalah menyiapkan *pycnometer* dan sampel material kompos sebanyak 100 gram yang sebelumnya telah dikeringkan menggunakan oven (kering oven). *Pycnometer* yang telah disiapkan, diisi dengan air suling sebanyak 500 ml kemudian ditimbang beratnya dan dicatat sebagai W_{bw} . Setelah itu suhu awal diukur dengan menggunakan termometer. Setelah itu, air suling di dalam *pycnometer* dikosongkan hingga tersisa $\frac{1}{4}$ dari volume *pycnometer*. Kemudian sampel material kompos sebanyak 100 gram yang telah disiapkan, dimasukkan ke dalam *pycnometer* dengan hati-hati dan diusahakan tidak menempel di dinding *pycnometer*. *Pycnometer* kembali diisi dengan air suling hingga mencapai $\frac{3}{4}$ volume dari *pycnometer*. Kemudian, untuk menghilangkan udara yang terperangkap dalam tanah, dilakukan pemanasan atau pendidihan selama ± 15 menit dengan menggunakan kompor listrik. Setelah itu, *pycnometer* yang berisi sampel tersebut dидiamkan dan disimpan selama 15 jam agar suhu akhir dapat menyerupai suhu awal. Dan *pycnometer* berisi sampel tersebut kembali ditimbang sebagai W_{bws} . Dalam pemeriksaan *spesific gravity*

material kompos, digunakan minyak tanah sebagai pengganti air suling. Hal ini dilakukan karena berat jenis material kompos lebih kecil bila dibandingkan dengan tanah sehingga partikel-partikel material kompos cenderung melayang atau mengambang pada permukaan cairan bila menggunakan air suling.

Setelah mendapatkan data yang dibutuhkan, dilakukan pengolahan data dengan perumusan sebagai berikut.

$$W_w = W_s + W_{bw} - W_{bws}$$

$$G_s = \alpha \cdot lf \cdot \frac{W_s}{W_w}$$

Keterangan :

W_w : Berat cairan

W_s : Berat material tanah

W_{bw} : Berat *pycnometer* + cairan 500 ml

W_{bws} : Berat *pycnometer* + air + material yang telah didinginkan

G_s : *Spesific Gravity*

lf : Liquid factor (air = 1, minyak tanah = 0,8)

Melalui pemeriksaan yang telah dilakukan, didapatkan *spesific gravity* dari material kompos adalah 1,96. Hal ini menunjukkan bahwa berat jenis material kompos tidak lebih besar bila dibandingkan dengan material tanah merah, yaitu 2,65.

5.3.3.2. *Compaction*

Compaction atau pemadatan merupakan kompresi dari sebuah tanah atau material yang tidak tersaturasi yang menimbulkan reduksi dari volum dan peningkatan densitas dari massa tanah atau material (*Gupta et al, 1989*).



Gambar 5. 2. Pemeriksaan *Compaction*

Sumber : Foto Pengamatan, 2012

Suatu *compaction* terhadap material memiliki suatu besaran kekuatan yang dapat digambarkan dengan perumusan;

Keterangan :

$CE = \text{Compactive Effort (lb/ft}^2\text{)}$

$W = \text{Berat hammer (lb)}$

$H = \text{Tinggi jatuh (inch)}$

$L = \text{Jumlah layer}$

$B = \text{Jumlah pukulan per-layer}$

$V = \text{Volume tanah}$

Pada pemeriksaan di laboratorium, terdapat 2 macam tipe *compaction*, yaitu *standard proctor test* dan *modified proctor test*. Kedua jenis *compaction* memiliki perbedaan dalam hal spesifikasi alat yang digunakan, jumlah *layer* dari pemadatan,

serta *compactive effort* yang diaplikasikan. Dalam penelitian ini, pengujian yang dilakukan adalah *standard proctor test*.

Tabel 5. 7. Spesifikasi Pemeriksaan *Compaction*

Test Identification	Standard Proctor	Modified Proctor
	ASTM 698	ASTM D 1557
Diameter mould (inch)	4	6
Berat hammer	5.5	10
Tinggi jatuh hammer (inch)	12	18
Jumlah layer	3	5
Jumlah pukulan per-layer	25	56
CE (lb/ft ²)	12.375	56.25
Ukuran butiran maksimum yang lolos	No.4 (3/4")	No.4 (3/4")

Sumber : Modul Praktikum Mekanika Tanah, 2012

Proctor test dilakukan guna mendapatkan kerapatan maksimum (*dry bulk density*) suatu material tanah. Kerapatan maksimum didapatkan ketika kadar air material tanah tersebut mencapai keadaan optimum. Oleh karena itu, sebelum dilakukan pengujian, material kompos yang akan diujikan telah ditambahkan air dengan beberapa variasi. Variasi kadar air yang digunakan pada material kompos adalah 35%, 45%, 55%, 65%, dan 75%. Penambahan kadar air dilakukan berdasarkan perumusan berikut.

$$V_{add} = \frac{W_x - W_o}{1 + W_o} \times W$$

Keterangan :

V_{add} = Volume air yang ditambahkan (ml)

W_x = Kadar air yang akan dibuat

W_o = Kadar air awal

W = Berat sampel (gram)

Setelah itu dilakukan penumbukan dengan *hammer* terhadap tiap layer material kompos pada *mould*. Dilakukan penumbukan sebanyak 25 kali untuk setiap layer. Setelah tercapai 3 layer, sampel material kompos di dalam *mould* dikeluarkan dengan alat *extruder* guna mengeluarkan sampel uji tanpa menghancurkan bentuknya. Kemudian dilakukan penimbangan dan perhitungan dengan perumusan berikut.

$$\gamma_{wet} = \frac{W_{wet}}{V}$$

$$\gamma_{dry} = \frac{W_{dry}}{V} = \frac{W_{wet}}{(1 + W)V}$$

$$ZAV = \frac{Gs \cdot \gamma_{air}}{1 + (W \cdot Gs)/Sr}$$

Keterangan :

γ_{wet} : Berat isi tanah dalam keadaan basah (gr/cm^3)

γ_{dry} : Berat isi tanah dalam keadaan kering (gr/cm^3)

W_{wet} : Berat tanah basah (gram)

W_{dry} : Berat tanah kering (gram)

V : Volum sampel material tanah yang telah dipadatkan (cm^3)

W : Kadar air (%)

ZAV : *Zero Air Void*

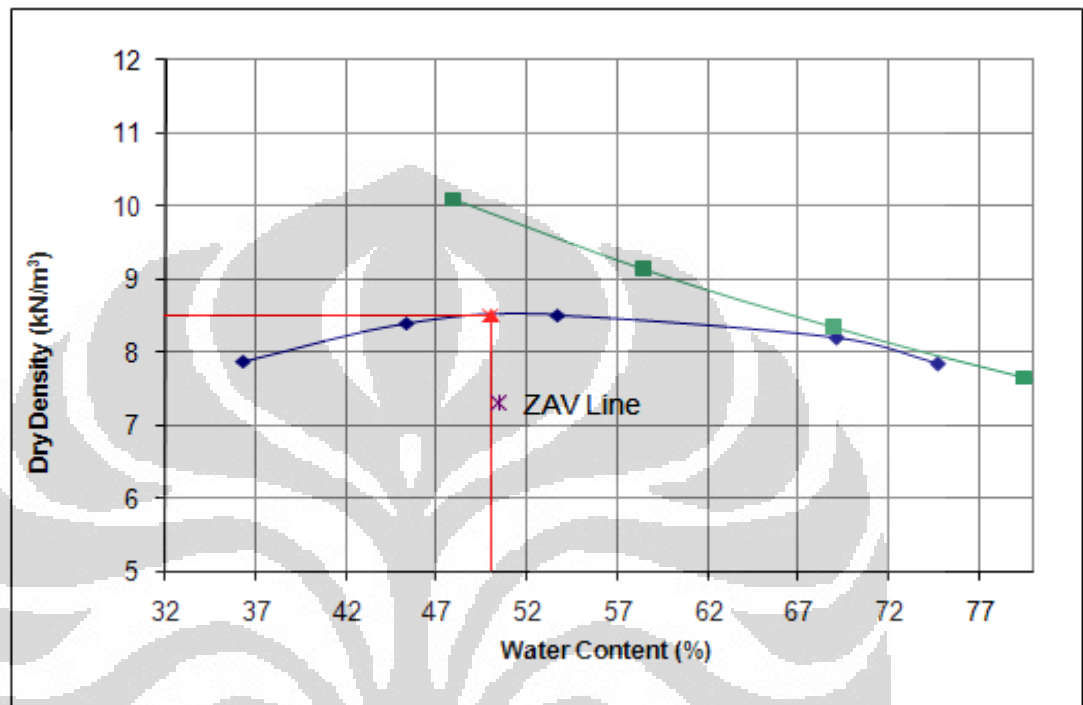
Gs : Nilai *specific gravity*

γ_{air} : Berat jenis air (gr/cm^3)

Sr : Derajat kejenuhan

Hasil yang didapatkan akan digambarkan pada grafik antara *dry bulk density* dengan kadar air. Sehingga, akan didapatkan *dry bulk density* maksimum pada puncak dari grafik tersebut, dimana akan ditunjukkan oleh kadar air optimum. *ZAV*-line adalah garis yang menggambarkan hubungan antara berat isi kering dengan kadar

air dalam kondisi derajat kejenuhan 100%. Dengan adanya ZAV-line pada grafik, maka bila terjadi kesalahan dalam pengujian dapat diketahui.



Gambar 5. 3. Grafik *Dry Bulk Density VS Water Content* Material Kompos

Sumber : *Olahan Penulis, 2012*

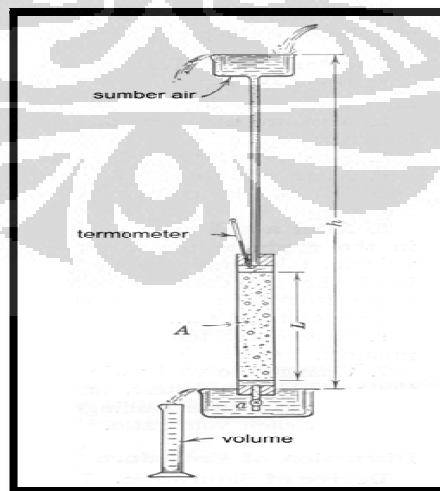
Berdasarkan grafik, diketahui bahwa kadar air optimum material kompos adalah 50% dan dry bulk density maksimum yang dicapai saat kadar air optimum adalah $0,851 \text{ gr/cm}^3$. Hal ini telah sesuai dengan peraturan *Department of Agriculture, Food & Rural Resources* mengenai *standard of compost product*, yaitu kompos yang dapat digunakan untuk material cover soil harus memiliki kadar air berkisar 40 - 60%. Dapat diketahui bahwa dalam interval kadar air tersebut, produk kompos mencapai kerapatan maksimum. Selain itu, berdasarkan nilai *bulk density* yang didapatkan dari pemeriksaan yang dilakukan, $0,851 \text{ gr/cm}^3$, kompos tersebut sesuai dengan klasifikasi campuran kompos dengan tanah (*topsoil grade compost*), yang memiliki nilai *bulk density* berkisar $0,59 \text{ gr/cm}^3$ hingga $0,95 \text{ gr/cm}^3$.

Pada keadaan sebenarnya, pemadatan dilakukan guna meningkatkan kekuatan tanah atau daya dukung tanah serta memperkecil permeabilitas air. Hal ini penting untuk penggunaannya sebagai tanah penutup *landfill*, karena suatu tanah penutup selain harus dapat menutupi sel sampah juga harus dapat menyangga sel sampah berikutnya yang akan diletakkan di atasnya. Ditambah lagi, permeabilitas air yang kecil dibutuhkan oleh tanah penutup guna mencegah infiltrasi air yang berlebihan masuk ke dalam *landfill*.

5.3.3.3. Permeabilitas

Permeabilitas merupakan suatu ukuran kemampuan material tanah dalam meloloskan air. Permeabilitas bergantung oleh beberapa faktor diantaranya ukuran butiran, properti aliran air, *void ratio*, bentuk dan susunan pori-pori tanah, serta derajat saturasi. Tingkat permeabilitas dari tanah dapat dilihat berdasarkan nilai k (koefisien permeabilitas/hidrolis), dimana semakin kecil nilainya maka semakin lemah pula kemampuan tanah meneruskan air.

Pemeriksaan permeabilitas terhadap material kompos dilakukan dengan metode *constant-head test*. Dalam metode ini, penentuan nilai k dilakukan dengan cara mengukur penurunan tinggi muka air selama periode waktu tertentu.



Gambar 5. 4. Skema Alat *Constant-Head Permeability*

Sumber : Modul Praktikum Mekanika Tanah, 2012

Nilai k didapatkan dengan perhitungan berdasarkan perumusan hukum Darcy;

$$k = \frac{q \cdot L}{A \cdot h \cdot t}$$

Keterangan :

- K : Koefisien permeabilitas/ hidrolik
- A : Luas sampel tanah
- L : Tinggi sampel tanah
- h : Ketinggian air
- t : Selang waktu

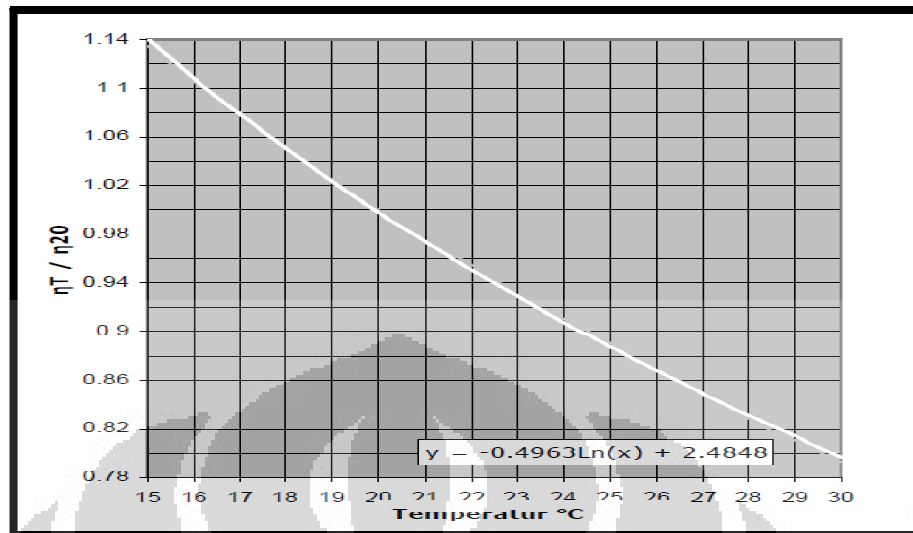
Nilai k pada suhu ruang adalah ($T^{\circ}\text{C}$) adalah K_T sedangkan untuk suhu standar (20°C), harus dikonversi dengan perumusan.

$$K_{20} = K_T \left(\eta_T / \eta_{20} \right)$$

Keterangan :

- η_T : Viskositas cairan pada suhu $T^{\circ}\text{C}$
- η_{20} : Viskositas cairan pada suhu 20°C

Perbandingan nilai viskositas dapat didasarkan pada grafik perbandingan viskositas berikut.



Gambar 5.5. Grafik Perbandingan Viskositas

Sumber : Modul Praktikum Mekanika Tanah, 2012

Sebelum melakukan pemeriksaan permeabilitas, dilakukan pemadatan terhadap sampel kompos dengan penambahan kadar air hingga mencapai kadar air optimum dari kompos tersebut. Hal ini dilakukan guna mendapatkan koefisien hidrolis ketika material kompos mencapai kerapatan maksimum, sehingga akan lebih aplikatif terhadap keadaan sebenarnya di lapangan.

Berdasarkan pemeriksaan yang dilakukan, didapatkan nilai k adalah $2,8 \times 10^{-5}$ cm/s pada suhu 29°C . Sehingga dapat diketahui bahwa pada suhu ruang nilai k adalah $2,29 \times 10^{-5}$ cm/s.

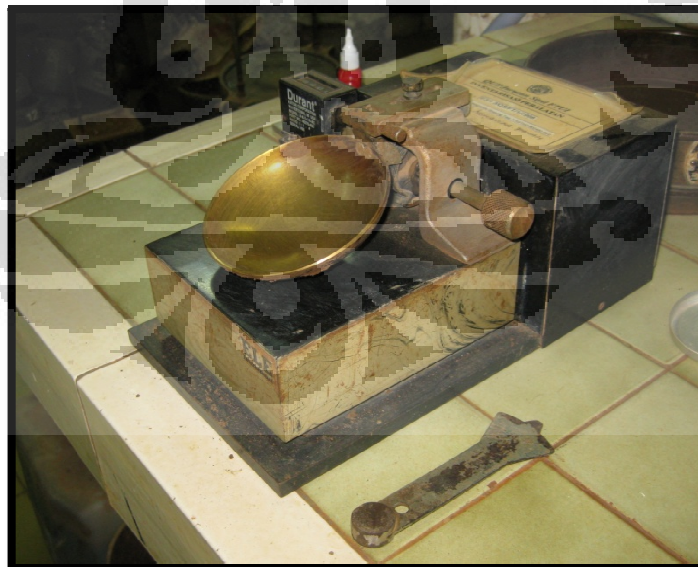
Dalam aplikasinya pada bidang *cover soil landfill*, material dasar campuran untuk *cover soil* harus memiliki nilai permeabilitas yang rendah. Hal ini dikarenakan, salah satu fungsi dari *cover soil* adalah meminimalisasi infiltrasi air hujan. Infiltrasi air hujan yang berlebihan dapat menimbulkan kontak antara timbunan sampah dengan air yang berpotensi menghasilkan *leachate*.

5.3.3.4. Atterberg Limit

Pemeriksaan *atterberg limit* terdiri atas 3 pemeriksaan yang berbeda yaitu *liquid limit*, *plastic limit*, dan *shrinkage limit*.

Cair	Plastis	Semi Plastis	Solid
BATAS CAIR		BATAS PLASTIS	BATAS SUSUT

Liquid limit merupakan pemeriksaan yang dilakukan guna mengetahui kadar air pada batas cair yaitu batas antara bentuk cair dan plastis dari suatu material. Pemeriksaan dilakukan dengan cara memasukkan sampel kompos pada *alat cassagrande*. Kemudian dibuat celah dengan *standard grooving tool*. Setelah itu alat *cassagrande* diatur dengan kecepatan dua ketukan per detik dan tinggi jatuh 10 mm, dan ketika celah dari sampel kompos merapat, dilakukan pengetesan kadar air. Sampel yang diambil guna dilakukan pengetesan kadar air berasal dari sampel kompos yang merapat pada ketukan ke-40, 30, 20, dan 15. Saat kadar air pada ketukan-ketukan tersebut didapatkan, dibuat grafik antara kadar air dan jumlah ketukan. Berdasarkan grafik tersebut, nilai kadar air pada ketukan ke-25 merupakan nilai dari batas cair dari material tersebut. Batas cair dari kompos adalah 90%.



Gambar 5. 6. Alat Cassagrande

Sumber : Foto Pengamatan, 2012

Pemeriksaan selanjutnya adalah *plastic limit*. *Plastic limit* adalah kadar air pada batas dimana terjadi keretakan halus terhadap material ketika dilakukan penggulungan hingga mencapai diameter kurang lebih 1/8 inch (3,2 mm). Melalui pemeriksaan ini, didapatkan pula *index plastisitas*, yaitu nilai yang menyatakan plastisitas dari material. Index plastisitas didapatkan berdasarkan perumusan;

$$I_p = LL - PL$$

Keterangan :

I_p : *Index Plastisitas*

LL : *Liquid Limit*

PL : *Plastic Limit*

Berdasarkan pemeriksaan, didapatkan nilai *plastic limit* adalah 60,09%. Sehingga didapatkan nilai *index plastisitas* dari kompos adalah 29,91.

Tabel 5. 8. Rentang Nilai *Plasticity Index* Material Tanah

No.	Plasticity Index	Description
1	0	Non Plastic
2	1 - 5	Slightly Plastic
3	5 - 10	Low Plastic
4	10 - 20	Medium Plastic
5	20 - 40	High Plastic
6	> 40	Very High Plastic

Sumber : Craig, 1987

Rangkaian terakhir dari pemeriksaan *atterberg limit* adalah *shrinkage limit*. *Shrinkage limit* adalah kadar air pada keadaan semiplastis dan beku. Pada tahapan ini, material mengering tanpa diikuti perubahan volum. *Shrinkage limit* dapat ditentukan melalui perumusan berikut.

$$SL = \frac{(W_w - W_d) - (V_w - V_d)\rho_w}{W_w} \times 100\%$$

$$\text{Shrinkage Ratio (SR)} = \frac{W_d}{V_d}$$

Keterangan :

W_w : Berat tanah basah

W_d : Berat tanah kering

V_w : Volum tanah basah

V_d : Volum tanah kering

ρ_w : Berat volum air (1 gr/cm³)

Berdasarkan pemeriksaan yang dilakukan, didapatkan nilai dari *shrinkage limit* adalah 82,48% dan nilai dari *shrinkage ratio* adalah 108,91%.

5.3.3.5. Porositas

Sampah dan tanah umumnya memiliki persentase ruang yang akan terisi oleh cairan. Ruang ini disebut porositas. Porositas dapat didefinisikan sebagai;

$$n = \frac{V_v}{V_T}$$

Keterangan :

V_v : Volum void

V_T : Total volum

V_s : Volum dari bagian padat, $V_T - V_v$

Berikut ini merupakan beberapa nilai porositas untuk beberapa jenis material.

Tabel 5. 9. Nilai Porositas Material Tanah

Tipe Material	Porositas (%)
Clay	45 – 55
Sand	35 – 40
Gravel	30 – 40
Sand dan Gravel	20 – 35
Gambut	85 – 90
Sampah Rumah Tangga	30 – 40

Sumber : Solid Waste Landfill Engineering and Design, 1995

Untuk mendapatkan nilai porositas dari suatu material, nilai dari *bulk density* dan *particle density* dari material tersebut harus diketahui terlebih dahulu. Nilai dari *bulk density* didapatkan dari pemeriksaan *compaction*, yaitu 0,851 gr/cm³ dan nilai dari *particle density* didapatkan dari pemeriksaan *shrinkage limit*, yaitu 1,089 gr/cm³.

$$\frac{\text{Bulk Density}}{\text{Particle density}} \times 100\% = \% \text{ bahan padat tanah}$$

$$\% \text{ pori - pori total tanah} = 100\% - \% \text{ bahan padat tanah}$$

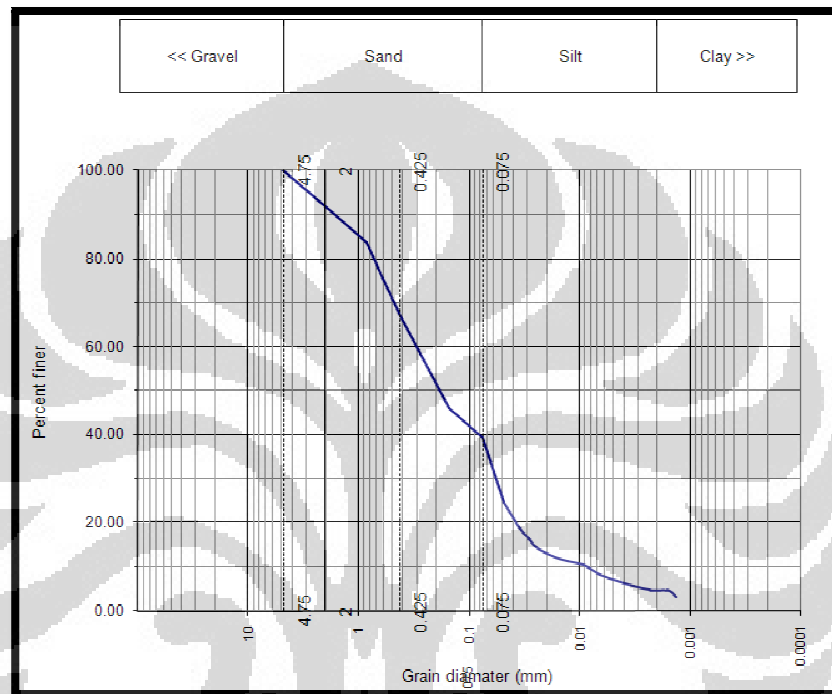
$$\text{Ruang pori total (\%)} = \left(1 - \frac{\text{bulk density}}{\text{particle density}} \right) \times 100\%$$

Melalui perumusan tersebut, didapatkan bahan padat tanah pada material kompos meliputi 78,14% dari keseluruhan volum kompos dan total ruang pori 21,86% dari keseluruhan volum kompos.

5.4. Pemeriksaan Karakteristik Tanah Kelanauan

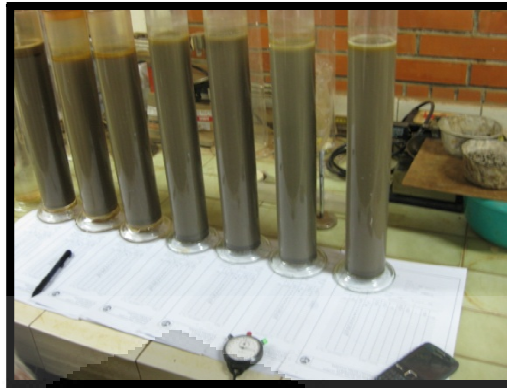
Pemeriksaan karakteristik fisik akan digunakan terhadap tanah kelanauan yang merupakan material tanah yang akan dicampur dengan kompos sebagai material tanah penutup. Tanah kelanauan yang dipakai sebagai sampel berasal dari tanah

galian konstruksi di daerah Jakarta Utara. Pemeriksaan karakteristik fisik dilakukan guna mengetahui persebaran partikel dan jenis tanah melalui *hydrometer test* dan *sieve analysis test* serta menentukan nilai *specific gravity* dari tanah tersebut melalui *specific gravity test*.



Gambar 5. 7. Grafik *Grain Diameter VS Percent Finer Material Tanah*

Berdasarkan grafik yang didapatkan dari pemeriksaan *hydrometer test* dan *sieve analysis test*, diketahui bahwa komposisi tanah kelanauan yang diperiksa terdiri dari 4,69% *clay*, 34,45% *silt*, dan 60,86% *sand*. Sehingga dapat disimpulkan bahwa jenis tanah tersebut adalah *silty sand*. Dan nilai *specific gravity* dari tanah tersebut adalah 2,55.



Gambar 5. 8. Pemeriksaan *Hydrometer Test*

Sumber : Foto Pengamatan, 2012

Distribusi butiran dari material tanah erat kaitannya dengan nilai permeabilitas dari material tanah serta material campuran dari material tanah tersebut. Penggunaan material tanah dengan persen kehalusan yang lolos pada saringan no.200 lebih besar dari 35% dapat mencegah erosi yang berlebihan, menyimpan kadar air yang dibutuhkan, serta mengontrol infiltrasi (*Interstate Technology Regulatory Council, 2003*). Berdasarkan hasil pemeriksaan, diketahui persen kehalusan yang lolos pada saringan no.200 sebesar 39,14%. Sehingga, dapat dikatakan bahwa material tanah tersebut layak menjadi bahan dasar untuk campuran guna material tanah penutup.

5.5. Pemeriksaan Karakteristik Campuran Tanah Penutup

Rasio komposisi campuran antara material tanah dengan kompos adalah 1:1, 1:1,5, dan 1:2. Rasio komposisi ini dipilih dan digunakan berdasarkan tujuan awal penelitian, yaitu mengurangi jumlah material tanah yang dibutuhkan untuk tanah penutup *landfill* dan memanfaatkan kompos yang dihasilkan oleh unit pengolah sampah. Hasil dari pemeriksaan karakteristik campuran akan dibandingkan dengan kriteria desain tanah penutup pada *Technical and Regulatory Guidance for Design, Installation and Monitoring of Alternative Final Landfill Covers (2003)*.

5.5.1. *Specific Gravity (SG)*

Melalui pemeriksaan *specific gravity* seperti yang telah dilakukan sebelumnya seperti pada material kompos, didapatkan nilai *specific gravity* dari campuran antara tanah kelanauan dan kompos yang diperlihatkan pada tabel 5.10.

Tabel 5. 10. Hasil Pemeriksaan *Specific Gravity* Material Campuran

Rasio Campuran	SG
1 : 1	2,45
1 : 1,5	2,33
1 : 2	2,29

Sumber : Olahan Penulis, 2012

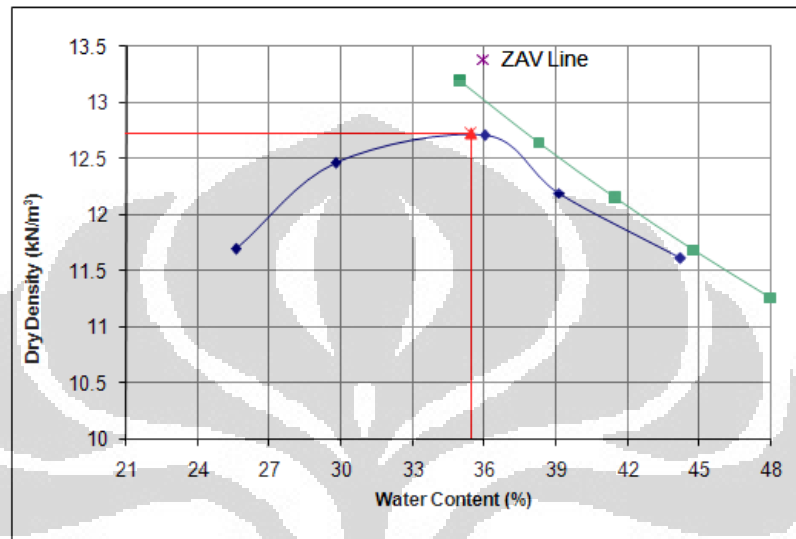
Berdasarkan hasil yang didapatkan, terlihat bahwa nilai *specific gravity* campuran tanah kelanauan dengan kompos telah sesuai karena berada pada rentang 1,96, yakni nilai *specific gravity* kompos, hingga 2,55, yang merupakan nilai *specific gravity* dari tanah kelanauan. Selain itu, berdasarkan pemeriksaan yang dilakukan terhadap ketiga campuran dengan rasio komposisi yang berbeda tersebut, didapatkan bahwa nilai *specific gravity* campuran berbanding terbalik dengan peningkatan rasio komposisi kompos pada campuran tersebut, dimana nilai *specific gravity* campuran semakin kecil pada campuran yang memiliki rasio kompos yang lebih besar.

5.5.2. *Compaction*

Compaction dapat mengurangi laju infiltrasi atau perkolasi pada permukaan dari material. Oleh karena itu, dibutuhkan *compaction test* guna mengetahui nilai *bulk density* dan kadar air optimum dari setiap campuran dengan rasio komposisi yang berbeda.

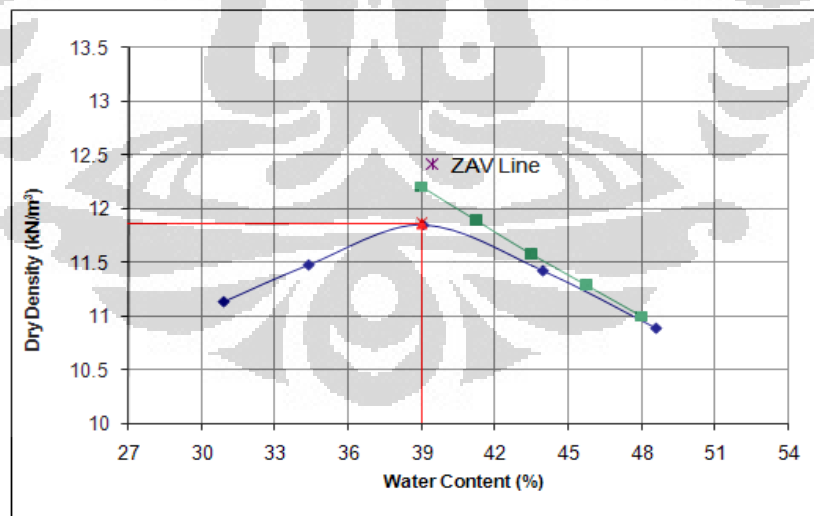
Berdasarkan peraturan *Department of Agriculture, Food & Rural Resources* mengenai *standard of compost product*, kompos yang akan digunakan sebagai material tanah penutup harus memiliki kadar berkisar 40 – 60%. Sehingga, sebelum dilakukan pemeriksaan *compaction*, kompos yang akan dicampur dengan material

tanah akan dikondisikan guna memenuhi persyaratan tersebut. Kadar air yang diambil guna memenuhi persyaratan tersebut adalah 50%, sesuai dengan kadar air optimum kompos saat pematatan maksimum.



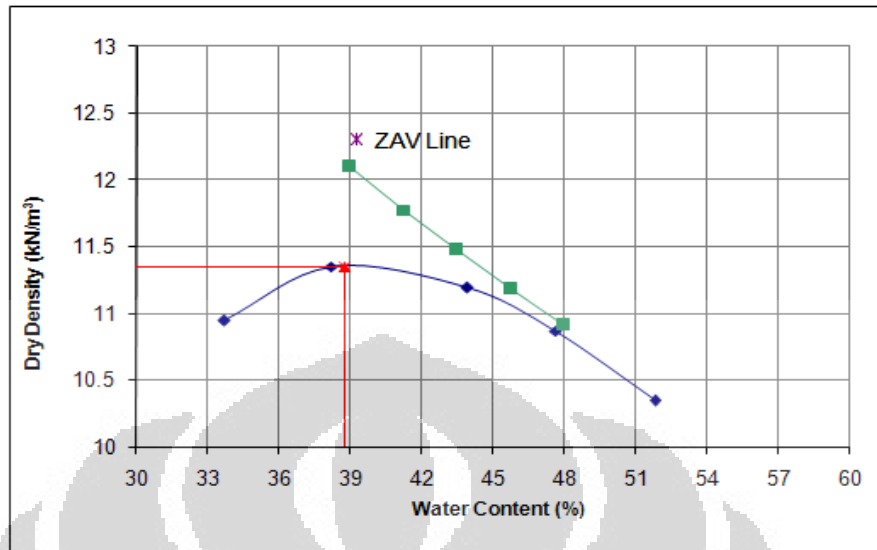
Gambar 5.9. Grafik Dry Bulk Density VS Water Content Material Campuran 1

Sumber : Olahan Penulis, 2012



Gambar 5.10. Grafik Dry Bulk Density VS Water Content Material Campuran 2

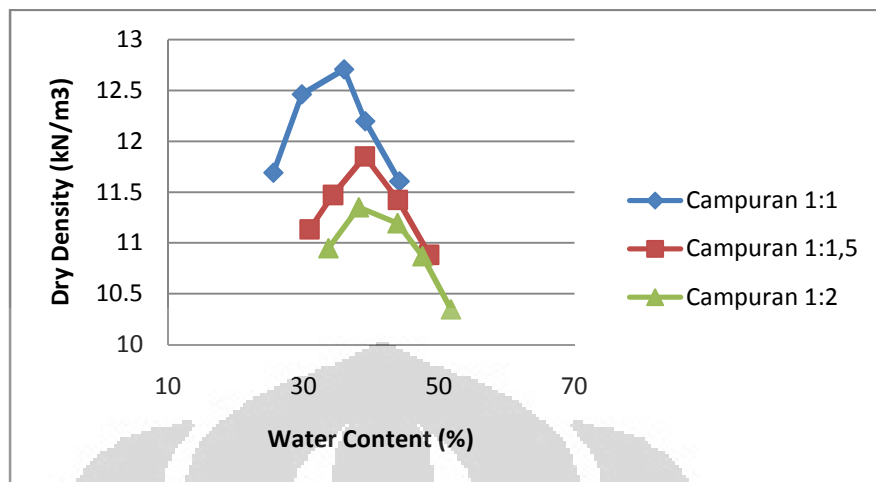
Sumber : Olahan Penulis, 2012



Gambar 5. 11. Grafik Dry Bulk Density VS Water Content Material Campuran 3

Sumber : Olahan Penulis, 2012

Berdasarkan grafik, dapat diketahui nilai dari kadar air optimum material campuran serta kerapatan maksimum yang dapat dicapainya. Nilai tersebut digambarkan oleh garis merah pada grafik. Pada material campuran dengan rasio komposisi 1 : 1 antara tanah kelanauan dan kompos didapatkan nilai *bulk density* sebesar $1,272 \text{ gr/cm}^3$ yang dicapai pada kadar air optimum 35,45%, kemudian untuk rasio komposisi 1 : 1,5, didapatkan nilai *bulk density* sebesar $1,186 \text{ gr/cm}^3$ pada kadar air optimum 38,97%, dan untuk rasio komposisi 1 : 2, memiliki nilai bulk density $1,135 \text{ gr/cm}^3$ dengan kadar air optimum 38,72%.



Gambar 5. 12. Grafik Perbandingan Dry Bulk Density VS Water Content Material Campuran

Sumber : Olahan Penulis, 2012

Berdasarkan hasil tersebut, dapat diketahui bahwa kerapatan tertinggi terdapat pada campuran dengan rasio komposisi 1:1, yaitu sebesar $1,272 \text{ gr/cm}^3$ yang dicapai pada kadar air optimum 35,45% dan kerapatan terendah terdapat pada campuran dengan rasio komposisi 1:2, yaitu sebesar $1,135 \text{ gr/cm}^3$ yang dicapai pada kadar air optimum 38,72%.

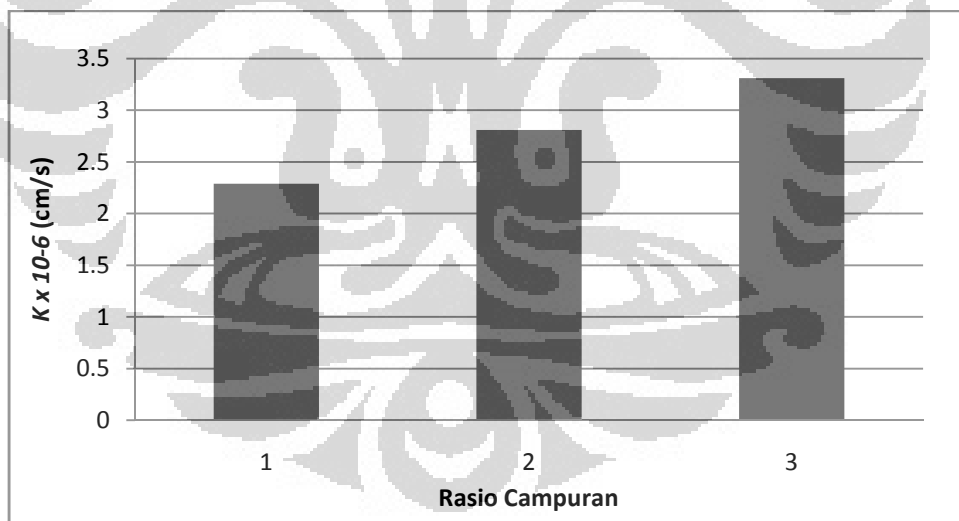
Technical and Regulatory Guidance for Design, Installation and Monitoring of Alternative Final Landfill Covers (2003) berdasarkan penelitian *Eavis(1972)*, menyatakan bahwa pada nilai bulk density lebih besar dari $1,5 \text{ gr/cm}^3$, pertumbuhan akar tanaman akan terhambat dan pada nilai bulk density lebih besar dari $1,7 \text{ gr/cm}^3$, pertumbuhan akar tanaman akan terhenti. Dalam hal ini, ketiga rasio campuran memenuhi persyaratan dengan tidak melewati nilai dari *bulk density* yang diijinkan.

5.5.3. Permeabilitas

Permeabilitas merupakan kemampuan suatu material tanah dalam meloloskan air. Permeabilitas dari suatu material memiliki pengaruh yang besar dalam menganalisa laju dari pergerakan cairan yang memasuki material tanah tersebut. Terutama dalam hal mengenai tanah penutup, permeabilitas dari material penutup tersebut diharapkan memiliki nilai yang cukup kecil sehingga tidak

mengijinkan air atau cairan yang jatuh pada permukaan tanah penutup dan masuk melalui pori-pori material tersebut, melakukan kontak yang berlebihan dengan material sampah di bawahnya. Hal ini dikarenakan kontak yang berlebihan antara air dengan sampah akan memicu timbulnya *leachate* yang berpotensi mencemari air tanah.

Oleh karena itu, melalui penambahan material tanah terhadap kompos yang akan dijadikan sebagai material tanah penutup diharapkan dapat mengurangi nilai permeabilitas dari material tersebut. Pemeriksaan laboratorium dilakukan dengan metode *constant-head test* guna mengetahui nilai dari koefisien permeabilitas dari material campuran. Material campuran yang akan diperiksa terdiri dari 3 campuran. Campuran 1 adalah campuran dengan rasio komposisi 1 : 1 antara material tanah dan kompos, campuran 2 dengan rasio komposisi 1 : 1,5 antara material tanah dan kompos, dan campuran 3 dengan rasio komposisi 1 : 2 antara material tanah dan kompos.



Gambar 5. 13. Perbandingan Nilai Koefisien Permeabilitas Campuran

Sumber : Olahan Penulis, 2012

Berdasarkan hasil yang didapatkan dari pemeriksaan, campuran 1 memiliki nilai koefisien permeabilitas yang paling kecil di antara ketiga campuran tersebut, yaitu $2,29 \times 10^{-6} \text{ cm/s}$. Kemudian, pada campuran 2 dan 3, memiliki nilai koefisien

permeabilitas yang lebih tinggi, yaitu $2,81 \times 10^{-6}$ cm/s dan $3,11 \times 10^{-6}$ cm/s. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin besar rasio kompos dalam campuran, maka semakin besar pula nilai koefisien permeabilitas.

Tabel 5. 11. Sifat Permeabilitas Material Tanah Berdasarkan Nilai Koefisien Permeabilitas

$k(\text{cm/s})$	10^2	10^1	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}
Permeabilitas Relatif	Lolos				Semi-Lolos				Tidak Lolos				
Aquifer	Baik				Kurang Baik				Tidak ada				

Sumber : Bear, 1972

Berdasarkan tabel 5.11 , campuran antara tanah kelanauan dengan kompos yang memiliki nilai koefisien permeabilitas 10^{-6} cm/s, berpotensi sebagai tanah penutup karena memiliki permeabilitas relatif tidak lolos dan sebagian besar air atau cairan akan tertahan pada permukaan material tersebut. Hal ini didukung oleh kriteria permeabilitas berdasarkan *Technical and Regulatory Guidance for Design, Installation and Monitoring of Alternative Final Landfill Covers (2003)*, dimana nilai koefisien permeabilitas yang diijinkan guna material tanah penutup adalah kurang dari 10^{-3} cm/s.

5.5.4. Atterberg Limit

Atterberg Limit merupakan pemeriksaan yang dilakukan guna mengetahui batas cair, plastis, serta susut dari suatu material. Dan dengan mengetahui batas cair dan batas plastis dari suatu material maka dapat diketahui pula index plastisitas dari material tersebut. Sedangkan batas susut dapat digunakan untuk mengetahui particle density dari material.

Dari 3 jenis pemeriksaan atterberg limit yang telah dilakukan, dua di antaranya, yaitu *liquid limit* dan *plastic limit* tidak dapat dilakukan. Pada pemeriksaan liquid limit, hal ini terlihat dari tidak menempelnya material campuran terhadap alat *cassagrande* dan cenderung terlepas dengan mudah ketika akan dibuat celah dengan *standard grooving tool*. Sedangkan pada pemeriksaan *plastic limit*, pemilinan material tidak dapat dilakukan karena sebelum mencapai keretakan, material tersebut

mengalami pelepasan partikel atau terpecah. Namun, pemeriksaan *shrinkage limit* dapat tetap dilakukan. Hasil pemeriksaan *shrinkage limit* diperlihatkan pada tabel 5.12.

Tabel 5. 12. Nilai Shrinkage Limit Campuran

Rasio Campuran	1:1	1 : 1,5	1 : 2
Shrinkage Limit	46,8 %	47,5 %	52,8 %
Shrinkage Ratio	132,11 %	124,43 %	123,24 %

Sumber : Olahan Penulis, 2012

Dari pemeriksaan *liquid limit* dan *plastic limit* yang tidak dapat dilakukan atau tidak mendapatkan hasil, dapat diketahui bahwa material campuran antara material tanah dan kompos tidak plastis atau memiliki nilai yang sangat kecil. Hal ini disebabkan karena material tanah yang digunakan sebagai bahan campuran memiliki jenis *silty sand*, dimana batas cair dan plastis dari jenis tanah tersebut sangatlah kecil.

Technical and Regulatory Guidance for Design, Installation and Monitoring of Alternative Final Landfill Covers (2003) menyatakan bahwa penggunaan material tanah penutup dengan nilai plastisitas rendah atau non-plastis lebih disarankan guna menghindari keretakan pada material.

5.5.5. Porositas

Ruang pori pada material tanah merupakan ruang yang diisi oleh air dan udara tanpa kehadiran tanah. Ruang pori dalam tanah sangat penting bagi kondisi fisik dari material tanah tersebut karena ruang pori memungkinkan adanya pertukaran serta aliran udara dan air di dalam material tanah. Karena itu, adanya ruang pori menunjang kelangsungan hidup dari vegetasi yang terdapat pada permukaan tanah. Ruang pori tanah meliputi bagian yang besar dan kecil. Pori kecil membatasi pergerakan udara namun berguna dalam menyimpan air di dalam tanah. Pada struktur tanah yang optimal, pori besar dan kecil terhubung sehingga air dan udara dapat bebas mengalir dan terdapat distribusi ukuran pori yang cukup bervariasi.

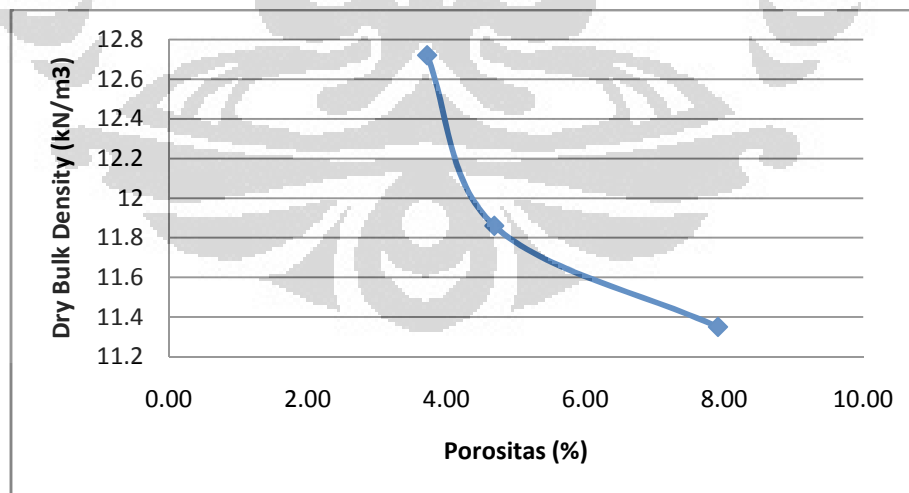
Nilai dari total ruang pori pada material campuran didapatkan dari perhitungan yang meliputi pemeriksaan *bulk density* dan *particle density* yang telah dilakukan sebelumnya. Hasil dari perhitungan dapat dilihat pada tabel 5.13 .

Tabel 5. 13. Nilai Porositas Material Campuran

Rasio Campuran		Porositas
Tanah Kelanauan	Kompos	
1	1	3,72 %
1	1,5	4,69 %
1	2	7,91 %

Sumber : Olahan Penulis, 2012

Dari perhitungan yang telah dilakukan, didapatkan nilai porositas terbesar terdapat pada rasio campuran 3 yaitu 1:2. Dan porositas terkecil terdapat pada rasio campuran 1:1. Sehingga, dapat diketahui bahwa material campuran yang memiliki persentase bagian kompos yang lebih banyak, memiliki nilai porositas yang lebih besar. Selain itu, nilai porositas juga memiliki hubungan dengan nilai bulk density. Hubungan tersebut diperlihatkan oleh grafik pada gambar 5.14.

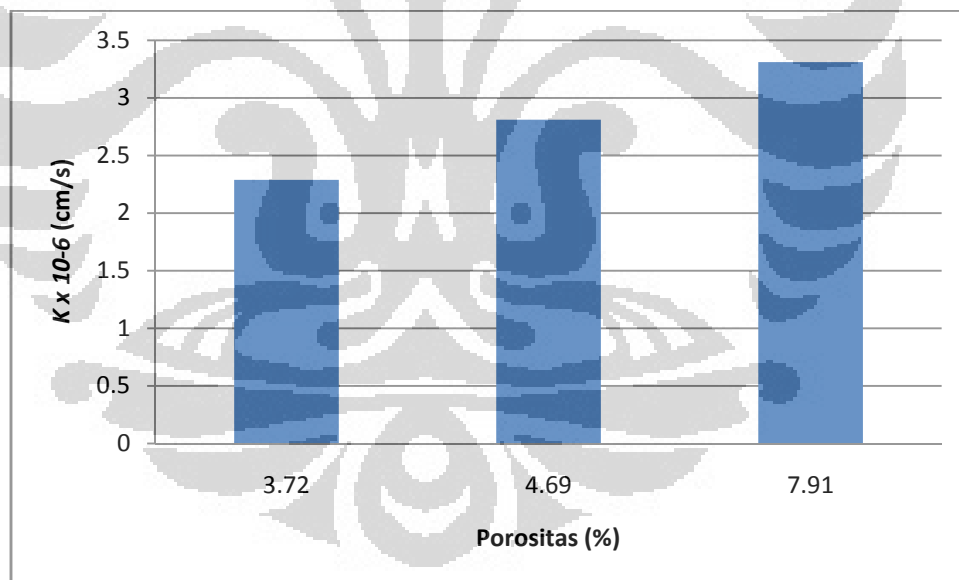


Gambar 5. 14. Grafik Dry Bulk Density VS Porositas

Sumber : Olahan Penulis, 2012

Sehingga, diketahui bahwa semakin besar kerapatan dari suatu material, maka semakin kecil nilai total ruang pori dari material tersebut. Material tanah yang menjadi komposisi campuran adalah *sand*, jenis tanah yang cenderung memiliki ruang pori besar dan cukup teraerasi dibandingkan jenis tanah lainnya, namun akibat pencampuran dengan kompos yang memiliki distribusi ukuran yang sangat kecil yang cenderung mengisi ruang pori serta *compaction* yang dilakukan pada material tersebut, maka nilai porositas menjadi kecil.

Nilai total ruang pori juga memiliki pengaruh terhadap nilai permeabilitas dari material campuran. Semakin besar nilai porositas dari material campuran, maka semakin tinggi juga nilai permeabilitas dari material tersebut. Hal ini diperlihatkan pada grafik pada gambar 5.13. Berdasarkan hal ini, dapat diketahui bahwa semakin banyak ruang pori pada suatu material mempengaruhi kemampuan material tersebut dalam meloloskan air.



Gambar 5. 15. Perbandingan Nilai Koefisien Permeabilitas dengan Porositas Material Campuran

Sumber : Olahan Penulis, 2012

Selain mempengaruhi aliran air dalam tanah, porositas juga mempengaruhi aliran udara di dalam tanah. Aliran udara di dalam tanah, terutama aliran oksigen,

merupakan faktor penting dalam mendukung aktivitas vegetasi di permukaan tanah dalam melangsungkan proses-proses metabolismenya. Aliran udara bergerak di dalam tanah dengan cara difusi melalui pori-pori tanah. Oleh karena itu, untuk mempertahankan kelangsungan hidup vegetasi permukaan, dibutuhkan ruang pori yang cukup di dalam tanah guna difusi aliran udara. Berdasarkan *Technical and Regulatory Guidance for Design, Installation and Monitoring of Alternative Final Landfill Covers (2003)*, Sebagian besar tanaman tidak dapat bertahan jika total ruang pori pada material tanah kurang dari 10%. Hasil dari perhitungan porositas pada material campuran menunjukkan nilai yang kurang dari 10%, yaitu hanya berkisar 3,72 – 7,91%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa material campuran kurang layak sebagai media tanam namun tetap dapat digunakan sebagai material alternatif tanah penutup karena mampu menahan infiltrasi air ke dalam tanah .

Tabel 5. 14. Hasil Akhir Pemeriksaan Material Campuran

Parameter Uji	Tanah Kelanauan : Kompos			Satuan	Memenuhi Kualifikasi
	1 : 1	1 : 1,5	1 : 2		
Spesific Gravity	2,45	2,33	2,29		-
Bulk Density	1,272	1,186	1,135	gr/cm ³	Ya
Atterberg Limit	Non-Plastis	Non-Plastis	Non-Plastis		Ya
Koefisien Permeabilitas	$2,29 \times 10^{-6}$	$2,81 \times 10^{-6}$	$3,11 \times 10^{-6}$	cm/s	Ya
Porositas	3,72	4,69	7,91	%	Tidak

Sumber : Olahan Penulis, 2012

Berdasarkan pemeriksaan fisik pada material campuran, diketahui material campuran yang dapat dipertimbangkan untuk digunakan sebagai tanah penutup adalah material campuran dengan rasio komposisi 1 : 2, dimana persentase kompos lebih besar daripada material tanah. Pemilihan ini didasarkan pada nilai porositas yang paling besar di antara rasio komposisi lainnya. Walaupun belum mencukupi guna mendukung pertumbuhan tanaman, total ruang pori sebesar 7,91% diasumsikan masih dapat menjaga aliran udara di dalam tanah namun tetap dapat menahan infiltrasi air ke dalam tanah.

5.6. Kelayakan Material sebagai *Biofilter*

Biofilter atau *biofiltrasi* adalah sebuah permukaan material organik, yang umumnya berupa campuran kompos, potongan kayu, atau cacahan material yang dapat mereduksi bau dan emisi polutan udara lainnya (*Schmidt, 2000*). Proses reduksi oleh terjadi ketika udara melewati permukaan *biofilter*, mikroba-mikroba pada material organik mengkonversi bau dan gas menjadi karbon dioksida dan air.

Dalam aplikasi tanah penutup, fungsi dari *biofilter* dapat membantu memenuhi tujuan dari tanah penutup itu sendiri, yaitu mengurangi bau yang keluar dari *landfill*. Selain itu, *biofilter* dapat menangkap gas-gas *landfill* yang keluar dan mengkonversinya menjadi bentuk yang tidak berbahaya. Oleh karena itu, selain sebagai alternatif material tanah penutup, dilakukan juga identifikasi kompos dan campuran kompos sebagai *biofilter*.

Identifikasi material sebagai *biofilter* dilakukan berdasarkan peraturan *Municipal Separate Storm Sewer System, Los Angeles County, Attachment H. Bioretention/Biofiltration Design Criteria, 2011*. Material yang diidentifikasi meliputi material kompos dan material tanah kelanauan yang menjadi bahan dasar campuran.

Kompos yang akan digunakan sebagai media tanam sekaligus media *biofilter* harus memenuhi beberapa kriteria, diantaranya kompos tersebut harus terdekomposisi dengan baik dan stabil. Selain itu, terdapat beberapa persyaratan kimia yang harus dipenuhi oleh kompos tersebut agar dapat berfungsi dengan baik sebagai *biofilter*. Hasil pemeriksaan kimia kompos yang dibandingkan dengan kriteria desain dari *biofilter* tertera pada tabel 5.15.

Tabel 5. 15. Perbandingan Nilai Kualitas Kimia Kompos dengan Kriteria Desain *Biofilter*

Parameter	Kompos Cilangkap	Biofiltration Design Criteria			Memenuhi Kualifikasi
		Minimum	Maksimum	Satuan	
Bahan Organik	30,58	35	75	%	Tidak
pH	6,82	6,5	8,5		Ya
Nitrogen	1,58	0,9	-	%	Ya
C : N	11,22	15	25		Tidak
Warna	Coklat Tua	Coklat Tua	Coklat Tua		Ya

Sumber : Olahan Penulis, 2012

Berdasarkan perbandingan kualitas kimia tersebut, diketahui bahwa dalam parameter bahan organik dan rasio C/N, kompos UPS tidak memenuhi persyaratan. Hal ini terlihat dari nilai dari bahan organik dan rasio C/N yang berada di bawah nilai minimum yang disarankan sebagai desain kriteria biofilter. Nilai bahan organik dan rasio C/N yang rendah tersebut disebabkan karena kompos UPS memiliki nilai C yang rendah pula. Dengan nilai nitrogen 1,58 %, setidaknya dibutuhkan nilai karbon sebesar 24% agar rasio C/N dan nilai bahan organik dapat memenuhi persyaratan ini.

Selain persyaratan kualitas kimia, kompos juga harus memiliki ukuran butiran yang dibutuhkan sebagai *biofilter*. Oleh karena itu, dilakukan perbandingan ukuran butiran kompos UPS dengan kriteria desain *biofilter*.

Tabel 5. 16. Perbandingan Ukuran Butiran Kompos UPS dengan Desain Kriteria *Biofilter*

Ukuran Sieve	% Lolos			Kualifikasi
	Kompos UPS	Biofiltration Design Criteria		
		Minimum	Maksimum	
1"	100	99	100	Ya
1/2"	100	90	100	Ya
1/4"	99,53	40	90	Tidak
No. 200	6,15	2	10	Ya

Sumber : Olahan Penulis, 2012

Gradasi ukuran dari kompos yang akan digunakan sebagai media *biofilter* memiliki pengaruh yang besar terhadap nilai koefisien permeabilitas dari media. Untuk mencapai nilai koefisien permeabilitas yang cukup, ukuran butiran kompos harus cukup kasar dan berada dekat dengan nilai minimum yang disarankan pada desain kriteria *biofilter*. Nilai persen lolos pada *sieve* no. 200 memiliki pengaruh yang terbesar dalam penentuan nilai koefisien permeabilitas media. Berdasarkan perbandingan yang dilakukan, diketahui bahwa kompos UPS memiliki ukuran butiran yang kurang sesuai guna biofilter. Hal ini terlihat pada *sieve* ukuran 1/4" dan no.200, dimana pada *sieve* 1/4", ukuran butiran kompos yang lolos melebihi batas maksimum desain kriteria biofilter dan nilai persen lolos pada *sieve* no.200 lebih mendekati nilai

maksimum dibandingkan nilai minimum pada desain kriteria *biofilter*, sehingga nilai dari koefisien permeabilitas akan rendah. Nilai permeabilitas yang rendah menunjukkan kurangnya total ruang pori pada media yang dapat mempengaruhi aliran udara di dalam tanah serta input air yang dibutuhkan oleh tanaman.

Sesuai dengan kriteria jenis material tanah campuran yang disarankan pada *Municipal Separate Storm Sewer System, Los Angeles County, Attachment H. Bioretention/Biofiltration Design Criteria, 2011*, jenis tanah yang akan digunakan adalah *sand* atau pasir. Perbandingan campuran yang disarankan meliputi 60 hingga 80% *sand* dan 20 hingga 40% kompos, namun pada penelitian ini perbandingan yang digunakan meliputi lebih banyak kompos dibandingkan material tanah guna memenuhi tujuan awal dari penelitian ini. Oleh karena itu, dibutuhkan pemeriksaan serta perbandingan ukuran butiran material tanah terhadap kriteria desain *biofilter* agar tetap dapat digunakan sebagai *biofilter*.

Tabel 5. 17. Perbandingan Ukuran Butiran Material Tanah dengan Kriteria Desain *Biofilter*

Ukuran Sieve	% Lolos			Kualifikasi
	Tanah Kelanauan	Biofiltration Design Criteria		
		Minimum	Maksimum	
3/8"	100	100	100	Ya
No. 4	100	90	100	Ya
No. 40	67,06	5	55	Tidak
No. 200	39,14	0	5	Tidak

Sumber : Olahan Penulis, 2012

Melalui perbandingan, diketahui bahwa material tanah memiliki ukuran butiran yang terlalu halus untuk digunakan sebagai campuran media *biofilter*. Hal ini terlihat pada *sieve* no.40 dan no. 200, dimana persen lolos jauh melebihi nilai maksimum yang disarankan. Serupa dengan ukuran butiran kompos, ukuran butiran material tanah yang menjadi campuran mempengaruhi nilai koefisien permeabilitas dari media *biofilter*. Semakin halus butiran dari material tanah, maka akan semakin rendah pula nilai koefisien permeabilitas dari media *biofilter* yang didesain.

Rendahnya nilai koefisien permeabilitas dari media yang akan didesain terlihat dari pemeriksaan yang telah dilakukan sebelumnya, yaitu $2,29 \times 10^{-6}$ cm/s, $2,81 \times 10^{-6}$ cm/s, dan $3,11 \times 10^{-6}$ cm/s dengan komposisi campuran 1:1, 1:1,5, dan 1:2. Nilai-nilai koefisien permeabilitas tersebut tidak memenuhi persyaratan kriteria desain *biofilter*, yaitu berkisar $3,53 \times 10^{-3}$ cm/s hingga $8,47 \times 10^{-3}$ cm/s. Nilai koefisien permeabilitas yang rendah akan mempengaruhi distribusi nutrisi dan input air yang dibutuhkan oleh tanaman di permukaan tanah.

Berdasarkan identifikasi yang telah dilakukan terhadap kompos, material tanah, serta material campuran dengan perbandingan kualifikasi yang terdapat pada *Municipal Separate Storm Sewer System, Los Angeles County, Attachment H. Bioretention/Biofiltration Design Criteria, 2011*, diketahui bahwa baik kompos maupun material tanah yang akan menjadi bahan dasar campuran kurang sesuai sebagai *biofilter*.

BAB 6

PENUTUP

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka didapatkan beberapa kesimpulan, yaitu :

1. Timbulan sampah rata-rata pada UPS Cilangkap adalah 1180,3 kg/hari dengan densitas 185kg/m³. 71,34% dari keseluruhan timbulan sampah berupa sampah organik dan dengan persentase konversi sampah organik menjadi kompos sebesar 65% menghasilkan produksi kompos sebesar 548 kg/hari.
2. Melalui pemeriksaan kimia karakteristik kompos UPS Cilangkap, diketahui bahwa kompos UPS Cilangkap memenuhi SNI 19-7030-2004 dengan nilai kadar air 26,2; pH 6,82; fosfor 2,32; C organik 17,78; nitrogen 1,58; bahan organik 30,58; rasio C/N adalah 11,22; namun nilai WHC kompos UPS tidak memenuhi dengan nilai 29. Sedangkan melalui pemeriksaan fisik diketahui bahwa kompos UPS Cilangkap memenuhi persyaratan kadar air dan *bulk density* pada *Department of Agriculture, Food & Rural Resources mengenai standard of compost product (1991)*, yaitu 50% dan 0,851 gr/cm³ dan dapat dikualifikasikan sebagai *topsoil grade compost* dan sesuai sebagai *topsoil class B* yang diperuntukkan sebagai *low contact areas* untuk tanah penutup.
3. Melalui pemeriksaan karakteristik fisik material campuran antara tanah kelanauan dan kompos didapatkan hasil *bulk density*, plastisitas, dan permeabilitas memenuhi persyaratan *Technical and Regulatory Guidance for Design, Installation and Monitoring of Alternative Final Landfill Covers (2003)*. Namun nilai porositas dari ketiga rasio campuran tidak memenuhi.

4. Material campuran yang optimum sebagai material alternatif tanah penutup di TPA Cipayung adalah campuran tanah kelanauan dan kompos dengan rasio 1:2. Hal ini didasarkan pada nilai porositas yang mendekati nilai 10% sehingga diasumsikan masih mengizinkan adanya aliran udara dan air yang cukup guna pertumbuhan tanaman.

6.2. Saran

Saran-saran yang dapat diberikan berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, antara lain:

1. Pencampuran yang merata dibutuhkan agar sampel homogen sebelum dilakukan pemeriksaan.
2. Perlu adanya perbaikan kualitas kompos di UPS Cilangkap agar kompos dapat digunakan sebagai *topsoil class A*.
3. Diperlukan perhatian lebih terhadap produksi kompos UPS guna menjaga kualitas dan kuantitas produksi.
4. Perlu adanya penelitian lebih lanjut dengan jenis material tanah lainnya sebagai bahan campuran dengan kompos.
5. Perlu adanya penelitian mengenai pemeriksaan *California Bearing Ratio Test* pada material campuran guna mengetahui daya dukung dari material tersebut.
6. Perlu adanya penelitian mengenai pemeriksaan *Triaxial Test* pada material campuran guna mengetahui sudut geser dan kohesi dari material tersebut.
7. Perlu adanya penelitian mengenai pemeriksaan *Consolidation Test* pada material campuran guna mengetahui penurunan yang diakibatkan oleh pembebanan pada material tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM D 422 - 63 (1990). Standard Test Method for Particle – Size Analysis of Soil
- ASTM D 2434 - 68 (1994). Standard Test Method for Permeability of Granular Soils (Constant Head)
- ASTM D 698 – 91. Standard Test Method for Laboratory Compaction Characteristic of Soil Using Standard Effort
- Barral M.T., Arias, M., J. Guerif. 1998. Soil Tillage Res. *Effect of Iron and Organic Matter on The Porosity and Structural Stability of Soil Aggregates*. 46, 261-272
- Craig, R.F. 1987, *Soil Mechanics*. Van Nostroad Reinhold Co.Ltd, UK
- Das, M. Braja. 1997. Soil Mechanics Laboratory Manual, Engineering Pers. USA
- EPA.Guidance Note on MSW Landfill Daily and Intermediate Cover, Consultation Draft. Pdf. <http://www.epa.ie/downloads/consultation/Landfill> 14 November 2011.
- Gupta, S.C., P.P., Defranchi, S.A. 1989. Adv. Agronomy. *Compaction Effects on Soil Structure*. 41, 331-338.
- Hardjowigeno, S. 2003. Ilmu Tanah, Penerbit Akademika Pressindo. Jakarta
- Hakansson, I., Lipiec, Jerzy. 2000. Soil Tillage Res. *A Review of the Usefulness of Relative Bulk Density Values in Studies of Soil Structure and Compaction*. 53, 71-85.

- Humer, M., Lechner, P. 2001. *Design of A Landfill Cover Layer to Enhance Methane Oxidation-Results of Two Year Field Investigation*. 1190, 29-31.
- Ismoyo, Imam H., Rijaluzzaman. 1994. *Kamus Istilah Lingkungan*, Bina Rena Pariwara. Jakarta.
- Keller, T., Hakansson, I., 2010. *Geoderma. Estimation of Reference Bulk Density from Soil Particle Size Distribution and Soil Organic Matter Content*. 154, 398-406.
- McBean, Edward A., Rovers, Frank., Farquhar, Grahame. 1995. *Solid Waste Landfill Engineering and Design*, Prentice-Hall, Inc, New Jersey.
- O'Leary, P., Walsh, P. 1993. *Solid Waste Landfill Correspondence Course*, University of Winconsin-Madison. Madison, WI.
- Peavy, S.Howard., Rowe ,R.Donald., Tchobanoglous, G. 1985, *Environmental Engineering*, McGraw-Hill, Inc, New York.
- SNI 19-7030-2004. Spesifikasi Kompos dar Sampah Organik Domestik
- SNI 03-1971-1990. Pengujian Kadar Air Agregat.
- Sukandarrumidi, 2006. *Metodologi Penelitian : Petunjuk Praktis Untuk Peneliti Pemula*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Tchobanoglous, G., Kreith, Frank. 2002. *Handbook of Solid Waste Management*, McGraw-Hill, Inc, New York.

Tchobanoglous, G., Theisen, H., Samuel, Vigil. 1993. *Integrated Solid Waste Management*, McGraw-Hill, Inc, New York.

The Interstate Technology & Regulatory Council. *Technical and Regulatory Guidance for Design, Installation, and Monitoring of Alternative Final Landfill Covers*. Pdf. <http://www.oecd.org/dataoecd/57/1/42262259>. 12 Desember 2011.

The Organisation for Economic Cooperation and Development. *Guidance Manual for The Control of Transboundary Movements of Recoverable Wastes*. Pdf. <http://www.oecd.org/dataoecd/57/1/42262259>. 12 Desember 2011.

UNEP. *Waste and Climate Change*. Pdf. <http://www.unep.or.jp/ietc>. 14 November 2011.

Wickramarachchi, Praneeth., Kawamoto Ken. 2011. *Waste Management. Effects of Dry Bulk Density and Particle Size Fraction on Gas Transport Parameters in Variably Saturated Landfill Cover Soil*. 31, 2464-2472.



LAMPIRAN 1

FOTO-FOTO PENGAMATAN



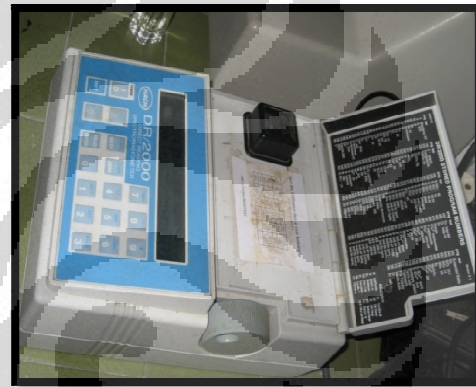
Gambar 1.
Pemeriksaan C Organik



Gambar 2.
Pemeriksaan Spektrofotometri



Gambar 3.
Alat Oven



Gambar 4.
Spektrofotometer



Gambar 5.
Alat Timbangan Analitik



Gambar 6.
Alat Sieve



Gambar 7.
Pengaturan Kadar Air



Gambar 8.
Pemeriksaan Hydrometer



Gambar 9.
Pemeriksaan Specific Gravity



Gambar 10.
Peralatan Compaction



Gambar 11.
Pemeriksaan Compaction



Gambar 12.
Pengecekan Layer Compaction



Lampiran 2

Penetapan Parameter Kimia

2.1 Preparasi untuk sampel untuk Fosfor dan Nitrogen

Penetapan kadar fosfor dan nitrogen sesuai dengan Hach DR/2000 *Spectrophotometer Handbook* (1985).

Prinsip Kerja

Sampel yang telah diayak dengan ukuran tertentu dihilangkan kadar airnya dan dilarutkan dengan HCl untuk mempermudah kelarutan.

Bahan dan Alat

- Bahan
 - Sampel yang akan diperiksa.
 - Natrium Karbonat (Na_2CO_3).
 - Asam Klorida (HCl) 0,1 N.

- Alat
 - Oven.
 - Ayakan ukuran 100 mesh.
 - Cawan porselin.
 - *Furnace*.
 - Kertas saring.
 - *Vacuum pump*.
 - Labu ukur 100 mL.
 - *Beaker glass* 250 mL.

Cara kerja

- Sampel dipanaskan di dalam oven dengan suhu 105°C , untuk menghilangkan kadar air.
- Kemudian dihaluskan dan diayak dengan ukuran ayakan 100 mesh.

- Sampel ditimbang 1,0-1,5 gram dengan cawan porselin.
- Agar sampel awet ditambahkan dengan Na_2CO_3 0,25 gram.
- Di *furnace* dengan suhu 800°C selama 1 jam.
- Ditimbang 1 gram sampel.
- Dimasukkan ke dalam Labu ukur 100 mL.
- Ditambahkan 100 mL HCl 0.1 N, diaduk hingga merata selama 30 menit.
- Disaring dengan kertas saring.
- Larutan hasil saringan siap untuk diperiksa kadarnya.



2.2 Penetapan kadar Fosfor(P_2O_5) dengan spektrofotometer

Prinsip kerja

Sampel yang telah dipreparasi direaksikan dengan *Molybdate reagent* dalam suasana asam dengan asam amino yang kemudian diperiksa dengan metode spektrofotometri dengan panjang gelombang 530 nm.

Bahan dan Alat

- Bahan
 - Sampel yang sudah dipreparasi.
 - *Molybdate reagent*.
 - *Amino acid reagent*.
- Alat
 - Gelas ukur 100 mL.
 - Pipet volumetri 1 mL.
 - Kuvet spektrofotometer.
 - Spektrofotometer DR 2000.
 - *Beaker glass* 600 mL.

Cara Kerja

- Masukkan nomor metode yaitu 487 untuk P di spektrofotometer, tekan READ/ENTER.
- Atur *wavelength* hingga 530 nm di display.
- Tekan READ/ENTER.
- Masukkan 25 mL sampel yang telah dipreparasi ke dalam gelas ukur.
- Tambahkan 1 mL *Molybdate reagent*.
- Tambahkan 1 mL *amino acid reagent*, lalu diaduk.
- Tekan SHIFT, TIMER.

- Masukkan 25 mL blanko ke dalam kuvet.
- Masukkan ke dalam spektrofotometer.
- Tekan ZERO , hingga muncul 0.00 mg/L P.
- Masukkan sampel yang telah diberi reagent ke dalam kuvet.
- Masukkan kuvet ke dalam spektrofotometer.
- Tekan READ/ENTER.
- Dicatat hasil yang tertera di display.
- Kadar fosfor adalah hasil pembacaan fosfor spektrofotometer dikalikan dengan 2,7 (Suriadikartaet.al., 2004).

Perhitungan Konversi Mg/L Menjadi Persen (%)

Data hasil pembacaan alat spektrofotometer adalah dalam ppm atau mg/l. Untuk mengubah mg/l menjadi persen (%) digunakan persamaan berikut:

$$\text{Persen (\%)} = \frac{\text{mg/l} \times \text{volume (liter)} \times 100\%}{\text{berat (mg)}} \quad (1.1)$$

2.3 Penetapan Kadar Nitrogen (N) dengan Spektrofotometer

Prinsip kerja

Sampel yang telah dipreparasi ditambahkan mineral *stabilizer* untuk menghilangkan kandungan kesadahan yang terdapat dalam sampel dan penambahan *Nessler reagent* untuk ,menghilangkan kandungan besi dan sulfida yang akan menyebabkan kekeruhan. Sampel diukur dengan metode spektrofotometri pada panjang gelombang 425 nm.

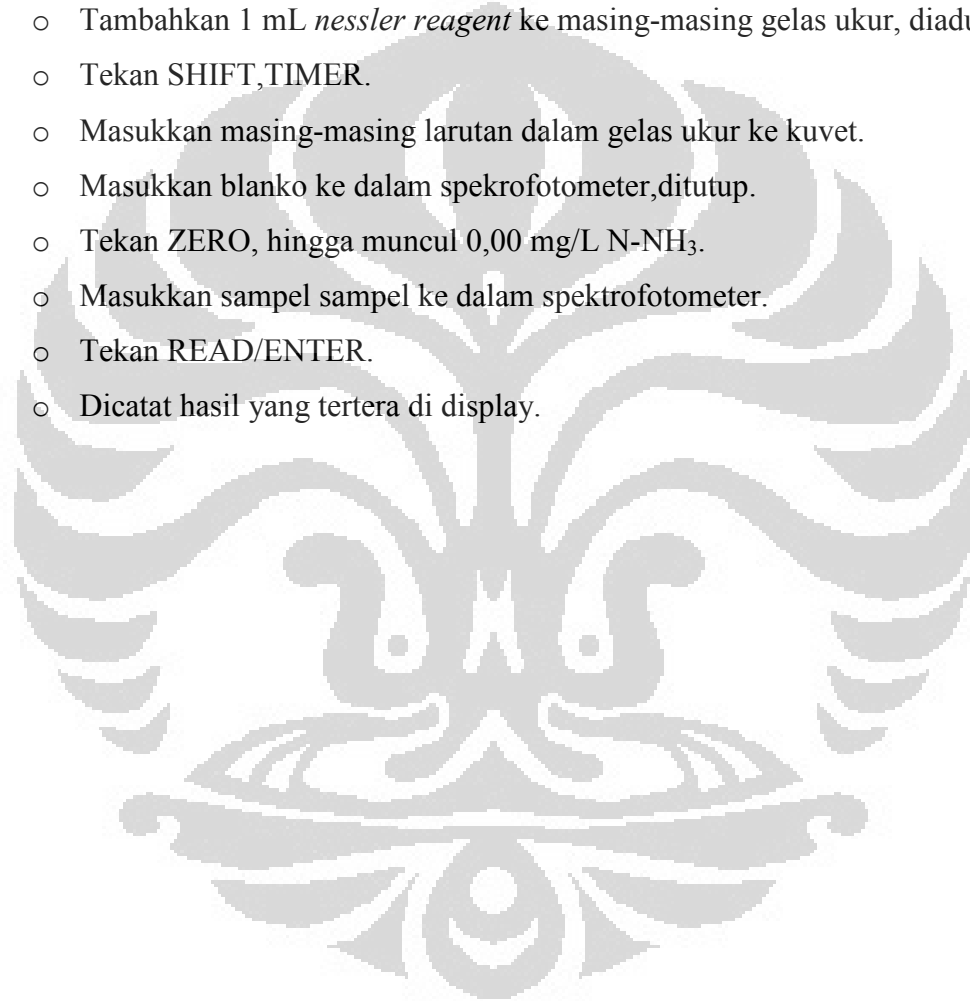
Bahan dan Alat

- Bahan
 - *Demineralized water.*
 - Sampel yang telah dipreparasi.
 - *Mineral stabilizer.*
 - *Polyvinil alcohol.*
 - *Nessler reagent.*
- Alat
 - Gelas ukur 100 mL.
 - Pipet volumetri 1 mL.
 - Kuvet spektrofotometer.
 - Spektrofotometer DR 2000.
 - *Beaker glass* 600 mL.

Cara kerja

- Masukkan nomor metode yaitu 380 di spektrofotometer, tekan READ/ENTER.

- Atur *wavelength* hingga 425 nm di display.
- Tekan READ/ENTER.
- Masukkan 25 mL sampel yang telah dipreparasi ke dalam gelas ukur.
- Masukkan 25 mL *demineralized water* ke dalam gelas ukur lainnya (blanko).
- Tambahkan 3 tetes mineral *stabilizer* ke masing-masing gelas ukur, diaduk.
- Tambahkan 3 tetes *poliyvinil alcohol dispersing agent*, diaduk.
- Tambahkan 1 mL *nessler reagent* ke masing-masing gelas ukur, diaduk.
- Tekan SHIFT, TIMER.
- Masukkan masing-masing larutan dalam gelas ukur ke kuvet.
- Masukkan blanko ke dalam spektrofotometer, ditutup.
- Tekan ZERO, hingga muncul 0,00 mg/L N-NH₃.
- Masukkan sampel ke dalam spektrofotometer.
- Tekan READ/ENTER.
- Dicatat hasil yang tertera di display.



2.4 Penentuan pH kompos

Prinsip kerja

Penetapan pH kompos dengan pelarut air, pH yang dihasilkan dari ion H^+ dalam kompos.

Bahan dan Alat

- Bahan
 - Sampel yang telah diayak.
 - Air suling.
- Alat
 - Indikator pH universal.
 - Tabung reaksi.
 - Labu semprot.

Cara Kerja

- Disiapkan alat dan bahan yang diperlukan.
- Contoh dimasukkan ke dalam tabung reaksi.
- Ditambah air suling, dimana perbandingan contoh dengan air 1:10.
- Dikocok kuat. Diperiksa pH dengan indikator universal.

2.5 Penetapan Kadar Karbon (C)

Penetapan kadar karbon (C) berdasarkan Cara Uji Karbon Organik Total SNI 06-6989.28-2005

Prinsip kerja

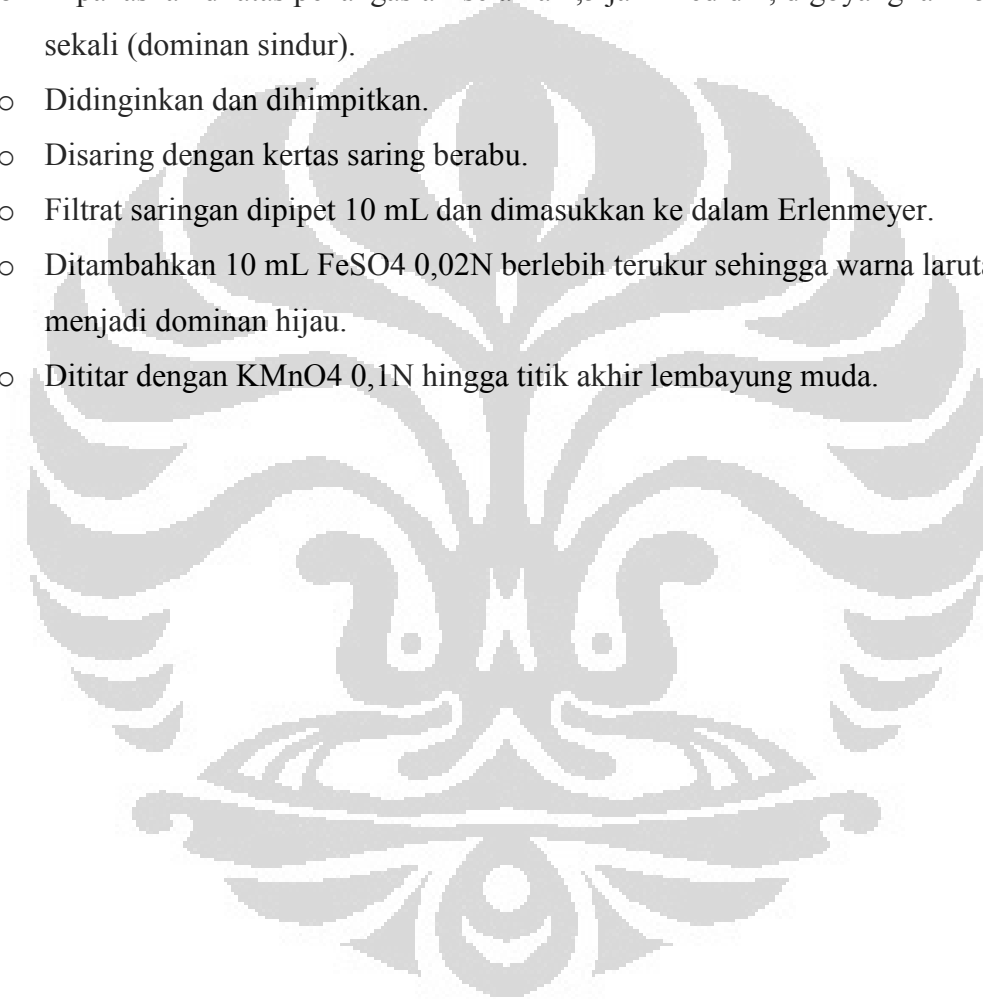
Contoh didekomposisi oleh $\text{H}_2\text{SO}_{4(p)}$ menjadi C bebas. Kemudian dalam suasana asam pekat C akan mereduksikan $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ menjadi Cr^{3+} . Kelebihan $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ direduksikan dengan FeSO_4 , sehingga kelebihan FeSO_4 dapat dititrasi dengan KMnO_4 dan didapatkan warna titik akhir lembayung.

Bahan dan Alat

- Bahan
 - Sampel yang telah diayak ukuran 100 mesh.
 - $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 2N.
 - $\text{H}_2\text{SO}_{4(p)}$.
 - FeSO_4 0,02N.
 - Air suling.
 - KMnO_4 0,1N.
- Alat
 - Labu ukur 100 mL.
 - Buret 25 mL.
 - Pipet ukur 10 mL.
 - Pipet ukur 25 mL.
 - Neraca Analitik.
 - Penangas air.
 - Labu semprot.
 - Kertas saring berabu.
 - *Erlenmeyer* 250 mL

Cara kerja

- Disiapkan peralatan yang digunakan.
- Ditimbang ± 1 gram contoh dan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL.
- Ditambahkan 10 mL $K_2Cr_2O_7$ 2N berlebih terukur.
- Ditambahkan 15 mL $H_2SO_4(p)$.
- Dipanaskan di atas penangas air selama 1,5 jam medidih, digoyangkan 15 menit sekali (dominan sindur).
- Didinginkan dan dihimpitkan.
- Disaring dengan kertas saring berabu.
- Filtrat saringan dipipet 10 mL dan dimasukkan ke dalam Erlenmeyer.
- Ditambahkan 10 mL $FeSO_4$ 0,02N berlebih terukur sehingga warna larutan menjadi dominan hijau.
- Dititar dengan $KMnO_4$ 0,1N hingga titik akhir lembayung muda.



2.6. KADAR AIR

Bahan

Sample kompos ± 10 gram untuk satu cawan (pengukuran dilakukan untuk kompos variasi A, B dan C)

Alat

- Oven
- Cawan
- Timbangan analitik
- Desikator

Cara Kerja

- Memanaskan cawan yang akan digunakan selama 3 jam
- Memasukkan ke dalam desikator selama 30 menit
- Menimbang cawan kosong
- Menimbang cawan yang telah diambahkan kompos ± 10 gram
- Memasukan cawan ke dalam oven dengan suhu $1100C$ selama 3 jam
- Memasukkan ke desikator selama 30 menit
- Menimbang kembali cawan berisi sample
- Mencatat hasil pengukuran

\

2.7. Pengukuran *Water Holding Capacity* (WHC)

Bahan

Sample 200 gram

Alat

- Saringan ½ in, 3/8 in
- Baskom penampung air
- kertas saring seukuran dengan permukaan bawah saringan
- Gelas ukur
- Air suling

Cara kerja

- Menimbang sample dan menyiapkan air suling 200ml
- Menuang sample ke dalam saringan yang telah dilapisi kertas saring sampai rata dan meletakkan di atas baskom penampungan
- Menumpahkan air 200 ml ke permukaannya secara merata
- Membiarkan 24 jam
- Mengukur volume air yang berada di dalam baskom penampungan

2.8. Pemeriksaan Butiran

Bahan

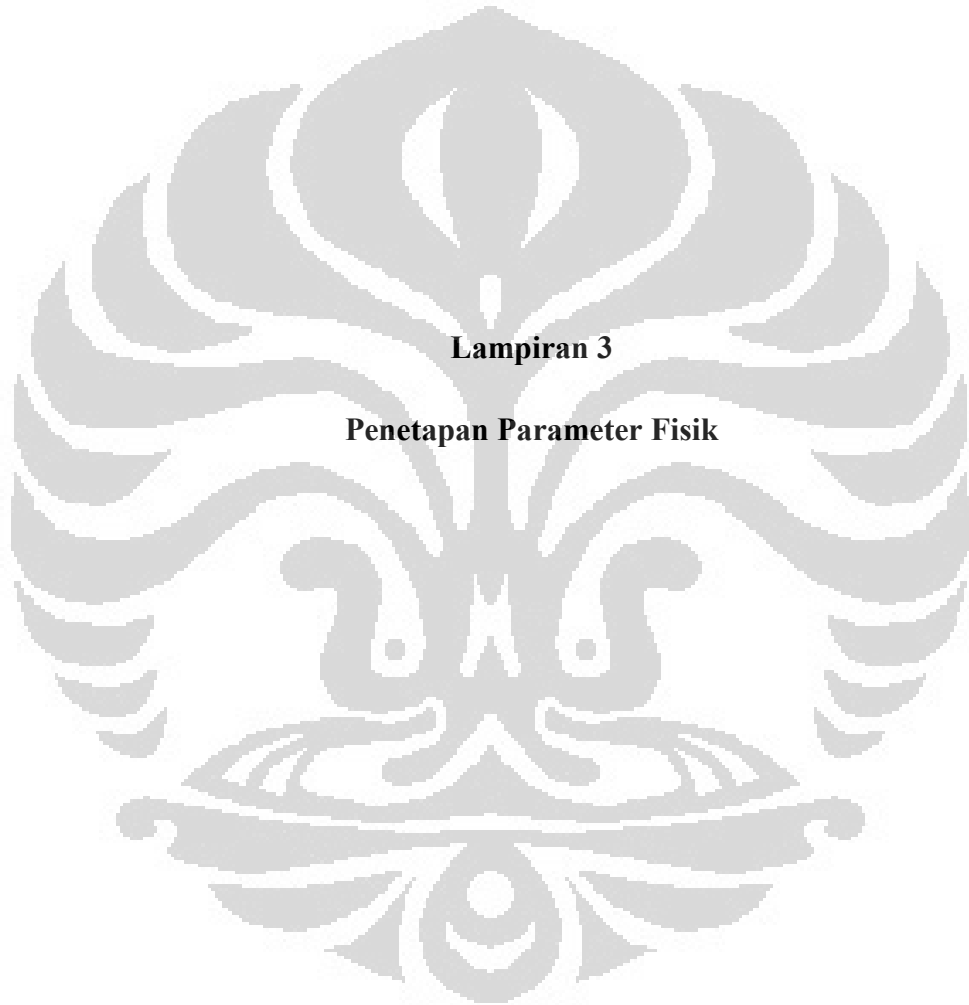
Sample Kompos \pm 500 gram

Alat

- Timbangan dan neraca ketelitian 0,2% dari berat benda uji.
- Saringan : 25,4 mm [1"] (standar ASTM).
- Satu set saringan : No. 4; No. 8; No. 16; No. 30; No.50; No.100 ; No.200 (standar ASTM).
- Oven, yang dilengkapi dengan pengukur suhu untuk memanasi sampai [110 ± 5]°C.
- Mesin penggetar saringan.
- Talam-talam.
- Kuas, sikat kuningan, sendok dan alat lainnya.

Cara Kerja

- Agregat halus disiapkan dalam talam dengan berat >500 gr.
- Agregat halus dikeringkan dalam oven dengan suhu [110 ± 5]oC, sampai berat tetap.
- Menimbang berat agregat halus sekitar 500 gr pada neraca ketelitian 0,2%.
- Menyaring agregat kasar lewat susunan saringan dengan ukuran paling besar di tempatkan paling atas (no.4, no.8, no.16, no.30, no.50, no.100,no.200, dan PAN)
- Saringan digetarkan dengan mesin penggetar selama 15 menit.
- Menimbang dan mencatat berat yang tertahan pada setiap saringan.



Lampiran 3

Penetapan Parameter Fisik

3.1. Atterberg Limit

3.1.1. Liquid Limit

Bahan

Sampel tanah lolos saringan No. 40 ASTM

Alat

- *Alat Cassagrande*
- *Standard Grooving Tool*
- *Can*
- Spatula
- Mangkuk porselin
- Air suling
- Oven
- Timbangan dengan ketelitian 0.01 gram
- Botol penyemprot

Cara Kerja

- Memasukkan contoh tanah ke dalam mangkuk porselin dan kemudian mencampurnya dengan air suling dan diaduk dengan spatula hingga homogen
- Memasukkan contoh tanah ke dalam mangkuk *cassagrande* selapis demi selapis dan diusahakan tidak ada udara di antara setiap lapisan dengan spatula – tebal tanah yang dimasukkan kurang lebih hingga setebal 0.5 inch pada bagian tengahnya
- Membuat celah di tengah-tengah tanah dalam mangkuk *cassagrande* dengan menggunakan *grooving tool* dalam arah tegak lurus mangkuk, dilakukan dengan hati-hati agar tidak terjadi retak pada bagian bawahnya.

- Menjalankan alat *cassagrande* dengan kecepatan konstan 2 putaran per-detik dan tinggi jatuh 1 cm, dilakukan hingga tanah tepat merapat sepanjang 0.5 inch – pada saat itu alat *cassagrande* dihentikan dan jumlah ketukan dicatat
- Menimbang *can* terlebih dahulu, lalu mengambil sebagian tanah dalam mangkuk *cassagrande* dan memasukkannya ke dalam *can* dan ditimbang berat *can* + tanah, terakhir *can* + tanah dimasukkan ke dalam oven.
- Mengulangi seluruh langkah di atas untuk lima sampel dan dengan nilai ketukan antara 10 hingga 50 ketukan, hal ini dibantu dengan cara menambahkan air suling atau menambahkan tanah
- Setelah kurang lebih 18 jam dalam oven, contoh tanah dikeluarkan dan ditimbang kembali
- Menghitung kadar airnya

3.1.2. Plastic Limit

Bahan

Contoh tanah lolos saringan No. 40 ASTM

Alat

- Pelat kaca
- *Container*
- Spatula
- Mangkuk porselin
- Air suling
- Oven
- Timbangan dengan ketelitian 0.01 gram

Cara Kerja

- Memasukkan contoh tanah ke dalam mangkuk porselin dan kemudian mencampurnya dengan air suling dan diaduk dengan spatula hingga homogen
- Mengambil contoh tanah tersebut sedikit lalu menggulungnya di atas pelat kaca sampai berdiameter $\frac{1}{8}$ inch. Bila kadar air berlebih, pada waktu contoh tanah mencapai diameter $\frac{1}{8}$ inch tidak terjadi retak-retak, maka percobaan ini harus diulang kembali dengan menambahkan contoh tanah. Sedangkan bila kadar air kurang, contoh tanah akan retak – retak sebelum mencapai diameter $\frac{1}{8}$ inch. Percobaan ini harus diulang kembali dengan menambahkan air sehingga contoh tanah tepat retak-retak pada waktu mencapai diameter $\frac{1}{8}$ inch.
- Contoh tanah yang mulai retak-retak halus pada diameter $\frac{1}{8}$ inch dimasukkan ke dalam dua *container* yang sudah ditimbang beratnya. Berat *container* + tanah minimum adalah 15 gram.
- *Container* harus secepatnya ditutup agar kadar air tidak berkurang karena penguapan. *Container* yang telah berisi tanah tersebut kemudian ditimbang.
- Memasukkan *container* dalam keadaan terbuka ke dalam oven berisi tanah yang telah ditimbang selama kurang lebih 18 jam.
- Setelah kurang lebih 18 jam dalam oven, *container* berisi tanah dikeluarkan untuk ditimbang guna mencari kadar airnya. Pada saat menghitung kadar air ini jangan lupa untuk menambahkan berat penutup *container* agar berat total *container* seperti pada saat menimbang berat tanah basah sebelumnya.

3.1.3. Shrinkage Limit

Bahan

Contoh tanah lolos saringan no. 40 ASTM, kering oven

Alat

- Raksa
- Timbangan dengan ketelitian 0.01 gram

Cara Kerja

- Memasukkan butiran tanah ke dalam mangkuk porselin dan diberi air suling secukupnya kemudian diaduk dengan spatula hingga homogen
 - Sampel tanah yang sudah homogen tersebut diperlakukan seperti pada langkah-langkah percobaan *liquid limit*, diusahakan tanah telah merapat sepanjang 0.5 inch pada kisaran 20-25 ketukan
 - Mengambil sampel tanah dari alat *cassagrande* tersebut ke dalam *coated dish* yang sudah diolesi *vaseline*. Jangan lupa untuk mengetukngetuk *coated dish* agar sampel tanah mengisi penuh seluruh bagian *coated dish* dan permukaannya rata.
 - Menimbang sampel tanah dan *coated dish* tersebut
 - Lakukan untuk dua kali percobaan
 - Mendinginkan *coated dish* dan sampel tanah di udara terbuka kurang lebih selama 18 jam agar tidak mengalami retak-retak akibat pemanasan secara tiba-tiba
 - Setelah 18 jam, baru sampel tanah dimasukkan ke dalam oven
 - Setelah sekitar 18–24 jam di oven, *coated dish* dan tanah kering dikeluarkan dari oven. Menimbanginya lagi, dan kemudian menghitung volume tanah basah dan volume tanah kering.
- * Menghitung volume tanah basah :
- Menimbang *coated dish* (w_1)
 - Memasukkan raksa ke dalam *coated dish* sampai penuh, lalu permukaan raksa diratakan dengan pelat kaca agar sejajar dengan pinggiran *coated dish*
 - Kemudian *coated dish* beserta isinya ditimbang (w_2)
 - Volume tanah basah adalah:

$$V_w = \frac{w_{Hg}}{\rho_{Hg}} = \frac{w_2 - w_1}{\rho_{Hg}}$$

** Menghitung volume tanah kering :

- Memasukkan raksa ke dalam *shrinkage dish* sampai penuh dan meratakannya dengan pelat kaca. Menimbang *shrinkage dish* beserta isinya dan diperoleh berat air raksa dalam *shrinkage dish* (w_{Hg+S})
- Mencelupkan contoh tanah kering ke dalam *shrinkage dish* yang berisi raksa dengan menekannya secara hati-hati dengan pelat kaca berkaki tiga sehingga permukaan sampel tanah benar-benar berada tepat di permukaan air raksa – sebagian raksa akan tumpah keluar. Proses ini disebut *sub-merging soil cake*
- Mengeluarkan sampel tanah dan menimbang kembali *shrinkage dish* + raksa yang tersisa (w_{Hg})
- Volume tanah kering adalah:

$$V_w = \frac{w_{Hg+S} - w_{Hg}}{\rho_{Hg}}$$

3.2. Specific Gravity

Bahan

Sampel tanah lolos saringan No. 40 sebanyak 500 gram, kering oven

Alat

- *Pycnometer* dengan volume 500 ml
- Timbangan dengan ketelitian 0.01 gram
- Oven
- Kompor listrik
- Termometer

Cara Kerja

- *Pycnometer* diisi dengan air suling sebanyak 500 ml dan ditimbang beratnya (*wbw*)
- Mencatat suhu air dalam *pycnometer*
- Air dalam *pycnometer* dikembalikan ke dalam wadah awalnya, kemudian *pycnometer* dibersihkan dan dikeringkan kembali
- Sampel tanah masing-masing sebanyak 100 gram dimasukkan ke dalam empat *pycnometer* secara hati-hati (diusahakan tidak ada butiran tanah yang menempel pada dinding leher *pycnometer* karena akan mengurangi volume tanah)
- *Pycnometer* diisi kembali dengan air suling hingga $\pm \frac{3}{4}$ bagian volumenya
- Udara yang terperangkap dalam tanah pada *pycnometer* dihilangkan dengan cara dididihkan ± 15 menit (gunakan kompor listrik)
- *Pycnometer* disimpan selama ± 15 jam agar suhu air akhir diharapkan sama dengan suhu air awal, kemudian *pycnometer* berisi air dan tanah tersebut ditimbang kembali (*wbws*)

3.3. Hydrometer

Bahan

Sampel tanah lolos saringan No. 4 ASTM, masing – masing 50 gram (untuk 3 sampel)

Alat

- *Hydrometer* (tipe 152 H)
- *Hydrometer jar* (1080 ml)
- Gelas ukur
- Larutan pendispersi 4% (*water glass*)
- *Stopwatch*
- Pengaduk mekanis (*mixer*)
- Oven
- Termometer Celcius
- Gelas belimbing
- Saringan No. 200 ASTM
- Timbangan (ketelitian 0.01 gram)

Cara Kerja

- Memeriksa koreksi miniskus dan koreksi nol pada alat *hydrometer tipe 152 H* dengan jalan memasukkannya ke dalam tabung kontrol dan pembacaan dicatat
- Memasukkan campuran tanah dan larutan dispersi yang telah direndam selama ± 18 jam ke dalam *mixer cup* dan kemudian menambahkan sejumlah air suling dengan pipet sehingga mencapai kurang lebih $\frac{2}{3}$ dari *mixer cup*. Kemudian melaksanakan pengadukan selama kurang lebih 10 menit.
- Memindahkan campuran dari *mixer cup* ke dalam *hydrometer jar* lalu menambahkan air suling hingga mencapai 1000 ml
- Menutup tabung dengan karet penutup dan mengocoknya secara horizontal selama kurang lebih satu menit, sampai homogen

- Segera setelah tabung diletakkan, masukkan *hydrometer* tipe 152 H (lakukan dengan hati-hati seperti gambar 3.2). Baca *hydrometer* (R1) tepat pada menit pertama, lalu pada menit kedua kembali membaca *hydrometer* (R2) kemudian angkat kembali *hydrometer*
- Pada menit yang ke-2.5, masukkan *hydrometer* kembali dan baca kembali hingga menit keempat (R4)
- Kembali melakukan pembacaan hidrometer untuk menit ke-8, 15, 30, 60, 120, 240, 960 dan 1440.
- Pada tiap pembacaan *hydrometer*, suhu pada tabung control selalu dibaca
- Ulangi langkah 1 sampai 8 untuk beberapa sampel, sebaiknya rentang antara setiap pembacaan menit ke-1 untuk seluruh sampel adalah 10 menit (misal: R1 sampel no. 1 adalah pada pukul 10.00, maka R1 sampel no. 2 adalah pada pukul 10.10, dan seterusnya)
- Setelah seluruh sampel sudah dilakukan pencatatan, tuang larutan setiap sampel ke saringan No. 200 ASTM(jangan dicampur). Butiran tanah yang tertahan pada saringan ini selanjutnya akan dipakai pada percobaan *Sieve Analysis*.

3.4. Sieve Analysis

Bahan

Tanah hasil percobaan *hydrometer* yang tertahan saringan No. 200 ASTM

Alat

- Timbangan dengan ketelitian 0.01 gram
- Saringan standar ASTM No. 10, 18, 40, 60, 100, 200, serta Pan
- Piringan kaleng
- *Can*
- *Motorized Dynamic Sieve Shaker*
- Sikat gigi
- Oven

Cara Kerja

- Mengeluarkan tanah dari oven kemudian menimbanginya
- Menyusun saringan menurut urutan nomor yaitu : 4, 10, 18, 40, 100, 200 (dari yang terbesar di atas hingga yang terkecil), dan terbawah adalah *pan*.
- Tanah yang telah ditimbang dimasukkan ke atas saringan No. 4 ASTM
- Meletakkan susunan saringan pada mesin pengguncang listrik (*Motorized Dynamic Sieve Shaker*) dan menutupnya, dinyalakan selama 15 menit
- Mengumpulkan sampel tanah yang tertahan pada masing-masing saringan dan selanjutnya menimbang dan mencatatnya
- Membersihkan saringan dari butiran-butiran tanah yang tertinggal pada setiap saringan dengan bantuan sikat gigi

3.5. Compaction

Bahan

Sampel tanah lolos saringan No. 4 ASTM sebanyak 4 kantong @ 2kg

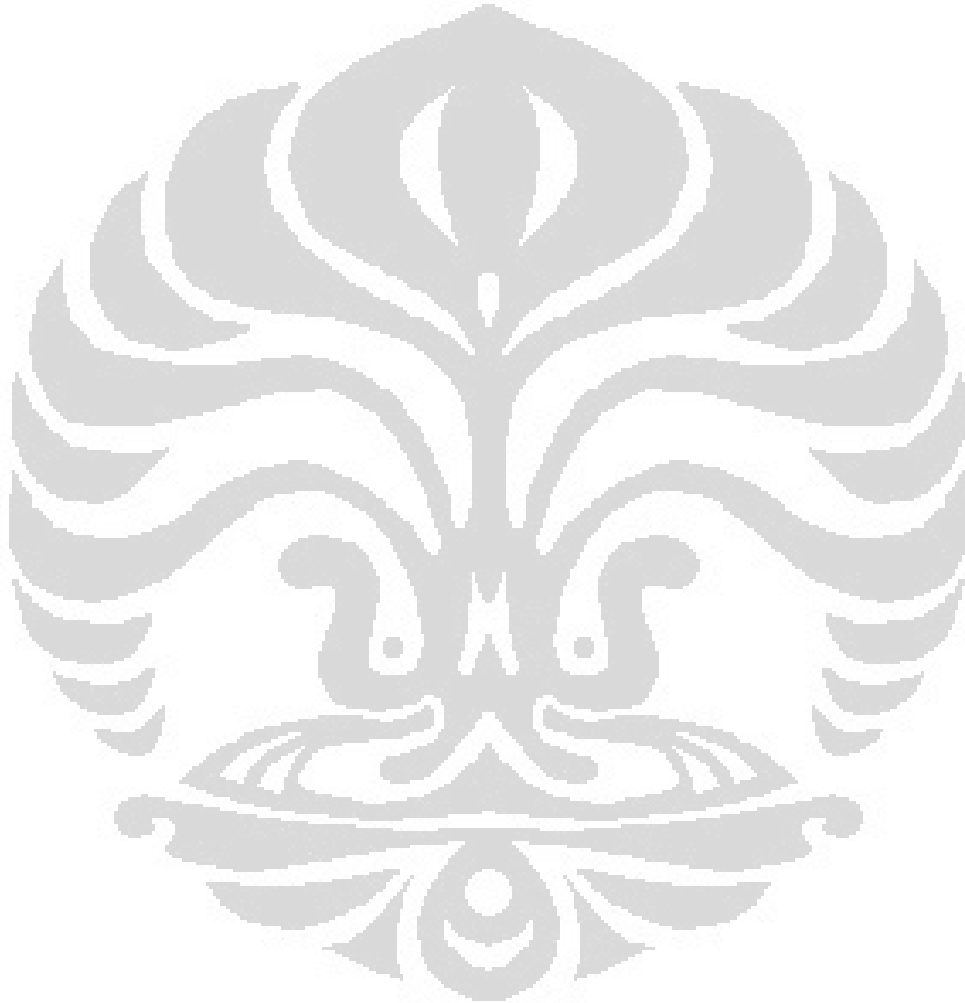
Alat

- *Mould*, lengkap dengan *collar* dan *base plate*
- Hammer seberat 10 lbs, dengan tinggi jatuh 18 inch
- *Hydraulic extruder*
- Pelat baja pemotong
- Gelas ukur
- Wadah untuk mencampur tanah dengan air
- Pelat besi/penggaris untuk mengukur tinggi tanah
- Timbangan
- Oven
- Jangka sorong

Cara Kerja

- *Mould*, *collar*, dan *base plate* disiapkan
- *Mould* ditimbang dan diukur dimensinya untuk mengetahui volume tanah hasil pemadatan
- Tanah dimasukkan ke dalam *mold*, perkirakan jumlahnya sedemikian rupa sehingga setelah dipadatkan tingginya mencapai 1/3 tinggi *mold* (karena total lapisan pemadatan sebanyak 3 lapis)
- Setiap lapisan ditumbuk 56 kali merata dengan hammer seberat 5.5 lb dan tinggi jatuh 12 inch (Standard AASHTO)
- Setelah pemadatan lapis ketiga selesai, *collar* dibuka – kelebihan tanah pada *mould* diratakan dengan pelat pemotong
- Tanah beserta *mould* ditimbang

- Contoh tanah dikeluarkan dari *mould* dengan bantuan *extruder*
- Ambil bagian atas, tengah, bawah dari contoh tanah tersebut untuk diperiksa kadar airnya – dengan demikian akan diperoleh kadar air rata-rata dari contoh tanah setelah dipadatkan



3.6. Permeabilitas

Bahan

Tanah lolos saringan No. 4 ASTM

Alat

- *Mould permeability*
- Gelas ukur
- Penggaris
- Jangka sorong
- *Stopwatch*
- Timbangan dengan ketelitian 0.1 gram
- Pasir
- *Alat Constant Head Test*

Cara Kerja

- Percobaan yang dilakukan adalah *Constant Head Test*, pertama-tama air dialirkan melalui selang, naik ke *reservoir* di atas kemudian masuk ke *mould permeability* hingga seluruh tanah di dalam *mould* jenuh sempurna
- Udara yang berada pada alat *permeability* dikeluarkan hingga benar-benar tidak ada lagi udara yang tersisa di dalam dengan cara membuka sedikit *bolt* untuk mengeluarkan gelembung udara
- Air yang berada di *reservoir* dibuat tetap tingginya, dijaga agar tidak terjadi gelombang
- Tinggi muka air dan *reservoir* ke *mould* diukur (h)
- Air yang keluar dari *mould* diperhatikan, hingga tidak terjadi perubahan (konstan)
- Kemudian air limpahan tersebut ditampung ke dalam gelas ukur
- Volume yang tertampung selama waktu yang ditentukan tersebut kemudian diukur (V)
- Percobaan diulang untuk sampel 2 dan 3, kemudian dilakukan perhitungan nilai permeabilitas rata-rata dari ketiga sampel tersebut



Lampiran 4
SNI 19-7030-2004
Spesifikasi Kompos dar Sampah Organik Domestik

No	Parameter	Satuan	Minimum	Maksimum
1	Kadar Air	%		50
2	Temperatur			suhu air tanah
3	Wama			kehitaman
4	Bau			berbau tanah
5	Ukuran partikel	Mm	0,55	25
6	Kemampuan ikat air	%	58	
7	pH		6.8	7,49
8	Bahan asing	%	*	1.5
	Unsur makro			
9	Bahan organik	%	27	58
10	Nitrogen	%	0,40	
11	Karbon	%	9,80	32
12	Fosfor (P ₂ O ₅)	%	0,10	
13	C:Nrasio		10	20
14	Kalium (K ₂ O)	%	0,20	*
	Unsur mikro			
15	Arsen	mg/kg	*	13
16	Cadmium (Cd)	mg/kg	*	3
17	Cobal (Co)	mg/kg	*	34
18	Chromium (Cr)	mg/kg	*	210
19	Tembaga (Cu)	mg/kg	*	100
20	Mercuri (Hg)	mg/kg		0:08
21	Nikel (Ni)	mg/kg	*	62
22	Timbal (Pb)	mg/kg	*	150
23	Selenium (Se)	mg/kg	*	2
24	Seng (Zn)	mg/kg	*	500
	Unsur lain			
25	Calcium	%	*	25,50
26	Magnesium (Mg)	%	*	0,60
27	Besi (Fe)	%	*	2,00
28	Aluminium (Al)	%		2,20
29	Mangan (Mn)	%		0,1 0
	Bakteri			
30	Fecal Coli	MPN/gr		1000
31	Salmonella sp.	MPN/4 gr		3

Keterangan : * Nilainya lebih besar dari minimum atau lebih kecil dari maksimum



DEFINITIONS

Compost - Organic materials which have undergone biological decomposition, and have been disinfected using composting or similar technologies, and have been stabilized to a degree which is potentially beneficial to plant growth.

Compost Grades - Classifications of compost materials based on nutrient content.

Some suggested grades are:

Nutrient grade compost - A compost applied to soil as a nutrient source. Nutrient levels are measurable and meet state's minimum levels to qualify for fertilizer status(see Appendix). Conductivity is greater than 4 mmhos/cm. It may contain appreciable lime equivalent.

Topsoil grade compost - Compost or compost soil mixture with organic content 4 - 40%, conductivity less than 2 mmhos/cm Used as a soil replacement. Density is normally 1000-1600 lbs. per cubic yard.

Horticultural grade - A compost with organic matter greater than 25%. Conductivity is less than 1 mmhos/CM or mixed with other materials to achieve this level. Density is normally less than 1000 lbs. per cubic yard.

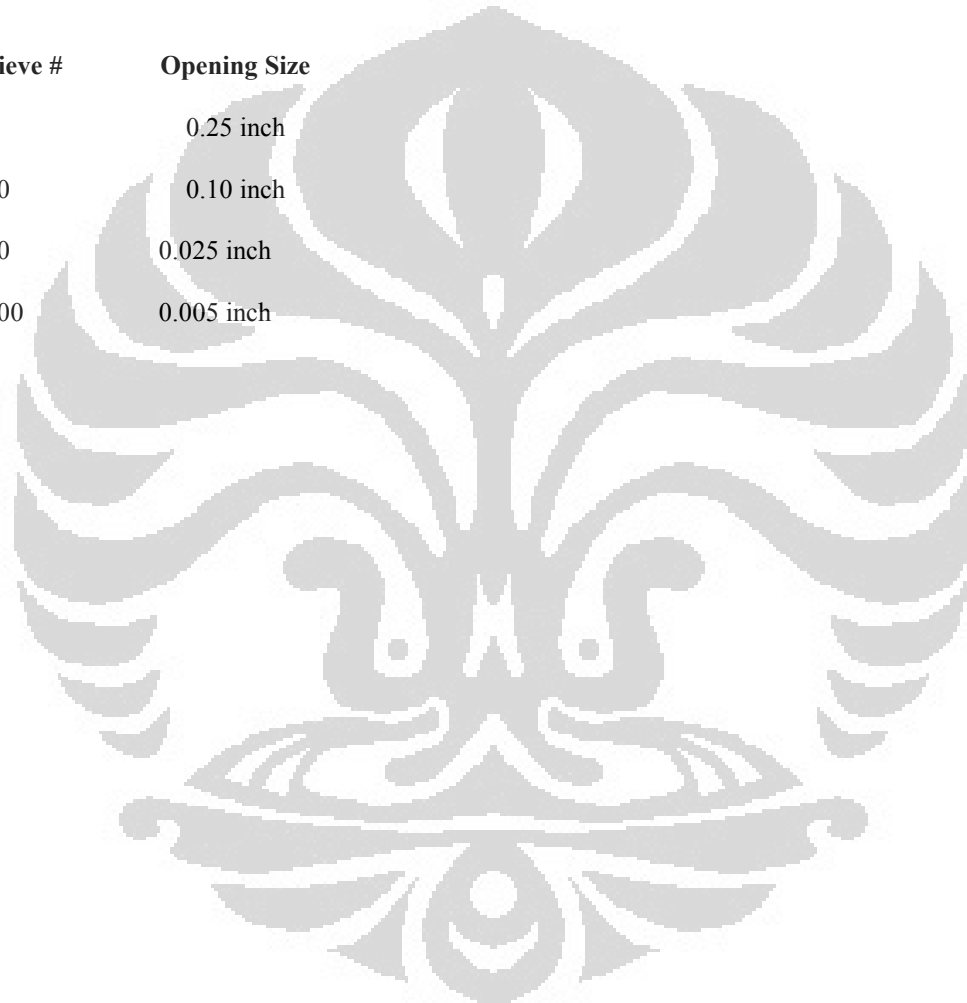
TABLE 3. SUMMARY OF COMPOST ATTRIBUTES FOR DIFFERENT PURPOSES

ATTRIBUTE	TOPSOIL		TOPSOIL		TOPSOIL		WETLAND		MULCH		MULCH	
	CLASS A	CLASS B	CLASS A	CLASS B	CLASS C	CLASS C	SUBSTRATE	SUBSTRATE	CLASS A	CLASS B	CLASS A	CLASS B
Purpose	High	Low	High	Low	Landfill	Landfill	Wetland	Wetland	Stabilize	Stabilize	General	General
	contact	contact	contact	contact	daily	daily	restoration	restoration	slopes	slopes	Mulching	Mulching
	areas	areas	areas	areas	cover	cover					needs	needs
Stability	Mature	Mature or	Mature or	Mature or	Mature,	Mature,	Mature or	Mature or	Mature	Mature	Mature	Mature
Odor	A	B	B	B	B	B	B	B	A,B	A,B	A,B	A,B
Pathogens	C,D	C,D	C,D	C,D	E	E	C	C	C,D	C,D	C,D	C,D
Heavy metals	F	F	F	F	G	G	F	F	F	F	F	F
PCB's, dioxin												
pH	6.1-7.8 H	6.1-7.8 H	6.1-7.8 H	6.1-7.8 H	5.5-8.5 H	5.5-8.5 H	3.6-4.4 H	3.6-4.4 H	6.1-7.8 H	6.1-7.8 H	6.1-7.8 H	6.1-7.8 H
Texture*	Sieve	%Pass	Sieve	%Pass	Sieve	%Pass	Sieve	%Pass	Sieve	%Pass	Sieve	%Pass
	3/8"	100	1.0"	100	12"	100	3"	85-90	6"	100	6"	100
			0.5"	90	1"	80	#4	75-100	1"	0-50	#4	0-25
							#10	60-100	#4	0-25		
							#40	30-80				
							#200	0-30				
Soluble Salt	2	2	2	2	10	10	1	1	1	1	1	1
content (mmhos/cm)												
Moisture(%)	40-60	40-60	40-60	40-60	65	65	40-60	40-60	35-65	35-65	35-65	35-65
Foreign	2	4	4	4	50	50	2	2	2	2	2	2
matter (%)												

Organic	Y3 I	Y3 I	J	Y40 K	J,L	J,L
matter(%)						

* Note: Sieve numbers correspond to the following size openings:

Sieve #	Opening Size
4	0.25 inch
10	0.10 inch
40	0.025 inch
200	0.005 inch





LAMPIRAN 6
BIOFILTRATION DESIGN CRITERIA

ATTACHMENT H. BIORETENTION / BIOFILTRATION DESIGN CRITERIA

Note: A significant portion of the information in this appendix has been copied verbatim from the *Ventura County Technical Guidance Manual*, Updated 2011, and modified to reflect recent changes to the bioretention/biofiltration soil media specifications as adopted by the California Regional Water Quality Control Board, San Francisco Region, on November 28, 2011, Order No. R2-2011-083, Attachment L.

1. Geometry

- a. Bioretention/biofiltration areas shall be sized to capture and treat the design with an 18-inch maximum ponding depth. *The intention is that the ponding depth be limited to a depth that will allow for a healthy vegetation layer.*
- b. Minimum planting soil depth should be 2 feet, although 3 feet is preferred. *The intention is that the minimum planting soil depth should provide a beneficial root zone for the chosen plant palette and adequate water storage for the SWQDv.*
- c. A gravel storage layer below the bioretention/biofiltration soil media is required as necessary to provide adequate temporary storage to retain the SWQDv and to promote infiltration.

2. Drainage

- a. Bioretention and biofiltration BMPs should be designed to drain below the planting soil in less than 48 hours and completely drain in less than 96 hours. *The intention is that soils must be allowed to dry out periodically in order to restore hydraulic capacity needed to receive flows from subsequent storms, maintain infiltration rates, maintain adequate soil oxygen levels for healthy soil biota and vegetation, and to provide proper soil conditions for biodegradation and retention of pollutants.*
- b. *Biofiltration BMPs are designed and constructed with an underdrain. The underdrain is preferably placed near the top of the gravel storage area to promote incidental infiltration and enhanced nitrogen removal. However, if in-situ, underlying soils do not provide sufficient drainage, the underdrain may need to be placed lower in the gravel storage area (within 6 inches of the bottom) to prevent the unit from holding stagnant water for extended periods of time. At many sites, clay soils will drain sufficiently fast, particularly if they are not compacted. Observing soil moisture and surface conditions in the days following a wet period may provide sufficient information for making this decision and may be more directly applicable than in situ or laboratory testing of soil characteristics.¹¹*

3. Overflow

An overflow device is required at the 18-inch ponding depth. The following, or equivalent, should be provided:

- a. A vertical PVC pipe (SDR 35) to act as an overflow riser.
- b. The overflow riser(s) should be 6 inches or greater in diameter, so it can be cleaned without damage to the pipe.

¹¹ Dan Cloak, Dan Cloak Environmental Consulting to Tom Dabiel, Contra Costa County, February 22, 2011.
Attachment H – Bioretention/Biofiltration Design Criteria

The inlet to the riser should be at the ponding depth (18 inches for fenced bioretention areas and 6 inches for areas that are not fenced), and be capped with a spider cap to exclude floating mulch and debris. Spider caps should be screwed in or glued, i.e., not removable.

4. Integrated Water Quality/ Flow Reduction/Resources Management Criteria

- a. When calculating the capacity of an infiltration system, each Permittee shall account for the 24-hour infiltration assuming that the soil is saturated. Infiltration BMPs shall be limited to project sites where the in-situ soil or the amended on-site soils have a demonstrated infiltration rate under saturated conditions of no less than 0.15 inch per hour.
- b. Bioretention BMPs shall be designed to accommodate the minimum design flow at a surface loading rate of 5 inches per hour and no greater than 12 inches per hour, and shall have a total volume, including pore spaces and pre-filter detention volume of no less than the SWQDv.
- c. If rainwater harvested for use in irrigation is to be credited toward the total volume of storm water runoff retained on-site, each Permittee shall require the project proponent to conduct a conservative (assuming reasonable worst-case scenarios) assessment of water demand during the wet-weather season. This volume will be referred to as the "reliable" estimate of irrigation demand. The portion of water to be credited as retained on-site for use in irrigation shall not exceed the reliable estimate of irrigation demand.
- d. Harvested rainwater must be stored in a manner that precludes the breeding of mosquitoes or other vectors or with a draw down not to exceed 96 hours.
- e. When evaluating the potential for on-site retention, each Permittee shall consider the maximum potential for evapotranspiration from green roofs and rainfall harvest and use.
- f. Project requirements shall address at a minimum the potential use of harvested rainwater for non-potable uses including toilet flushing, laundry, and cooling water makeup water. If the municipal, building or county health code(s) does not allow such use of harvested rainwater, each Permittee shall develop a model ordinance and submit it to the city council or County Supervisors for consideration within 24 months after the Order effective date. The model ordinances shall be based on the International Association of Plumbing and Mechanical Officials' (IAPMO's) Green Plumbing and Mechanical Code Supplement to the 2012 National Standard Plumbing Code, or similar guidance to ensure the safe and effective use of harvested rainwater, separate from the existing provisions, if any, for reclaimed wastewater.

5. Hydraulic Restriction Layers

Infiltration pathways may need to be restricted due to the close proximity of roads, foundations, or other infrastructure. A geomembrane liner, or other equivalent water proofing, may be placed along the vertical walls to reduce lateral flows. This liner should have a minimum thickness of 30 mils. Waterproof barriers may not be placed on the bottom of the biofiltration unit, as this would prevent incidental infiltration which is critical to meeting the required pollutant load reduction.

T
E
N
T
A
T
I
V
E

6. Planting/Storage Media Specifications

- a. The planting media placed in the cell should achieve a long-term, in-place infiltration rate of at least 5 inches per hour. Higher infiltration rates of up to 12 inches per hour are permissible. Bioretention/biofiltration soil shall retain sufficient moisture to support vigorous plant growth.
- b. Planting media should consist of 60 to 80% fine sand and 20 to 40% compost.
- c. Sand should be free of wood, waste, coating such as clay, stone dust, carbonate, etc. or any other deleterious material. All aggregate passing the No. 200 sieve size should be non-plastic. Sand for bioretention should be analyzed by an accredited lab using #200, #100, #40, #30, #16, #8, #4, and 3/8 sieves (ASTM D 422 or as approved by the local permitting authority) and meet the following gradation (Note: all sands complying with ASTM C33 for fine aggregate comply with the gradation requirements provided in Table H-1):

Table H-1. Sand Texture Specifications

Sieve Size ASTM D422	Percent Passing by Weight	
	Minimum	Maximum
3 /8 inch	100	100
No. 4	90	100
No. 8	70	100
No. 16	40	95
No. 30	15	70
No. 40	5	55
No. 110	0	15
No. 200	0	5

Note: The gradation of the sand component of the media is believed to be a major factor in the hydraulic conductivity of the media mix. If the desired hydraulic conductivity of the media cannot be achieved within the specified proportions of sand and compost (#2), then it may be necessary to utilize sand at the coarser end of the range specified in above ("minimum" column).

- d. Compost should be a well decomposed, stable, weed free organic matter source derived from waste materials including yard debris, wood wastes, or other organic materials not including manure or biosolids meeting standards developed by the US Composting Council (USCC). The product shall be certified through the USCC Seal of Testing Assurance (STA) Program (a compost testing and information disclosure program). Compost quality should be verified via a lab analysis to be:
 - Feedstock materials shall be specified and include one or more of the following: landscape/yard trimmings, grass clippings, food scraps, and agricultural crop residues.
 - Organic matter: 35-75% dry weight basis.
 - Carbon and Nitrogen Ratio: 15:1 < C:N < 25:1

- **Maturity/Stability:** shall have dark brown color and a soil-like odor. Compost exhibiting a sour or putrid smell, containing recognizable grass or leaves, or is hot (120 F) upon delivery or rewetting is not acceptable.
- **Toxicity:** any one of the following measures is sufficient to indicate non-toxicity:
 - $\text{NH}_4:\text{NH}_3 < 3$
 - Ammonium < 500 ppm, dry weight basis
 - Seed Germination $> 80\%$ of control
 - Plant trials $> 80\%$ of control
 - Solvita® > 5 index value
- **Nutrient content:**
 - Total Nitrogen content 0.9% or above preferred
 - Total Boron should be < 80 ppm, soluble boron < 2.5 ppm
- Salinity: < 6.0 mmhos/cm
- pH between 6.5 and 8 (may vary with plant palette)
- Compost for bioretention should be analyzed by an accredited lab using #200, ¼ inch, ½ inch, and 1 inch sieves (ASTM D 422) and meet the gradation described in Table H-2:

Table H-2. Compost Texture Specifications

Sieve Size ASTM D422	Percent Passing by Weight	
	Minimum	Maximum
1 inch	99	100
½ inch	90	100
¼ inch	40	90
#200	2	10

Tests should be sufficiently recent to represent the actual material that is anticipated to be delivered to the site. If processes or sources used by the supplier have changed significantly since the most recent testing, new tests should be requested.

Note: the gradation of compost used in bioretention/biofiltration media is believed to play an important role in the saturated hydraulic conductivity of the media. To achieve a higher saturated hydraulic conductivity, it may be necessary to utilize compost at the coarser end of this range ("minimum" column). The percent passing the #200 sieve (fines) is believed to be the most important factor in hydraulic conductivity.

In addition, a coarser compost mix provides more heterogeneity of the bioretention media, which is believed to be advantageous for more rapid development of soil structure needed to support healthy biological processes. This may be an advantage for plant establishment with lower nutrient and water input.

- e. Bioretention/Biofiltration soils not meeting the above criteria shall be evaluated on a case by case basis. Alternative bioretention soil shall meet the following specification: "Soils for bioretention facilities shall be sufficiently permeable to infiltrate runoff at a minimum rate of 5 inches per hour during the life of the facility, and provide sufficient retention of moisture and nutrients to support healthy vegetation." The following steps shall be followed by the Permittees to verify that alternative soil mixes meet the specification:

- Submittals – The applicant must submit to the Permittee for approval:
 - A sample of mixed bioretention/biofiltration soil.
 - Certification from the soil supplier or an accredited laboratory that the bioretention/biofiltration soil meets the requirements of this specification.
 - Certification from an accredited geotechnical testing laboratory that the bioretention/biofiltration soil has an infiltration rate of between 5 and 12 inches per hour.
 - Organic content test results of mixed bioretention/biofiltration soil. Organic content test shall be performed in accordance with by Testing Methods for the Examination of Compost and Composting (TMECC) 05.07A, "Loss-On-Ignition Organic Matter Method".
 - Organic Grain size analysis results of mixed bioretention/biofiltration soil performed in accordance with ASTM D 422, Standard Test Method for Particle Size Analysis of Soils.
 - A description of the equipment and methods used to mix the sand and compost to produce the bioretention/biofiltration soil.
- The name of the testing laboratory(s) and the following information:
 - Contact person(s)
 - Address(s)
 - Phone contact(s)
 - email address(s)
 - Qualifications of laboratory(s), and personnel including date of current
 - Certification by STA, ASTM, or approved equal.
- Bioretention/biofiltration soils shall be analyzed by an accredited lab using #200, and 1/2" inch sieves (ASTM D 422 or as approved by municipality), and meet the gradation described in Table H-3).

Table H-3. Alternative Bioretention/Biofiltration Soil Texture Specifications

Sieve Size ASTM D422	Percent Passing by Weight	
	Minimum	Maximum
1/2 inch	97	100
200	2	5

- Bioretention/biofiltration soils shall be analyzed by an accredited geotechnical lab for the following tests:
 - Moisture – density relationships (compaction tests) shall be conducted on bioretention soil. Bioretention/biofiltration soil for the permeability test shall be compacted to 85 to 90 percent of the maximum dry density (ASTM D1557).
 - Constant head permeability testing in accordance with ASTM D2434 shall be conducted on a minimum of two samples with a 6-inch mold and vacuum saturation.

7. Mulch for Bioretention/Biofiltration Facilities

Mulch is recommended for the purpose of retaining moisture, preventing erosion and minimizing weed growth. Projects subject to the State's Model Water Efficiency

T
E
N
T
A
T
I
V
E

Landscaping Ordinance (or comparable local ordinance) will be required to provide at least two inches of mulch. Aged mulch, also called compost mulch, reduces the ability of weeds to establish, keeps soil moist, and replenishes soil nutrients. Aged mulch can be obtained through soil suppliers or directly from commercial recycling yards. It is recommended to apply 1" to 2" of composted mulch, once a year, preferably in June following weeding

8. Plants

- a. Plant materials should be tolerant of summer drought, ponding fluctuations, and saturated soil conditions for 48 to 96 hours.
- b. It is recommended that a minimum of three types of tree, shrubs, and/or herbaceous groundcover species be incorporated to protect against facility failure due to disease and insect infestations of a single species.
- c. Native plant species and/or hardy cultivars that are not invasive and do not require chemical inputs should be used to the maximum extent practicable.

References

California Regional Water Quality Control Board, San Francisco Bay Region. 2011. Municipal Regional Stormwater Permit (Order No. R2-2011-0083, Attachment L). Adopted November 28, 2011.

Dan Cloak, Dan Cloak Environmental Consulting to Tom Dalziel, Contra Costa County, February 22, 2011. < <http://www.cccleanwater.org/c3-guidebook.html>>. Accessed on January 31, 2012.

Geosyntec Consultants and Larry Walker Associates. 2011. *Ventura County Technical Guidance Manual for Stormwater Quality Control Measures, Manual Update 2011. Appendix D*. Prepared for the Ventura Countywide Stormwater Quality Management Program. July 13, 2011.

T
E
N
T
A
T
I
V
E

